

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ
В.Н.КАРАЗІНА

РОЗРОБКА РОДОВИЩ ПІДЗЕМНИХ ВОД

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

Укладачі: Тищенко І.І.

Гаврилюк О.В.



Харків 2026

Курс «Розробка родовищ підземних вод» спрямовано на вивчення сучасних методів пошуку, розвідки та раціональної експлуатації водоносних горизонтів. Студенти ознайомляться з принципами проектування водозабірних споруд, гідрогеологічними розрахунками та оцінкою запасів підземних вод. Особлива увага приділяється питанням охорони підземних вод від виснаження та забруднення.

«Вода – рушійна сила всієї природи»

Леонардо да Вінчі

ЗМІСТ

Вступ.....	Ошибка! Закладка не определена.
Лекція 1. Розробка родовищ підземних вод	5
Лекція 2. Загальні відомості про підземні води	15
Лекція 3. Основи проектування	23
Лекція 4. Проектування свердловинного водозабору	27
Лекція 5. Розрахунок фільтрів і конструкції свердловин	42
Лекція 6. Організація і виробництво робіт при будівництві водозабірних свердловин	49
Лекція 7. Організація і виробництво робіт при будівництві водозабірних свердловин	55
Лекція 8. Гідрогеологічні спостереження в процесі буріння свердловин...	66
Лекція 9. Зони санітарної охорони водозабірних свердловин	74
Лекція 10. Експлуатація водозабірних свердловин	82
Лекція 11. Ремонт свердловин	94
Лекція 12. Автоматичне керування роботою	102
Список рекомендованої літератури.....	108
Питання для самоконтролю	111

ВСТУП

Конспект лекцій з дисципліни «Розробка родовищ підземних вод» призначено для вивчення в дистанційному форматі здобувачами вищої освіти **першого (бакалаврського) рівня** за спеціальностями: **103 «Науки про Землю»** та **192 «Будівництво та цивільна інженерія»**.

Усі фахівці, в сферу професійної діяльності яких входять питання водокористування, інженерних систем водопостачання, екології водних систем, повинні мати певний набір знань та навичок з проектування, будівництва та експлуатації водозабірних свердловин.

Щорічно в країні споруджують понад 30 тисяч водозабірних свердловин, які використовуються для водопостачання, обводнення пасовищ, водозниження, інженерно-гідрогеологічних досліджень та інших цілей. За визначенням академіка Карпінського: *«Вода – це найдорожча копалина. Вода - це не просто мінеральна сировина; це не тільки засіб для розвитку промисловості та сільського господарства; вода – це жива кров, яка творить життя там, де її не було»*.

Водозабірна свердловина є найбільш зручною водозабірною спорудою для добування підземних вод. Порівняно з підземними водозаборами інших типів вона має такі переваги:

1. Свердловиною можна розкрити водоносні горизонти, що залягають на значній глибині. Нині свердловини для водопостачання часто буряться на глибину 200-300 м, а окремих випадках до 1000-1200 м;
2. Свердловину можна пробурити у твердих скельних породах;
3. Свердловина у санітарному відношенні є найбільш надійною водозабірною спорудою порівняно з шахтною криницею та особливо каптажем джерела.

Курс спрямовано на вивчення сучасних методів пошуку, розвідки та раціональної експлуатації водоносних горизонтів. Студенти ознайомляться з принципами проектування водозабірних споруд, гідрогеологічними розрахунками та оцінкою запасів підземних вод. Особлива увага приділяється питанням охорони підземних вод від виснаження та забруднення.

ЛЕКЦІЯ 1. РОЗРОБКА РОДОВИЩ ПІДЗЕМНИХ ВОД

Основними природними факторами формування складу та розподілу підземних вод є: фізико-географічні, геологічні, тектонічні, гідрогеологічні та біологічні.

Найважливішим серед них є *кліматичний фактор*, який зумовлює не тільки поповнення водоносних горизонтів атмосферними опадами, а й інтенсивність перетворення гірських порід (вивітрювання). Вплив *гідрологічного фактора* на підземні води залежить від особливостей гідрографічної мережі, яка відіграє значну роль у дренаванні водоносних горизонтів. *Рельєф* має визначальне значення у формуванні поверхневого стоку і значно впливає на водообмін водоносних горизонтів. Вплив *біологічного фактора* виявляється в зміні складу вод і порід під впливом життєдіяльності бактерій та продуктів перетворення органічних речовин.

Геологічна будова, умови залягання, генезис, динаміка водоносних горизонтів, їх взаємодія і зв'язок з водами земної поверхні, мінеральний склад і органічні речовини порід впливають на формування хімічного складу підземних вод. В Україні 12 родовищ мінеральних підземних вод віднесено до унікальних. Серед них Голубинське, Новополянське, Полянське (Закарпатська область), Моршинське, Трускавецьке (Львівська область), Слов'яногірське (Донецька область). У Закарпатті є й теплоенергетичні води (детально розвідане Берегівське родовище).

У місцях, де шар водоносних порід прогнутий або водоносний горизонт заповнений, вода перебуває під тиском. Тому коли бурять свердловини, вона сама виходить на поверхню. Такі води формуються в артезіанських басейнах. В Україні найбільше значення мають три: Дніпровсько-Донецький (на нього припадає майже половина всіх запасів підземних вод), Волино-Подільський, Причорноморський. Глибина залягання підземних вод у цих басейнах та їхні запаси залежать не тільки від надходження води з поверхні, але й від геологічної будови.

Забезпеченість України питною водою майже на 80 % здійснюється поверхневими водами. Їх загальна середньорічна кількість становить 210 км³, проте тільки 52 км³ (25 %) Україна отримує за рахунок місцевого стоку. Транзитний стік використовується частково. Особливе значення для водозабезпечення має Дніпро.

Сьогодні на одного жителя України припадає близько 1,2 тис. м³ місцевого стоку та 0,16 тис. м³ підземних вод. Це менше, ніж у більшості країн Європи. У той самий час витрати води на одиницю виробленої продукції в Україні значно перевищують такі самі показники в розвинених країнах Європи. Порівняно із Францією — у 2,5 разу, із Німеччиною — у 4,3 разу, із Великою Британією та Швецією — у 4,2 разу.

При вивченні природних умов території України об'єктом типізації є природні комплекси та системи, які виявляють свою індивідуальність через набір ознак на кожному рівні типізації. У гідрогеології для цих цілей використовують терміни «водонапірна система», «геогідродинамічна система», «водообмінна система або геосистема».

Останніми роками виділяють два види районування: за принципом складових частин районів (структурні або однорідні райони); за принципом єдності й спрямованості процесів, які беруться до уваги під час районування (функціональне районування). На кожному ступені районування вони можуть бути закомплексовані з виділенням провідного і допоміжного принципу.

В основу структурного гідрогеологічного районування покладено принцип однорідності умов формування водообміну (однорідне районування) в природних умовах. Виділено три таксономічні одиниці районування: 1 – мегарегіон; 2 – область; 3 – район.

Згідно з геологічною будовою і за основними ознаками водообміну в межах України виділено 5 мегарегіонів: I – Український щит; II – Руська плита; III – Донецька складчаста структура; IV – Карпатська складчаста структура; V – Кримська складчаста структура.

У межах цих мегарегіонів виділено області, а в межах областей – райони. Так, мегарегіон Руська плита складається з чотирьох областей – артезіанських басейнів: Волинсько-Подільського, Дніпровського, Донецького та Причорноморського.

Поширення підземних вод на території України зумовлене геологічною будовою гідрогеологічних регіонів, які відрізняються віком, складом і умовами залягання їх відкладів, а також сукупністю основних природних факторів, які зумовлюють закономірності формування і розподілу підземних вод.

У межах Українського щита (УЩ) підземні води розвинені в тріщинуватій зоні кристалічних порід і продуктів їх руйнування, а також в осадових породах крейди, палеогену, неогену та антропогену, водозбагаченість яких дуже різноманітна. Найбільша тріщинуватість і обводненість кристалічних порід простежується до глибин 70–150 м, нижче тріщинуватість суттєво зменшується, концентруючись в окремих зонах тектонічних порушень. Водоносний горизонт тріщинуватої зони кристалічних порід майже на всій території УЩ широко використовують для водопостачання, незважаючи на те, що окремі стратиграфічні комплекси порід не відзначаються високою водозбагаченістю. У формуванні хімічного складу підземних вод УЩ вирішальну роль відіграли його геотектонічні особливості як позитивної структури, а також колоїдно-хімічні процеси обмінної адсорбції катіонів. На території УЩ існує закономірність розподілу вод у тріщинуватій зоні кристалічних порід за величиною загальної мінералізації і за співвідношенням окремих хімічних компонентів. Гідрокарбонатні кальцієві або гідрокарбонатно-кальцієво-магнієві води з мінералізацією до 0,5 г/дм³ знаходяться переважно в північно-західній частині УЩ. Сильно мінералізовані води переважно хлоридно-сульфатні і хлоридні натрієві трапляються в занурених частинах УЩ. Експлуатаційні ресурси підземних вод у межах УЩ загалом невеликі і розподілені нерівномірно. Водоносні горизонти осадових відкладів мають практичне значення на обмежених ділянках.

Дніпровський артезіанський басейн є найбільшим в Україні. Він охоплює систему водоносних горизонтів у палеозойських, мезозойських і кайнозойських

відкладах, загальна потужність яких досягає кількох кілометрів. Характерною особливістю Дніпровського артезіанського басейну є високе гіпсометричне положення його північно-східного крила порівняно з південно-західним і глибоке занурення водоносних горизонтів у центральній частині. Відклади кайнозою і частково мезозою (палеогенові, сеноман-нижньокрейдові та юрські), за винятком центральної зануреної частини басейну, вміщують потужну зону прісних вод високої якості. Найпотужніша (300–800 м) зона прісних вод знаходиться в крайніх частинах басейну вздовж УЩ і Воронежського кристалічного масиву. У міру з заглибленням водовмісних порід у центральній частині артезіанського басейну умови водообміну поступово утруднюються, тому на значній глибині повсюдно в породах палеозою і частково мезозою поширені мінеральні води та розсоли. Зона інтенсивного водообміну обмежується в основному глибиною врізу місцевої гідрографічної мережі, і умови формування підземних вод у ній пов'язані головним чином з фізико-географічними факторами, але головну роль відіграє вилуговування порід. Зона значного водообміну відокремлюється від першої регіональним водотривом кийвських глин. Формування хімічного складу підземних вод відбувається в умовах добре промитих відкладів на схилах басейну і солонуватих та солоних – у його центральній частині. Зони утрудненого і дуже утрудненого водообміну розвинені в центральній частині басейну і розділені між собою товщею пермських глин і соляних пластів.

Таким чином, залежно від умов формування хімічного складу підземних вод у Дніпровському артезіанському басейні встановлюється вертикальна гідрохімічна зональність, відповідно до якої в розрізі осадової товщі виділяються три зони: 1) зона гідрокарбонатних кальцієвих вод; 2) зона гідрокарбонатно-хлоридно-натрієвих і хлоридно-гідрокарбонатно-натрієвих вод; 3) зона хлоридних натрієвих і натрієво-кальцієвих солонуватих, солоних та розсольних вод. Гідрохімічна зональність порушується в районах солянокупольних структур і в межах бортових частин басейну.

Волинсько-Подільський артезіанський басейн знаходиться в західній частині України, де осадовий комплекс відкладів протерозою, нижнього палеозою

та мезозою залягає на складчастому кристалічному фундаменті. У місцях неглибокого залягання фундаменту, переважно в південно-східній частині басейну, до глибини 300–350 м поширена зона прісних вод у протерозойських, палеозойських (за винятком кам'яновугільних), верхньо-крейдових, неогенових та антропогенових відкладах. Окремі частини басейну відрізняються між собою особливостями водовмісних порід, умовами живлення, взаємозв'язком і розвантаженням підземних вод усієї товщі осадових відкладів. Між підземними водами цих водоносних горизонтів існує гідравлічний зв'язок. У центральній і західній частинах Волинсько-Подільського артезіанського басейну, де кристалічний фундамент залягає на глибині до 5 км, зона прісних вод значно менша і спостерігається тільки у верхній тріщинуватій товщі сенон-турону до глибини 100 м, а також у неогенових та антропогенових відкладах. Майже всі водоносні горизонти Волинсько-Подільського артезіанського басейну використовуються для водопостачання. На території Волинсько-Подільського артезіанського басейну у крейдових, юрських та кам'яновугільних відкладах на глибинах 400–800 м трапляються азотно-вуглекислі, сірководневі, хлоридні натрієві з мінералізацією 50–100 г/дм³ слаботермальні води з температурою 20–30°C. На більших глибинах (1000–3000 м) у девонських відкладах знаходяться води з температурою 35–70°C сульфатного кальцієвого, натрієвого, хлоридного натрієвого складу з мінералізацією від 1,1–4,3 до 31–184 г/дм³. У цих водах підвищений вміст бромиду, йоду і бору.

Причорноморський артезіанський басейн займає південний схил УЩ і Причорноморську западину. Гідрогеологічні умови Причорноморського артезіанського басейну є складними, що пояснюється різноманітністю літологічного складу осадових порід. Невитриманість відкладів у розрізі і часте чергування водовмісних і водонепроникних порід зумовило утворення великої кількості ізольованих водоносних горизонтів. Основні водоносні горизонти розвинені в осадових породах крейдової, палеогенової, неогенової і антропогенової систем. Для підземних вод басейну характерна мінливість їх мінералізації – значне поширення солонуватих і солоних вод. Зона прісних вод на

території басейну не має суцільного поширення. Загалом територія Причорноморського артезіанського басейну недостатньо забезпечена підземними водами, і питання водопостачання вирішується тут з великими труднощами. Проте на всій території Причорноморського артезіанського басейну у комплексі крейдових відкладів на глибинах від 200 м на півночі до 2840 м на півдні басейну розвідано термальні води з температурою 27–93,6°C і мінералізацією 1,6–1,8 г/дм³, які містять біологічно активні компоненти (радон, бром, йод, залізо, стронцій, літій), тому широко використовуються в бальнеотерапії.

Із сумарної величини прогнозних експлуатаційних ресурсів підземних вод Причорноморського артезіанського басейну близько 60% припадає на води з мінералізацією понад 1 г/дм³ (переважно 1–3 г/дм³).

Донецький артезіанський басейн знаходиться на сході України. Він має порівняно прості гідрогеологічні умови, характерні для геоструктур платформного типу. Всі осадові відклади містять водоносні горизонти і комплекси, які умовно розподіляють на два поверхи. Верхній – водоносні горизонти від четвертинного до нижньокрейдового віку гідравлічно пов'язані між собою і розміщені в зоні активного водообміну. Найбільш водозбагачений у його межах водоносний горизонт верхньокрейдових відкладів. Нижній поверх – водоносні горизонти відкладів карбону, тріасу, юри і нижньої крейди характеризуються утрудненим водообміном.

Донецька складчаста структура знаходиться на південному сході території України. Найбільш водоносні тут горизонти і комплекси кам'яновугільних, пермських, юрських, крейдових, четвертинних відкладів. У верхній частині геологічного розрізу, до глибини майже 500 м, поширені переважно прісні і слабосолонуваті води різного складу – від гідрокарбонатного кальцієвого до хлоридного натрієвого. Глибше залягають солоні води, а на великих глибинах (понад 1000–1500 м) у північно-західній частині – високомінералізовані хлоридні натрієві розсоли з мінералізацією до 300 г/дм³, із підвищеним вмістом йоду і броду, з температурою 50–77°C. Цей район є перспективним для використання термальних вод. Особливо перспективні щодо формування термальних вод є

південно-східне і південно-західне крила Кальміус-Торецької улоговини, де на глибині близько 500 м залягають хлоридно-сульфатно-гідрокарбонатні води з температурою 29–30°C і мінералізацією 2–4 г/дм³. У східній частині Донбасу на глибинах до 3000 м циркулюють води хлоридного натрієвого складу з мінералізацією 222 г/дм³ і температурою 77°C.

Мегарегіон Карпатської складчастої структури геологічно і гідрогеологічно є складним. Водовмісні породи тут – майже виключно теригенні флішові відклади, дуже дислоковані, зім'яті в численні складки, часто розірвані, перекинуті і ускладнені насувами, тому в регіоні немає витриманих водоносних горизонтів. Особливістю Передкарпатського артезіанського басейну є те, що майже всі накопичені в ньому підземні води високомінералізовані або розсоли, лише водоносний горизонт антропогенових відкладів є основним джерелом водопостачання населених пунктів. Гірсько-складчаста область Карпат є районом розвитку прісних підземних вод у тріщинах флішових утворень палеогену і крейди. У Закарпатському прогині, заповненому потужною товщею (до 2000 м) неогенових і антропогенових відкладів, розвинуті водоносні горизонти вод різної мінералізації (від 1,0 до 25,0 г/дм³).

Підземні води Кримської складчастої структури, враховуючи своєрідний рельєф гірської місцевості, особливості геологічної будови та клімату, що визначають основні закономірності розподілу та формування підземних вод, залягають переважно у верхній частині геологічного розрізу і поширені в антропогенових і верхньоярських відкладах. Породи таврійської формації, крейди і палеогену, наявні у геологічній будові району, слабо обводнені. Про водозбагаченість тріщинуватих та закарстованих вапняків верхньої юри свідчать численні джерела, в основному прісних вод, які широко використовуються для водопостачання населення.

Розподіл експлуатаційних ресурсів підземних вод на території України нерівномірний, що зумовлено особливостями геологічної будови різних її частин, які являють собою відокремлені гідрогеологічні регіони, що суттєво відрізняються ступенем водоносності відкладів.

Найбільші ресурси підземних вод у Дніпровському артезіанському басейні, в межах якого міститься більше половини експлуатаційних водних ресурсів усієї України при середньому модулі 1,67 л/с на 1 км². Друге місце займає Волинсько-Подільський артезіанський басейн (близько 20% усіх ресурсів при середньому модулі 1 л/с на 1 км²). Недостатньо забезпечені експлуатаційними ресурсами підземних вод райони, які розташовані в південно-східній частині Українського щита, в Карпатах, на Донбасі і в південно-західній частині Причорноморського артезіанського басейну, а також на Керченському півострові, де модулі не перевищують 0,1 л/с на 1 км² і використовувати експлуатаційні ресурси можна лише з окремих свердловин, які мають дебіти найчастіше до 1 л/с, рідше – до 10 л/с.

Система вивчення підземного стоку ґрунтується на динамічних особливостях об'єктів, виділених за принципом єдності потоків підземних вод від областей формування стоку до його основного розвантаження, яке контролюється єдиним замкнутим балансом підземних вод. Цей підхід широко застосовують для різномасштабного гідрогеологічного районування території України. У межах гідрогеологічних структур виділяють водообмінні басейни першого порядку, які характеризуються єдиним або близьким трендовим напрямком регіонального водообміну. Існування основних регіональних “потоків” підземних вод пов'язане з наявністю потужних регіональних дрен – морів і великих магістральних річок, а також протяжних областей максимальних гідростатичних напорів, які в основному відповідають вододілам, розташованим на місцевих височинах. Вони впливають на формування напорів підземних вод, напрямки і швидкість їхнього руху.

Отже, ієрархія районування умов формування підземного стоку та природних ресурсів підземних вод – зон інтенсивного і значного водообміну (глибини в різних регіонах до сотень тисяч метрів) багато в чому схожа з гідрологічними принципами районування поверхневого стоку. Зокрема, виділяють басейни стоку морів (регіони) і основних річок, що впадають у моря (провінції). Наступний рівень районування враховує особливості гідрогеологічних умов і

близькі трендові напрямки латерального водообміну, завдяки чому об'єднують басейни підземного стоку невеликих річок у рамках єдиних одиниць районування (округів).

Таким чином, згідно з функціональним районуванням на території України, виділяються два регіони: А – Балтійський; Б – Чорноморсько-Азовський.

У межах регіонів виділено провінції, а в межах провінцій – округи, які відповідають водообмінним басейнам різних рангів. При докладнішому великомасштабному районуванні виділяються дрібніші одиниці.

Україна володіє багатими ресурсами мінеральних вод, різноманітних за хімічним складом та бальнеологічним впливом на організм.

Мінеральні води, особливості бальнеологічної дії яких на організм визначаються вмістом специфічних біологічно активних компонентів, виділено як “мінеральні води із специфічними компонентами”. Згідно з класифікацією мінеральних вод України (2001р.), виділено 9 видів мінеральних вод із специфічними компонентами: 1) вуглекислі води; 2) сульфідні води; 3) води, збагачені на органічну речовину; 4) борні води; 5) кременисті води; 6) бромні, йодні води; 7) залізисті води; 8) радонові води; 9) поліметальні води.

На території України *мінеральні води* розташовані на різних глибинах у різних за віком відкладах. На УЩ вони виявлені на глибинах не більше 120 м від поверхні, а в артезіанських басейнах їх прояви подекуди зафіксовані на глибинах більше 3000 м.

Мінеральні води, особливості бальнеологічної дії яких на організм визначаються складом і співвідношенням між основними компонентами води (до них належать натрій, кальцій, магній, сульфат, гідрокарбонат та хлоріони) та їх кількісним вмістом (мінералізацією), належать до мінеральних вод без специфічних компонентів. Згідно з класифікацією мінеральних вод України (2001 р.), виділено 25 типів мінеральних вод без специфічних компонентів, що належать до 11 різних класів (за аніонами), 7 підкласів (за катіонами) та 5 груп за мінералізацією (від маломінералізованих типу “Миргородська” до

міцнорозсольних типу “Моршинська”). При цьому виділення типів мінеральних вод ґрунтується на їхньому безпосередньому застосуванні в медичній практиці.

Геологічна будова, літологічний склад порід, гідрогеологічні та палеогеологічні умови визначають головні риси складу мінеральних вод без специфічних компонентів у різних регіонах. Згідно з цими основними умовами, на карті “Мінеральні води без специфічних компонентів” виділено 19 областей поширення мінеральних вод за особливостями складу основних компонентів у межах основних гідрогеологічних регіонів, аналогічних виділеним на карті “Мінеральні води із специфічними компонентами”.

В Україні термальні води поширені в Закарпатському, Передкарпатському, Причорноморському і Дніпровському артезіанських басейнах. У зв’язку з великою глибиною залягання водоносних горизонтів із термальною водою, значною їх мінералізацією та екологічними проблемами, пов’язаними зі скиданням їх після використання, геологорозвідувальні роботи щодо термальних підземних вод, а також їх експлуатація у великих обсягах стримуються, незважаючи на те, що за певних умов підземні термальні (теплоенергетичні) води можуть бути альтернативою традиційним джерелам одержання тепла.

ЛЕКЦІЯ 2. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ПІДЗЕМНІ ВОДИ

2.1 Короткі відомості про підземні води

Підземні води за гідравлічними умовами ділять на напірні та безнапірні, а за умовами залягання – на артезіанські та ґрунтові. Крім того, підземні води поділяються на три основні види: верховодку, ґрунтові та міжпластові (напірні та безнапірні).

Верховодка утворюється в місцевих лінзах за рахунок інфільтрації атмосферних опадів, що надходять з денної поверхні через водопроникні породи.

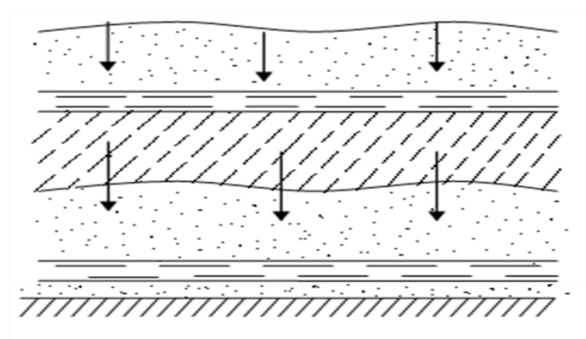


Рисунок 2.1 – Схема ґрунтових вод

Ґрунтові води мають вільну поверхню, тобто є безнапірними (рис. 2.1) і є першим від поверхні постійно існуючий водоносний горизонт. Ці води поширені майже повсюдно.

Для ґрунтових вод характерні такі ознаки: неповне заповнення ними водопроникного пласта; часті збіги областей харчування та поширення; відсутність натиску; постійне коливання рівнів, що призводить до змін потужності водоносного горизонту та запасів ґрунтових вод у часі, змін у часі фізичних властивостей, хімічного, газового та бактеріального складу води.

Підземні води, що залягають між двома водонепроникними пластами в межах порівняно великих геологічних структур і знаходяться під гідростатичним тиском, називаються артезіанськими. Вони відносяться до міжпластових підземних напірних вод, укладених у глибших водоносних горизонтах. При розтині водоносного напірного пласта буровою свердловиною вода в ній

піднімається вище за покрівлю водоносного пласта. Висота підйому води вище водостійкої покрівлі називається напором.

2.2 Основні поняття про водозабірні свердловини

Для водопостачання та інших потреб підземні води можуть видобуватися за допомогою спеціальних інженерних споруд, які називаються водозабірними. За особливостями розкриття водоносних горизонтів вони поділяються на вертикальні та горизонтальні.

До вертикальних водозаборів належать бурові свердловини, шахтні колодязі; до горизонтальних – каптажні галереї, канали, трубчасті дрени, кяризи тощо.

Залежно від того, які водоносні горизонти розкриваються – ґрунтові чи напірні, водозабірні споруди поділяються на ґрунтові та артезіанські.

Розрізняють досконалі і недосконалі водозабірні споруди. Під досконалими розуміються споруди (гірські виробки, свердловини, колодязі та ін.), які розкривають водоносний пласт на всю його товщину. Вода в такі споруди (виробки) надходить через стінки в інтервалі, що відповідає товщині напірного (рис. 2.2, а) або ґрунтового водоносного пласта біля свердловини (рис. 2.2, б).

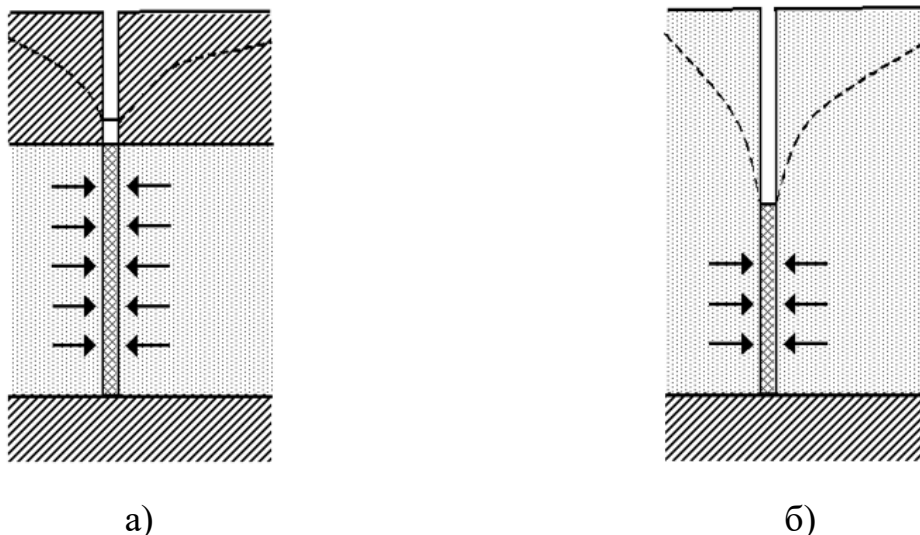


Рисунок 2.2 – Досконала свердловина: а – напірний пласт; б – безнапірний пласт

Недосконалими виробками називаються такі, в які вода надходить в інтервалі, що менший за товщину водоносного пласта.

Розрізняють два види недосконалих *вертикальних* гірничих виробок (свердловин, колодязів):

1) артезіанські з повністю затопленим фільтром, який може бути розташованим у різних частинах водоносного горизонту – біля покрівлі (рис. 2.3, а), всередині (рис. 2.3, б), біля підшови (рис. 2.3, в);

2) ґрунтові – з великим заглибленням фільтра під рівень ґрунтових вод з різноманітним положенням фільтра у водоносному горизонті (рис. 2.3, а, б, в), і частково затоплені (рис. 2.3, г).

У недосконалі колодязі вода може надходити одночасно і через стінки, і через дно, чи тільки через дно, чи тільки через стінки.

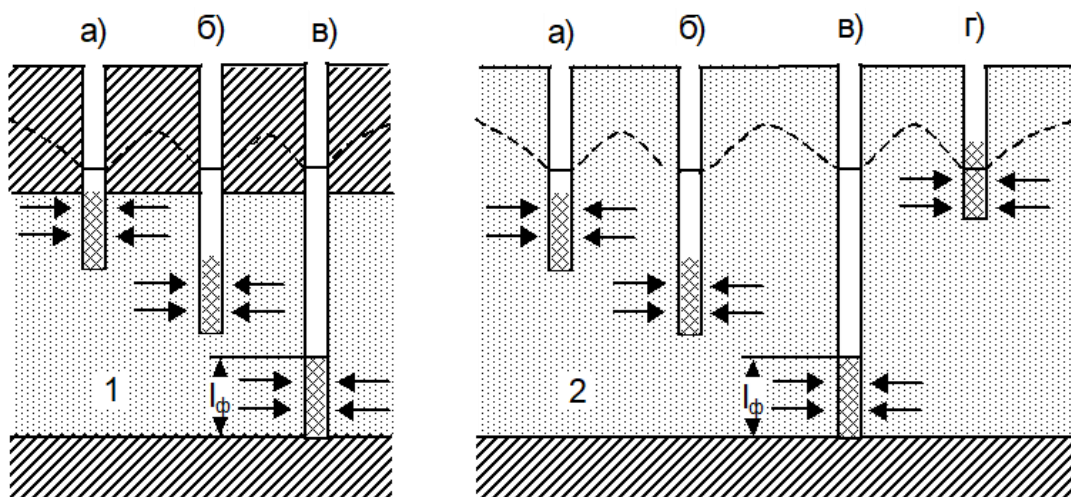


Рисунок 2.3 – Недосконалі артезіанські (1) та ґрунтові (2) свердловини. Фільтри розташовані : а – біля покрівлі; б – всередині; в – біля підшови; г – частково затоплені

Якщо зі свердловини чи колодязя відкачувати воду, то рівень води в них починає знижуватися від початкового – статичного рівня. Рівень, який знижується, називається динамічним (рис. 2.4).

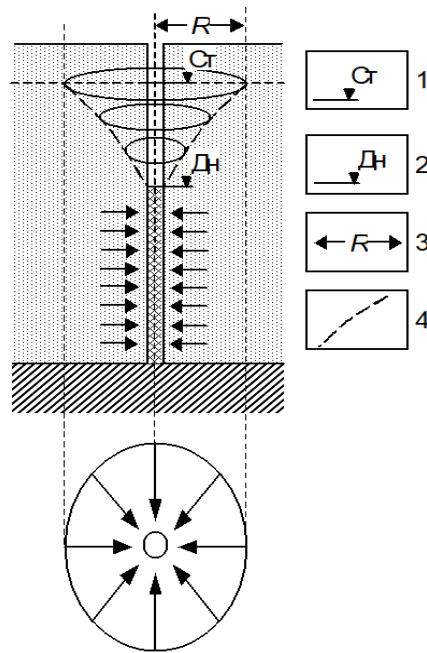


Рисунок 2.4 – Розрахункова схема радіального ущільнення ґрунтового масиву навколо вертикального елемента: 1 – статичний вплив; 2 – динамічний вплив; 3 – радіус зони ущільнення R ; 4 – умовна межа поширення деформацій у ґрунтовому масиві

При довготривалій відкачці у водоносному горизонті навколо колодязя (свердловини) утворюється лійкоподібне зниження рівня підземних вод. Найбільше воно у колодязі. На деякій відстані від колодязя зниження настільки мале, що динамічний рівень зливається зі статичним. Лійкоподібне зниження рівня води підземних вод прийнято називати воронкою депресії.

У вертикальному розрізі воронка депресії відображається у вигляді кривої лінії, яка зветься кривою депресії. Відстань від осі колодязя до точки, де динамічний і статичний рівні зливаються, називається радіусом впливу. В умовах усталеного руху положення воронки депресії постійне, а в умовах неусталеного руху – змінюється в часі.

Вперше теорію притоку води до колодязя розробив Дюпюї (1867 р.). При розрахунках припускається, що водопровідність пласта постійна, а нижній водотрив – горизонтальний. При цьому лінії току у плані мають вигляд радіусів, спрямованих до колодязя (свердловини), а в розрізі – паралельних прямих (див. рис. 4.3). Залежно від обладнання водоприймаючої частини, свердловини

поділяють на фільтрові та безфільтрові. У тих випадках, коли водоносний горизонт залягає в сипучих нестійких породах, відбір води з водоносного горизонту ведеться за допомогою фільтра. Призначення фільтра підтримувати у стійкому стані водомісткі породи і відокремлювати їх від води, що надходить у свердловину.

У твердих водостійких породах відбір води ведуть без застосування фільтрів. Безфільтрові свердловини бурять і при заборі води з піщаних водоносних порід. Необхідна умова для буріння таких свердловин - стійкість покрівлі над водоносним шаром, а при покрівлі, складеній глинами, - наявність напору підземних вод для її підтримки.

Встановлений рівень води в свердловині під час відсутності водовідбору насосом називається статичним рівнем. Дзеркало води у свердловині під час відбору води насосом називається динамічним рівнем. Відстань між статичним і динамічним рівнем - зниження рівня S . Кількість води, що за одиницю часу відбирається насосом, називається продуктивністю свердловини. Витрата, яку свердловина може дати при максимально допустимому зниженні динамічного рівня, називається дебітом свердловини. Дебіт свердловини при зниженні рівня на 1 м називається питомим.

У артезіанських свердловинах неприпустимо зниження динамічного рівня нижче покрівлі напірного горизонту.

2.3 Вибір розташування свердловинного водозабору

Водозабір на свердловину має бути закладена на такій ділянці, де гідрогеологічні умови допускають одержання необхідної кількості води, а стан її задовольняє санітарним вимогам. Разом з тим, з техніко-економічних міркувань свердловину бажано не видаляти на великі відстані від об'єкта водопостачання.

Ділянку для закладання свердловини слід вибирати по можливості з таким розрахунком, щоб у подальшому зі збільшенням потреби у воді на ньому можна було закласти ще одну або кілька свердловин.

Якщо в населеному пункті, де передбачається спорудити свердловину, вже існують водозабірні свердловини, то нову свердловину слід закладати з урахуванням можливості з'єднання її з свердловинами, для створення взаємного резерву.

Свердловини доцільно розміщувати у житлових селищах, промислових підприємств або у розриві між селищем та проммайданчиком підприємства. Санітарна обстановка в цих місцях здебільшого сприятливіша і тут легше виділити досить велику ділянку для організації першого поясу зони санітарної охорони.

У сільських населених пунктах свердловини також потрібно розміщувати поза виробничими територіями, враховуючи необхідність організації першого поясу зони санітарної охорони.

Для виключення можливості впливу поверхневого джерела забруднення на якість води в свердловині, що проектується, останню слід закладати з таким розрахунком, щоб джерело забруднення знаходилося за межами площі її живлення.

За відсутності артезіанських водоносних горизонтів, придатних для використання для водопостачання, свердловини часто закладають на заплавах і терасах долин річок, де ґрунтові води отримують з алювіальних пісків. З санітарної точки зору до таких ділянок потрібно ставитись обережно. Не слід розміщувати свердловини близько до річки, щоб уникнути підсмоктування забруднених річкових вод. Ділянки, що перебувають за течією річки нижче міста чи селища, також несприятливі для закладення свердловин, оскільки тут можливе вплив каналізаційних, промислових і зливових стоків на якість вод алювіальних відкладів.

2.4 Порядок проектування водозабірних свердловин

Підземні води України перебувають у власності держави. При їх використанні у народному господарстві виникає коло водних відносин, які підлягають регулюванню на підставі законодавчих актів.

Проектування свердловинних водозаборів може здійснюватись лише організаціями, які мають право на проведення цих робіт.

Для проектування та спорудження експлуатаційних водозабірних свердловин, а також для переобладнання розвідувальних свердловин в експлуатаційні потрібен дозвіл органів геології або територіальних виробничих геологічних об'єднань, місцевих органів державного санітарного нагляду та органів регулювання використання та охорони вод. Проектні роботи можуть здійснюватись у кілька стадій.

При одностадійному проектуванні складається робочий проект зі зведеним кошторисним розрахунком вартості. У цьому проекті зазвичай використовуються типові або повторно застосовувані проекти.

У дві стадії складається зазвичай проект для облаштування великих та складних свердловинних водозаборів. Цей проект, крім зведеного кошторисного розрахунку, повинен містити робочу документацію з кошторисами для кожного елемента або вузла, водозабору.

Проектування використання підземних вод здійснюється не лише при розробці конкретних проектів водозабезпечення окремих об'єктів, але й для визначення принципових напрямів розвитку народного господарства, при складанні генеральних, басейнових та територіальних схем комплексного використання та охорони водних ресурсів. Рішення, прийняті в цих схемах, підлягають обов'язковому обліку розробки проектно-кошторисної документації окремих об'єктів.

Перед початком проектування свердловин для водозабезпечення здійснюється збирання та вивчення наявних фондових, архівних та літературних матеріалів. Це робиться для того, щоб отримати достовірні відомості щодо наступного переліку питань:

- а) фізико-географічні умови (рельєф, клімат);
- б) геологічну будову;
- в) умови та глибина залягання підземних вод, склад та фільтраційні властивості водоносних порід, режими руху підземних вод;

г) якість підземних вод, санітарний стан та захищеність їх від можливого забруднення;

д) ступінь використання підземних вод існуючими водозабірними спорудами;

е) очікувана взаємодія проєктованих водозабірних споруд з існуючими водозаборами підземних вод, що експлуатуються.

На основі аналізу зібраних даних проводиться наближена оцінка ресурсів та якості підземних вод, визначається оптимальний дебіт свердловин, положення динамічного рівня, вибирається доцільна конструкція свердловини.

Проект водозабірної свердловини для водозабезпечення складається з пояснювальної записки та геолого-технічного розрізу свердловини. До проєкту додаються копії всіх попередніх погоджень, виготовлених при виборі розташування свердловини. Пояснювальна записка складається із загальної та спеціальної частини.

У загальній частині наводяться дані про географічне та адміністративне положення ділянки розміщення свердловини, вказується задане замовником водоспоживання, надаються короткі відомості щодо геологічної будови, гідрогеологічних та санітарних умов.

У спеціальній частині обґрунтовуються: вибір того чи іншого водоносного горизонту, глибина і експлуатаційний діаметр свердловин, тип фільтра, ізоляція міжтрубних і затрубних зазорів водоносних горизонтів, що не використовуються, вибирається доцільний спосіб буріння, визначаються вимоги до дослідних відкачок, відборів проб води на аналізи і т.д. .

У проєктному геолого-технічному розрізі свердловини наводяться можливі конструкції свердловини при порівняльних способах буріння та конструкціях експлуатаційної свердловини, дається літологічний опис геологічного розрізу з категоріями порід по буримості, виділяються водоносні горизонти з очікуваними статичними та динамічними рівнями.

ЛЕКЦІЯ 3. ОСНОВИ ПРОЕКТУВАННЯ

3.1 Початкові дані для проектування

Вихідні дані для реального проектування

Склад вихідних даних при реальному проектуванні визначається залежно від стадії проектування.

Для проектних робіт потрібні три групи вихідних даних:

- а) технічне завдання, у якому зазначається склад водоспоживачів, місця їх розміщення, вимоги до якості води;
- б) топографічні карти та плани різних масштабів;
- в) відомості про наявність підземних вод для використання за різним призначенням. Якщо таких даних немає, проектна організація видає завдання геологічним організаціям на розвідку підземних вод.

Крім перерахованих вище, при розробці проектів, вихідними є такі матеріали:

- а) дані про розвідку підземних вод у районі розміщення водоспоживачів;
- б) дозвіл на використання підземних вод, отриманий замовником відповідно до вимог пункту 1.4 ;
- в) топографічний план ділянки майбутнього водозабору;
- г) матеріали для оцінки можливих змін якості підземних вод під впливом природних та механічних факторів; д) відомості про можливий вплив відбору підземних вод на екологічні та гідромеліоративні умови прилеглої до водозабору;
- е) характеристики фізико-механічних та водних властивостей ґрунтів, агресивності середовища, в якому будуть знаходитися водозабірні споруди;
- ж) відомості про місцеві будівельні матеріали, їх запаси та якість.

3.2 Вибір водоносного пласта

Підземні води як джерело водопостачання можуть бути прийняті для проектування у таких випадках:

- якщо запаси підземних вод задовольняють потребу у воді, а при недостатніх запасах-якщо можливе їх збільшення до розрахункової потреби шляхом штучного поповнення;

- якщо якість води задовольняє ДСанПіН 2.2.4-171-10 Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною;

- якщо якість води при її відхиленні від зазначених державних стандартів може бути доведена до необхідної кондиції засобами обробки;

- якщо вода з відхиленням від державних стандартів щодо окремих інгредієнтів свого хімічного складу з дозволу органів охорони здоров'я може бути подана водоспоживачам;

- якщо є можливість створити зону санітарної охорони відповідно до Положення;

- якщо використання підземних вод для водопостачання в кожному конкретному випадку є найбільш економічним у порівнянні з використанням інших джерел (річок, каналів, озер, водосховищ), у тому числі порівняно з можливою подачею води від системи водопостачання, що вже існує в районі;

- якщо незалежно від техніко-економічних міркувань використання підземних вод встановлено спеціальними умовами водопостачання.

Вибір водоносного пласта має проводитися з урахуванням його санітарної надійності та можливості отримання питної води.

Придатність джерела для господарсько-питного водопостачання встановлюється на основі:

- санітарну оцінку умов формування та залягання вод підземного джерела водопостачання;

- санітарної оцінки поверхневого джерела водопостачання, а також прилеглої території вище та нижче водозабору за течією води;

- оцінювання якості та кількості води джерела водопостачання;

- санітарну оцінку місця розміщення водозабірних споруд;

- прогноз санітарного стану джерел.

Залежно від якості води та необхідного ступеня обробки для доведення її до показників ДСанПіН 2.2.4-171-10 водні об'єкти, придатні як джерела господарсько-питного водопостачання, ділять на 3 класи:

1-й клас – якість води за всіма показниками відповідає вимогам;

2-й клас ДСанПіН 2.2.4-171-10 – якість води має відхилення за окремими показниками вимог ДСанПіН 2.2.4-171-10, які можуть бути усунені аеруванням, фільтруванням, знезараженням; або джерела з непостійною якістю води, що проявляється у сезонних коливаннях сухого залишку в межах нормативів ДСанПіН 2.2.4-171-10, що потребують профілактичного знезараження;

3-й клас – доведення якості води до в ДСанПіН 2.2.4-171-10 вимог методами обробки, передбаченими у 2-му класі, із застосуванням додаткових – фільтрування з попереднім відстоюванням, використання реагентів тощо. Показники якості води джерел водопостачання наведено у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Показники якості джерел водопостачання

Найменування показників	1 клас	2 клас	3 клас
Мутність, мг/дм ³ , не більше	1,5	1,5	10
Кольоровість, градуси, не більше	20	20	50
Водневий показник, рН	6–9	6–9	6–9
Залізо (Fe), мг/дм ³ , не більше	0,3	10	20
Марганець (Mn), мг/дм ³ , не більше	0,1	1	2
Сірководень (H ₂ S), мг/дм ³ , не більше	Відсутній	3	10
Фтор (F), мг/дм ³	1,5–0,7	1,5–0,7	5
Окиснюваність перманганатна, мгО/дм ³ , не більше	2	5	15
Число бактерій групи кишкових паличок (БГКП) в 1 дм ³ , не більше	3	100	1000

3.3 Визначення кількості свердловин

Кількість робочих експлуатаційних свердловин, що проектуються, визначається за умови забезпечення добової водопотреби об'єкта водопостачання за формулою:

$$n_p = \frac{\ell}{t \cdot q_{\text{уд}} \cdot S'}, \text{ шт},$$

де Q – добова водопотреба об'єкта водопостачання, м³/доб; t – число годин роботи свердловини протягом доби; $q_{\text{уд}}$ – питомий дебіт свердловини, м³/год на 1 м зниження рівня води; S – максимальне зниження рівня води у свердловині при відкачуванні.

У першому наближенні величина максимального зниження рівня води приймається рівною: де H -статичний напір води у водоносному пласті, м.

$$S = (0,25 - 0,4) \cdot H,$$

де H - статичний напір води у водоносному пласті, м.

Остаточно визначається фактична глибина зниження рівня води у свердловині:

$$S_{\text{ф}} = \frac{\ell}{t \cdot q_{\text{уд}} \cdot n_{\text{раб}}}.$$

Крім робочих свердловин, до складу свердловинного обладнання водозабору повинна входити щонайменше одна резервна свердловина ($n_{\text{рез}}=1$).

Загальна кількість свердловин визначається за формулою:

$$n = n_{\text{раб}} + n_{\text{рез}}.$$

ЛЕКЦІЯ 4. ПРОЕКТУВАННЯ СВЕРДЛОВИННОГО ВОДОЗАБОРУ

4.1 Розташування свердловин

Проектовані свердловини слід розташовувати так, щоб відстань між ними була мінімальною, враховуючи їхню можливу взаємодію. Величиною, що визначає допустиму відстань між свердловинами, є радіус їх впливу R , який за відсутності експлуатаційних та експериментальних даних можна приблизно визначити:

- для безнапірних вод за формулою І.П. Кусакіна:

$$R = 1.95 \cdot S \cdot \sqrt{m \cdot k}, \text{ м,}$$

- для напірних вод за формулою В. Зіхарда:

$$R = 10 \cdot S \cdot \sqrt{k}, \text{ м,}$$

де S – зниження рівня води в свердловині, м; m – потужність водоносного пласта, м; k – Коефіцієнт фільтрації, м / добу.

За наявності відомостей про гранулометричний склад водоносного ґрунту та коефіцієнт фільтрації радіус впливу для напірних вод рекомендується приймати з таблиці.

Для розрахунково-графічних робіт та курсових проектів з метою виключення взаємодії свердловин рекомендується відстань між ними приймати:

$$L = 2 \cdot R, \text{ м.}$$

Крім того, для виключення повторних розрахунків окремих свердловин пропонується розташовувати їх на одній горизонталі.

Таблиця 4.1 – Радіуси впливу свердловин

Водоносна порода	Діаметр частинок, мм	Коефіцієнт фільтрації	Радіус впливу
Пісок тонкозернистий	0,05–0,10	0,1–5,0	25–50
Пісок дрібний	0,10–0,25	5,0–10,0	50–100
Пісок середньої крупності	0,25–0,50	10,0–25,0	100–300
Пісок великий	0,50–1,00	25,0–75,0	300–400

Пісок гравистий	1,00–2,00	75,0–100,0	400–500
Гравій дрібний	2,00–3,00	75,0–100,0	400–600
Гравій середній	3,00–5,00	100,0–300,0	600–1500
Гравій великий	5,00–10,00	200,0–300,0	1500–3000

При розміщенні водозабірних свердловин на місцевості необхідно враховувати вимоги щодо розташування їх на певній відстані від магістральних газо- та нафтопроводів (табл. 4.2), від автомобільних доріг (табл. 4.3) та від ліній електропередач (табл. 4.4).

Таблиця 4.2 — Відстань від свердловин до магістральних газонафтопроводів

Максимальний діаметр свердловини, мм	Газопроводи, м		Нафтопроводи			
	класи					
	I	II	IV	III	II	I
Менш ніж 300	30	30	30	—	—	—
300–500	—	50	—	30	—	—
300–600	50	50	—	—	—	—
500–1000	—	50	—	—	30	—
600–800	100	50	—	—	—	—
800–1000	150	50	—	—	—	—

Таблиця 4.3 — Відстань від свердловин до автомобільних доріг

Ділянки доріг	Відстань, м
Побудовані в обхід міст із перспективною чисельністю населення понад 250 тис. мешканців	150
Те саме, з чисельністю населення до 250 тис. мешканців	100
На решті доріг	50

Таблиця 4.4 — Відстань від свердловин до ліній електропередач

Напруга в лініях електропередач, кВ	Відстань, м	Напруга в лініях електропередач, кВ	Відстань, м
до 1	2	150–220	25
1–20	10	330–500	30
35	15	750–800	40
110	20		

4.2 Гідравлічний розрахунок одиночної свердловини

Основними завданнями гідравлічних розрахунків водозабірних свердловин є: визначення дебіту та зниження рівня в процесі експлуатації водозабірної споруди; оцінка можливого впливу водозабору на існуючі або намічені до будівництва водозабори на інших ділянках водоносного пласта.

Одночасно з вирішенням цих завдань на основі гідравлічних розрахунків уточнюють схему розташування водозабірних свердловин та колодязів, їх число та розміри (глибина, діаметр).

Гідравлічні розрахунки виконуються зазвичай для кількох варіантів розташування водозаборів, якими проводять техніко-економічне зіставлення і вибір оптимальної схеми водозабору. У всіх випадках розрахункові зниження рівня зіставляють із припустимими пониженнями.

Залежність між можливим дебітом однієї досконалої свердловини та характерними параметрами водоносного пласта для напірних вод визначається за формулою Дюпюї:

$$Q = \frac{2 \cdot \pi \cdot K \cdot m \cdot S}{\ln \frac{R}{r}},$$

де K - коефіцієнт фільтрації водоносних порід, м/сут; m - потужність водоносного пласта, м; S - максимально допустиме зниження рівня ґрунтових вод, м; R - радіус впливу, м; r - радіус свердловини (внутрішній радіус експлуатаційної колони).

З цієї формули можна визначити зниження рівня S , при якому буде забезпечено дебіт Q :

$$S = \frac{0,37 \cdot Q}{k \cdot m} \cdot \lg \frac{R}{r}$$

Якщо свердловина недосконала, то для отримання заданого дебіту Q необхідно додатково S знизити рівень на ΔS :

$$\Delta S = \frac{0,16 \cdot Q \cdot A}{k \cdot m},$$

де A - емпіричний коефіцієнт, що залежить від відношення l/m , де l - Довжина водоприймаючої частини.

Для безнапірних вод у досконалій свердловині залежність має вигляд:

$$Q = \frac{1,36 \cdot K \cdot S \cdot (2H_6 - S)}{\lg \frac{R}{r}},$$

де H_6 - Потужність безнапірного водоносного пласта, м.

Для розрахунку недосконалої свердловини у безнапірному пласті визначається поправка ΔS за формулою:

$$\Delta S = h - \sqrt{h^2 - \frac{0,37 \cdot Q \cdot A}{k}},$$

де h - Відстань від динамічного рівня води до водоупору.

За виконання курсового проекту для проектування одиночної свердловини складається її розрахункова схема. Вона потрібна для вирішення питань, пов'язаних із вибором основного обладнання свердловини та розробки її конструкції. Розрахункова схема наведена рис. 4.1.

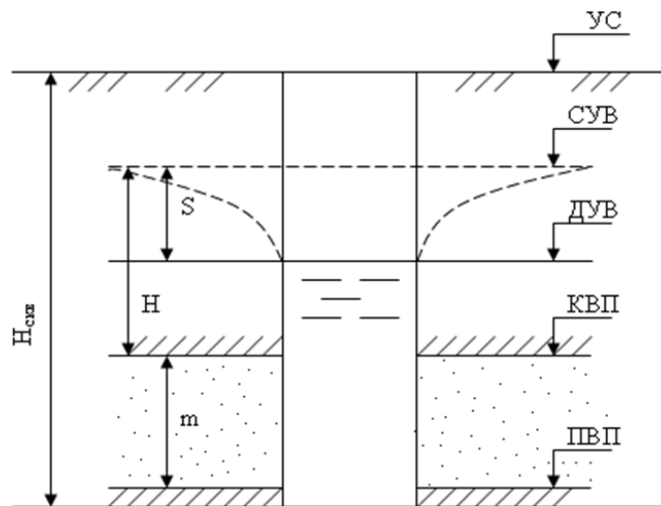


Рисунок 4.1 – Розрахункова схема свердловини: УС - відмітка гирла свердловини (поверхні землі); КВП – відмітка покрівлі водоносного пласта; ПВП відмітка підшви водоносного пласта; М – потужність водоносного пласта; Нс – статичний напір водоносного пласта; СУВ - відмітка статичного рівня води: СУВ = КВП + Н; Sf - фактична глибина зниження рівня води; ДУВ - позначка динамічного

рівня води: $ДУВ = СУВ - S\phi$; $Д$ – відмітка дна свердловини (приймається на 2 м нижче за ПВП): $Д = ПВП - 2$; $Н_{св.}$ - глибина свердловини: $Н_{св.} = УС - Д$

4.2 Розрахунок групи взаємодіючих свердловин

Для зменшення довжини комунікацій, що з'єднують водозабірні свердловини, поліпшення умов їх експлуатації у багатьох випадках свердловини доводиться розташовувати на відстанях менше $2R$. Це призводить до того, що при заборі води групою свердловин з одного водоносного шару ці свердловини стають взаємодіючими. Це означає, що дебіт свердловини залежить від дебітів інших свердловин (рис. 4.2).

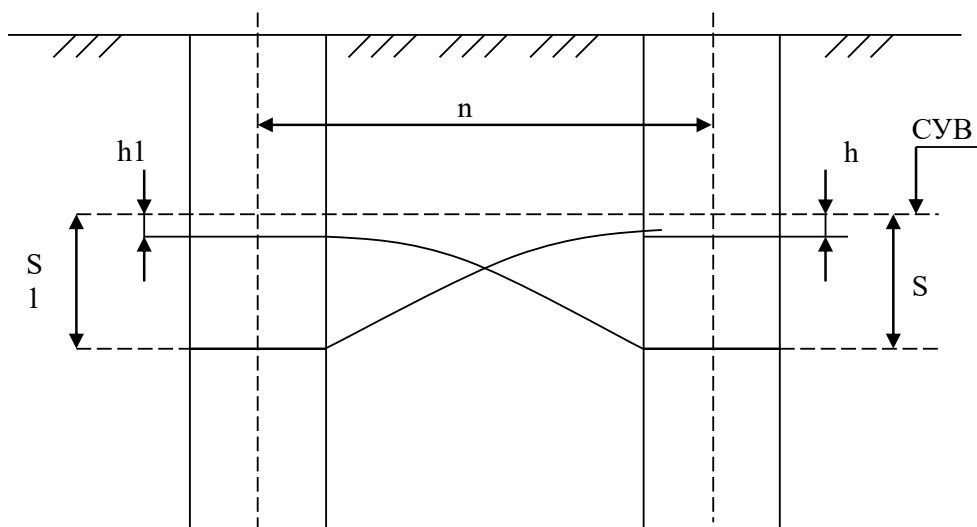


Рисунок 4.2 – Схема взаємодіючих свердловин

В цьому випадку величина h і h_1 для двох свердловин називаються відрізками рівнів. Для врахування взаємодії визначаються коефіцієнти зниження дебіту кожної свердловини:

$$a_1 = \frac{h}{S_1 - h_1},$$

$$a_2 = \frac{h}{S - h}$$

Питомий дебіт кожної із взаємодіючих свердловин дорівнюватиме:

$$q' = q_0 \cdot (1 - \Sigma a),$$

deq' - питомий дебіт свердловини з урахуванням впливу неї інших свердловин; q_0 - питомий дебіт свердловини без урахування впливу неї інших свердловин.

Розрахунок групи взаємодіючих свердловин полягає у визначенні їх числа, продуктивності, відстані між ними, зниження рівнів. Проводять його у такій послідовності.

1. Визначають дебіт одиночної свердловини за формулами:

для досконалих свердловин, закладених у напірних пластах:

$$q = 2.73 \cdot K_{\phi} \frac{m \cdot S}{\lg \frac{R}{r}}$$

Таблиця 21 – Орієнтовні значення коефіцієнтів фільтрації K_{ϕ} та

водовіддачі μ

Породи	K_{ϕ} , м/добу	μ
Піски пилюваті, супіски	0,1... 1	0,1 ... 0,15
Піски дрібні	1...5	0,15..0,2
Піски середньої крупності та гравілісті	5...30	0,2...0,25
Галечно-гравелісті відкладення	100...200	0,25... 0,3
Вапняки	20...50	0,005...0,1
Піщаники	10...20	0,001...0,03

4.3 Вибір насосного агрегату

У більшості випадків артезіанські свердловини, що не самовиливаються, обладнають зануреним електронасосом, що опускається під динамічний рівень води.

Для вибору марки насоса визначається його подача та повний напір.

Подача свердловинного насоса визначається за такою формулою:

$$Q_n = \frac{Q}{t \cdot n_p}, \text{ м}^3/\text{год},$$

де Q -добова водопотреба об'єкта водопостачання, м³/добу; t -число годин роботи свердловини протягом доби; n_p -кількість робочих свердловин.

Для визначення повного напору насоса складається розрахункова схема водопідйомника (рис. 4.3).

Повний напір насоса визначається за такою формулою:

$$H_n = B - \text{ВН} + h_w, \text{ м},$$

де B - позначка, на яку необхідно подати воду зі свердловини (приймається з вихідних даних); «ВН»- позначка верху насоса, який розташовується на глибині не менше 2 метрів під динамічним рівнем води; h_w - втрати напору у водопідйомній трубі, м. Величина h_w визначається з урахуванням гідравлічного розрахунку. Для наближеного розрахунку рекомендується приймати: $h_w = 2\text{-}4$ м.

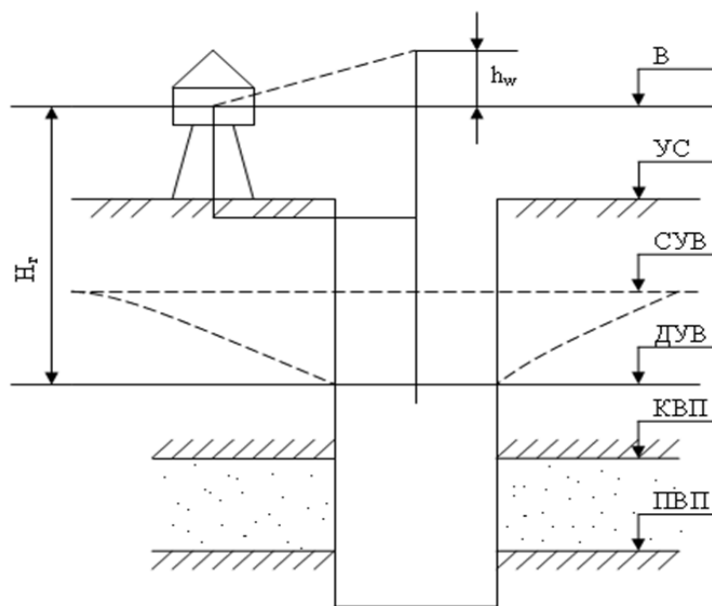


Рисунок 4.3 – Розрахункова схема водоприймача

За значеннями H_n і Q_n приймається марка занурювального відцентрового насоса.

По марці насоса підбираються основні характеристики. Наприклад, насос марки ЭЦВ6-70-100: Е – електричний, Ц – відцентровий, У – для води; 6 – зовнішній діаметр насоса, збільшений у 25 разів на м; тобто $D_n = 6 \cdot 25 = 150\text{мм}$; 70 - подача м³/годину; 110 – натиск у метрах.

4.4 Вибір конструкції водоприймальної частини свердловини

Водоприймальна частина свердловини може бути безфільтровою або обладнана певним фільтром конструкції.

Вибір конструкції водоприймальної частини здійснюється в залежності від характеристик порід водоносних пластів та покрівлі над цим пластом.

Проектування водоприймаючої частини безфільтрової свердловини

У твердих стійких водоносних породах (скельних) забір води може здійснюватися без застосування фільтрів. У деяких випадках свердловини безфільтрові бурять і для забору води з піщаних водоносних порід. Необхідна умова для буріння таких свердловин – стійкість покрівлі над водоносним шаром та наявності напору води у ньому. У цих умовах свердловину бурять до водоносного горизонту і витягають з нього пісок у кількості, достатній для створення порожнини (воронки), обсяг якої забезпечує необхідне надходження води до свердловини без піскування. Схеми пристрою безфільтрової свердловини показані рис. 4.3.

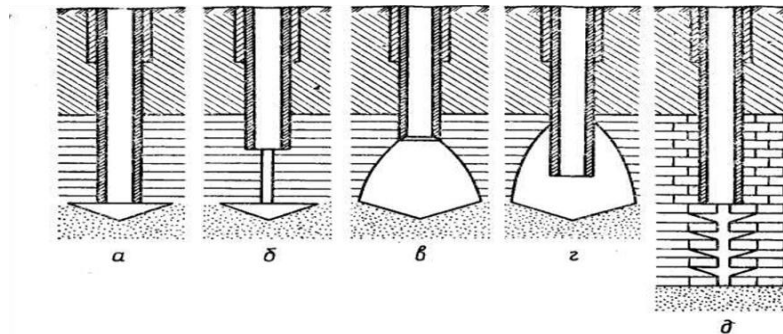


Рисунок 4.3 – Конструкції безфільтрових свердловин: а – свердловина з водоприймальною каверною у вигляді лімки, обсадні труби доведені до водоносного горизонту; труби доведені до водоносного горизонту, над каверною склепіння обвалення; д - свердловина з подовженою водоприймальною каверною в водоносному горизонті, що перешаровується, воронки утворені в кожному пухкому шарі

Необхідною умовою спорудження безфільтрових свердловин є наявність стійкої покрівлі над водоносним горизонтом, а у разі покрівлі, складеної глинами, наявність підпору підземних вод, що її підтримує.

До основних переваг безфільтрових свердловин належать такі:

- довговічність та надійність роботи;
- високі та стійкі (у часі) дебіти; вони значно перевищують дебіти свердловин із фільтрами;
- можливість відбору води з пилюватих, глинистих та тонкозернистих пісків з низькою проникністю;
- скорочення глибини свердловини;
- мала витрата труб;
- низькі будівельні та експлуатаційні витрати;
- різке зменшення трудомісткості та витрат при ремонті.

Визначається необхідний радіус водоприймальної вирви:

$$R = \sqrt{\frac{q}{\pi \cdot V_0 \sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \varphi}}}, \text{ м,}$$

де q - дебіт безфільтрової свердловини, м³/сут; V_0 - допустима швидкість фільтрації на межі виходу ґрунтового потоку у вирву, м/добу; φ - кут природного укосу піску під водою.

Величина V_0 визначається за такою формулою:

$$V = K_\phi \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot (1 - \rho), \text{ м/добу,}$$

де K_ϕ - коефіцієнт фільтрації водоносного ґрунту, м/добу; η_1 - коефіцієнт запасу ($\eta = 0,7-0,8$); η_2 - коефіцієнт зменшення допустимих ухилів. Він залежить від кута природного укосу. Для $\varphi=25^\circ \eta_2=0,84$; ρ - пористість водоносного піску, у частках (прийняти $\rho=0,38$).

Визначається висота водоприймальної вирви:

$$h = R \cdot t \cdot g \cdot \varphi, \text{ м.}$$

Визначається висота склепіння обвалу за формулою:

$$h_{об} = \frac{R}{\operatorname{tg} \alpha},$$

де α - кут внутрішнього тертя глинистого ґрунту покрівлі; $\operatorname{tg} \alpha=0,78$.

Визначається допустимий радіус водоприймальної вирви з умови необрушення покрівлі:

$$R_{\text{доп}} \leq \frac{\gamma(U_{\text{ст}} - S) \cdot \text{tg} \alpha}{(1 - P_{\text{кр}}) \cdot \gamma_{\text{кр}} + \gamma \cdot P_{\text{кр}}},$$

де $U_{\text{ст}}$ - статичний напір води в свердловині, м; S – глибина зниження рівня води у свердловині, м; $P_{\text{кр}}$ - пористість породи покрівлі (у частках). Приймаємо $P_{\text{кр}} = 0,2$; $\gamma_{\text{кр}}$ – питома щільність породи покрівлі, т/м³, $\gamma_{\text{кр}} = 2,73 - 2,92$; γ – питома вага породи ($\gamma = 1$ т/м³).

Порівнюється $R_{\text{доп}}$ з R : Якщо $R_{\text{доп}} < R$, то розрахунок закінчено: свердловина відповідає вимогам стійкості покрівлі. Якщо $R_{\text{доп}} > R$, приймається остаточний радіус $R_{\text{доп}}$ і йому остаточно перебуває h .

4.3 Конструкції фільтрів водозабірних свердловин

Фільтри водозабірних свердловин повинні забезпечувати вільний доступ води до свердловини, надійно захищати її від піскування при мінімальних гідравлічних втратах, забезпечувати стійку роботу свердловини протягом тривалого часу, а у разі кольматажу водоприймальної поверхні допускати можливість проведення відновлювальних заходів з використанням різних реагентів-розчинників або спільного імпульсу. та реагентного відновлення продуктивності свердловин

Фільтр – основний елемент свердловини, тому його якості залежать дебіт і довговічність свердловини. Конструкцію фільтра вибирають з урахуванням гранулометричного складу порід водоносного горизонту.

Фільтр складається з водоприймальної (робочої) частини, надфільтрових труб та відстійників. Довжина надфільтрових труб залежить від конструкції свердловини. Коли фільтр знаходиться на колоні, то розташовані вище за нього надфільтрові труби є одночасно і експлуатаційною колоною.

Між експлуатаційною колоною та надфільтровою трубою повинен бути встановлений сальник.

Конструкції фільтрів повинні відповідати таким вимогам:

1) мати необхідну механічну міцність і достатню стійкість проти корозії та ерозійного впливу води;

2) діаметри фільтрових каркасів повинні бути розраховані на максимальний пропуск води зі швидкістю, що не перевищує 1,5-2 м/с;

3) водопроникність фільтрів повинна бути значно вищою за водопроникність водоносних порід, в яких вони встановлюються, і для даних гідрогеологічних умов повинна передбачатися максимальною з урахуванням можливого хімічного та біологічного кольматажу при експлуатації водозаборів.

4) фільтри повинні бути доступні для проведення заходів щодо відновлення продуктивності свердловин.

Фільтри складаються з каркасу та водоприймальної поверхні. Випускаються такі типи каркасів: стрижневі; трубчасті з круглими або щілинними отворами; каркаси зі штампованого листа; спірально-дротяні. Каркаси є основою для водоприймальної поверхні, яка влаштовується з: дротяної обмотки, штампованого листа, металевих та неметалічних сіток.

У гравійно-галечникових відкладеннях, а також у нестійких напівскельних та скельних породах зазначені типи каркасів можуть використовуватися без додаткової водоприймальної поверхні.

Найбільш поширеним та ефективним типом фільтрів з точки зору забезпечення тривалої та стійкої експлуатації свердловин є гравійні фільтри, які, у свою чергу, поділяються на засипні, кожухові, блокові. Кожухові та блокові фільтри збираються на поверхні та в готовому вигляді встановлюються у свердловинах.

Гравійні фільтри можуть мати як підтримуючу основу безпосередньо фільтри-каркаси (стрижневі, трубчасті та ін.) або різні водоприймальні поверхні - дротяні обмотки, сітки і т.д.

Основні конструктивні схеми фільтрів представлені рис. 4.4.

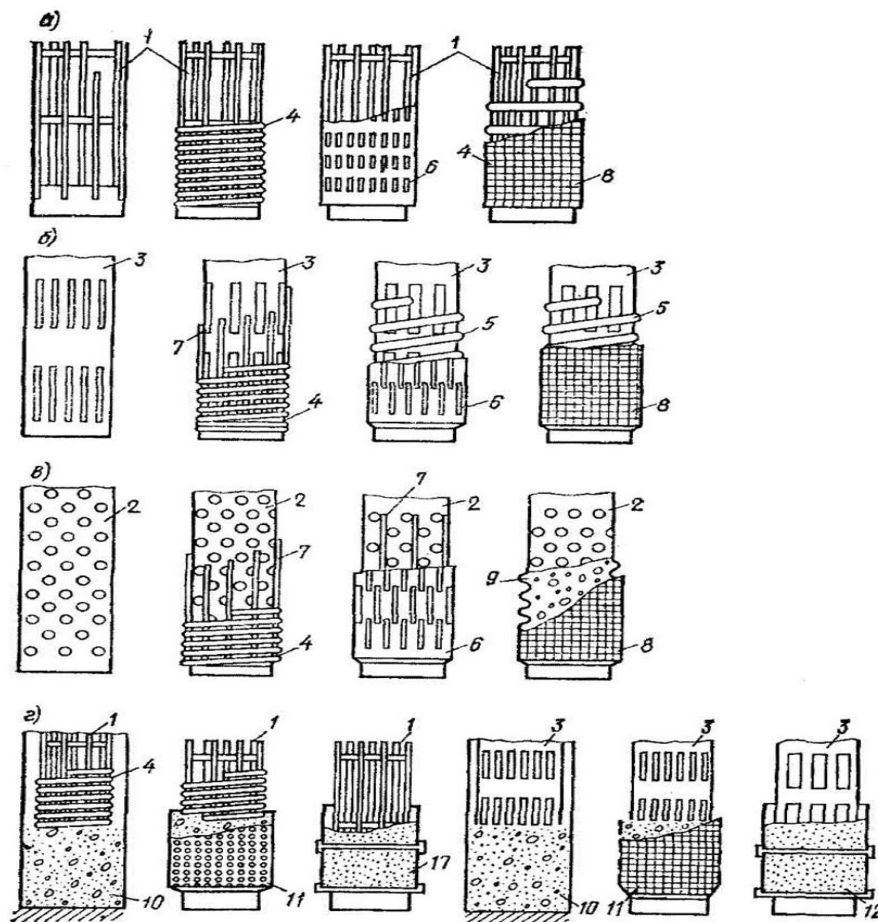


Рисунок 4.4. – Основні схеми конструкцій фільтрів водозабірних свердловин:
а – на основі стрижневих каркасів; б – на основі трубчастих каркасів із щільною перфорацією; в – на основі трубчастих каркасів із круглою перфорацією;
г – гравійні фільтри; 1 – стрижневий каркас на опорних кільцях; 2 – трубчастий каркас із круглою перфорацією; 3 – щільний трубчастий каркас; 4 – дротяна обмотка з нержавіючої сталі; 5 – опорна дротяна спіраль; 6 – лист, штампований з нержавіючої сталі; 7 – опорні дротяні стрижні під дротяну обмотку та лист;
8 – сітка з нержавіючої сталі або латуні; 9 – сітка підкладна, синтетична;
10 - пухка обсіпка; 11 - гравійне обсіпання в кожусі;
12 – гравійний блок

4.5 Розрахунок фільтрів водозабірних свердловин

Довжина фільтра визначається залежно від продуктивності свердловин, зміни водопроникності порід та гідрохімічних умов.

Теоретично в однорідних пластах величина гідравлічних втрат у фільтрі зростає до певних меж, і при деяких співвідношеннях розмірів фільтра (його діаметра, довжини, шпаруватості) гідравлічні втрати та приплив до свердловини повинні залишатися постійними.

Тим не менш, в реальних умовах, враховуючи неоднорідність водоносного горизонту та можливість інтенсивного хімічного заростання фільтрів, слід збільшувати довжину та розміри отворів фільтрів. При цьому в першу чергу фільтри повинні встановлюватися в водозонах водоносного горизонту.

У безнапірних водоносних горизонтах довжина фільтра визначається з урахуванням зниження динамічного рівня свердловини: у разі потужність $m \approx h_e - S_0/2$, де h_e - початкова потужність безнапірного горизонту; S_0 - проектне зниження рівня свердловини.

При виборі типу фільтра для обладнання свердловини необхідно виходити з застосування конструкції, коефіцієнт водопроникності, якої дорівнює або перевищує коефіцієнт водопроникності водоносних порід або гравійних обсіпок, що контактують з фільтром. Коефіцієнт водопроникності каркасно-стрижневих фільтрів змінюється від 1,5 до 2,15 см/с, дротяних конструкцій на трубчастому каркасі - від 0,42 до 1,8 см/с, фільтра з водоприймальною поверхнею зі штампованого листа - від 0,23 до 0,52 см/с, сітчастих фільтрів із сіткою галунного плетіння - від 0,08 до 0,37 см/с.

Фільтраційні характеристики суттєво погіршуються в блокових конструкціях та при ускладненні водоприймальної поверхні. Величина коефіцієнта водопроникності нових модифікацій рекомендованих фільтрів встановлюється індикаторним методом.

Розмір прохідних отворів фільтра призначають з урахуванням гранулометричного складу порід, що складають водоносний горизонт, і відповідного розміру частинок гравійної обсіпки. Для вибору розміру отворів фільтрів рекомендуються такі емпіричні співвідношення (табл. 4.5).

Таблиця 4.5 – Рекомендовані розміри отворів фільтрів

Фільтр	В однорідних породах $K_n \leq 2$	У неоднорідних породах $K_n > 2$
З круглою перфорацією	$2,5-3d_{50}$	$3-4d_{50}$
Сітчастий	$1,5-2d_{50}$	$2-2,5d_{50}$

З щілинною перфорацією	$1,25-1d_{50}$	$1,5-2d_{50}$
Дротовий	$1,25d_{50}$	$1,5d_{50}$

Розміри прохідних отворів фільтрів при влаштуванні гравійного обсіпання повинні прийматися рівними середньому діаметру частинок шару обсіпки d_{50} , що примикає до стінок фільтра.

Основною вимогою до підбору гравійних обсіпок є забезпечення суффозійної стійкості порід у свердловинній зоні за збереження щодо невеликих контактних втрат напору.

При підборі гравійного фільтра відносно однорідних ґрунтах ($K_n < 5$) повинно витримуватися співвідношення:

$$\frac{D_{50}}{d_{50}} \approx 8 - 12,$$

де D_{50} і d_{50} - середній діаметр частинок відповідно водоносних порід та матеріалу обсіпання.

Для підбору розміру частинок обсіпання істотно суффозійних породах, при значній їх неоднорідності ($K_n < 5$) можна користуватися діаграмою малюнок 20. Розрахункову величину середнього діаметра обсіпки отримують множенням на 5 знайденої за графіком величини характерного діаметра (на перетині з кривою зерно).

Підбір механічного складу матеріалу при влаштуванні двох та тришарових гравійних обсіпок фільтрів слід проводити за співвідношенням:

$$\frac{D_{50^1}}{D_{50^2}} \approx 4 - 6,$$

де D_{50^1} і D_{50^2} - Середні діаметри частинок матеріалу сусідніх шарів обсіпання.

Матеріал обсіпання має бути однорідним. У всіх випадках кількість частини максимального та мінімального діаметра у складі обсіпання не повинна перевищувати 10 %.

Оптимальна товщина обсіпання має становити 150-200 мм. Мінімальну її величину слід вибирати в залежності від розміру зерен гравію та піску.

У свердловинах з багатошаровим обсіпанням товщина шару з дрібного гравію (піску) не повинна прийматися менше товщини опорного шару гравію. Застосування для гравійних фільтрів неоднорідного складу недоцільно через істотне розшарування його в процесі засипки.

$$D_0 = (2,5 - 4,0) \cdot d_{50}$$

Якщо потужність водоносного пласта (m) не перевищує 10 м, фільтрова колона має складатися з однієї ланки. Довжина робочої частини фільтра в цьому випадку приймається рівною:

$$L_{ав} = (0,8 - 0,9) \cdot m$$

Якщо потужність водоносного пласта більше 10 м, фільтр має складатися з кількох ланок. Довжина однієї ланки повинна бути в межах $L_{ав} = 5-10$ м. У цьому випадку загальна кількість ланок дорівнює:

$$n_{ав} = \frac{m - (2 - 4)}{L_{ав}}$$

Визначається загальна кількість отворів, яку необхідно розмістити на бічній поверхні однієї ланки робочої частини трубчастого фільтра. Для цього визначається загальна площа бічної поверхні:

$$F_б = D_{фк} \cdot \pi(L_{ав} - L_м - 0,2), \text{ м},$$

де $D_{фк}$ - конструктивний зовнішній діаметр, м; $L_{ав}$ - довжина ланки, м; $L_м$ - довжина муфти, м.

Визначається площа одного отвору:

$$F_0 = 0,785 \cdot D_0^2, \text{ м}^2,$$

де D_0 - діаметр одного отвору, м-код.

Визначається загальна площа всіх отворів, що розміщуються на бічній поверхні однієї ланки фільтра:

$$F = \rho \cdot F_0, \text{ м}^2,$$

де ρ - пористість фільтра.

Загальна кількість отворів на одній ланці фільтра:

$$n = \frac{F}{F_0} \text{штук.}$$

Для розміщення отворів на бічній поверхні фільтра визначають відстань між осями рядів отворів: $L = (1,4-1,7) D_0$ та відстань між осями отворів у кожному ряді: $L_0 = (1,7-2,4) D_0$.

Розрахунок сітчастого фільтра

Сітчастий фільтр є каркасом з обсадних труб з круглою перфорацією, обтягнутий сіткою квадратного або галунного плетіння. Мінімальний зовнішній допустимий діаметр сітчастого фільтра $D_{\text{фм}}$ визначається так само, як і діаметр трубчастого фільтра. У цьому пористість фільтра приймається $\rho = 1$.

Якщо величина $D_{\text{фм}}$ вийшла менше 114 мм, остаточно приймається діаметр каркаса фільтра $D_{\text{к}}=114$ мм. Якщо величина вийшла більше 114 мм, остаточно приймають $D_{\text{к}}$ таблиці 22.

Визначається необхідний розмір отвору у сітці:

$$D_0 = (1,5 - 2,5) \cdot d_{50}$$

Для фільтрів із сіткою квадратного плетіння підбирається номер сітки та виписується її характеристика з таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 – Сітка дротяна ткани з квадратними осередками

Номер сітки	Діаметр дроту, мм	Розмір сторони комірки у світлі, мм	Вага 1м ² сітки латунної, кг
2,60	0,50	2,60	1,14
2,50	0,50	2,50	1,18
2,00	0,50	2,00	1,41
1,60	0,45	1,60	1,39
1,25	0,40	1,25	1,33
1,00	0,35	1,00	1,23
0,90	0,35	0,90	1,38
0,80	0,30	0,80	1,20
0,70	0,30	0,70	1,27
0,63	0,25	0,63	1,00
0,60	0,25	0,60	1,04
0,56	0,23	0,56	0,97
0,50	0,22	0,45	0,72
0,45	0,18	0,45	0,72
0,42	0,15	0,42	0,55
0,40	0,15	0,40	0,58

Визначається конструктивний діаметр сітчастого фільтра за формулою:

$$D_k + 2t_c + 2t_{\text{п}} + 2t_{\text{ст}}, \text{ мм},$$

де $D_{\text{фк}}$ - конструктивний діаметр каркасу фільтра, мм; t_c - товщина сітки, мм;

$t_{\text{п}}$ - товщина підмотування під сітку, яка виконується із дроту діаметром 2-3 мм; $t_{\text{ст}}$ - товщина стрижнів, що наварюються вздовж каркаса фільтра. Кожен стрижень має діаметр 3-4 мм.

Товщина сітки квадратного плетіння дорівнює:

$$t_c = 3d, \text{ мм}$$

де d – діаметр дроту, мм.

Товщина сітки галунного плетіння дорівнює:

$$t_c = 2d + d_0, \text{ мм},$$

де d_y – діаметр дроту качка, мм; d_0 – діаметр дроту основи, мм.

Розрахунок гравійного фільтра

Одним з різновидів гравійних фільтрів є цементований гравійний фільтр СГФ.

Складається схема однієї ланки СГФ (рис.23), цей фільтр є каркасом з обсадних труб з круглою перфорацією, навколо якого влаштовується зціментований шар гравію.

Мінімальний допустимий зовнішній діаметр гравійного фільтра $D_{\text{фм}}$ визначається так само, як і трубчастого фільтра. У цьому пористість фільтра приймається $p=1$.

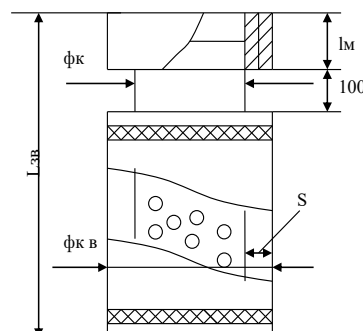


Рисунок 5.1. Схема ланки гравійного фільтра
Визначається товщина цементованого шару фільтра:

$$\delta = 0,5 \cdot D_{50} + 1, \text{ см},$$

де D_{50} - п'ятдесятивідсотковий діаметр зерен гравію.

$$D_{50} = A \cdot d, \text{ мм},$$

де A - коефіцієнт переходу, що враховує склад водоносного піску (приймається в межах $A = 16-20$); d - п'ятдесятивідсотковий діаметр зерен водоносного піску, мм.

Зовнішній діаметр каркасу гравійного фільтра визначається за такою формулою:

$$D_k = D_{\text{фм}} - 2\delta, \text{ мм}$$

Якщо величина D_k вийшла менше 114 мм, остаточно приймають діаметр каркасу $D_k = 114$ мм.

Визначається конструктивний діаметр гравійного фільтра.

$$D_{\text{фк}} = D_k + 2\delta, \text{ мм}.$$

Кількість та розміри ланок гравійного фільтра визначаються так само, як для трубчастого фільтра.

5.1 Розробка конструкції свердловини ударно-канатного буріння

Основними елементами конструкції стовбура свердловини є діаметри, довжини та кількість колон обсадних труб, якими зміцнюють стінки свердловини. Конструкція свердловини залежить від способу буріння.

При ударно-канатному бурінні кількість обсадних колон визначається з урахуванням допустимої величини виходу кожної колони. Вихід повинен прийматись у межах: $\Delta H = 30 - 50$ м.

Загальна кількість колон (включаючи напрямну) для орієнтовного розрахунку визначається за формулою:

$$n = \frac{H_{\text{СКВ}}}{\Delta H}, \text{ Шт.},$$

де $H_{\text{скв}}$ – глибина свердловини (від поверхні землі до покрівлі водоносного пласта).

Складається схема конструкції стовбура свердловини ударно-канатного буріння.

Внутрішня колона називається експлуатаційною, зовнішня напрямною, проміжні - технічними.

Внутрішній діаметр експлуатаційної колони обумовлюється конструктивними діаметрами фільтра або водопідйомника (великим з них) та підбирається за таблицею 29.

По внутрішньому діаметру таблиці 22 підбирається діаметр експлуатаційної колони. Довжина експлуатаційної колони приймається рівною глибині свердловини.

Визначають розміри наступної колони (технічної чи напрямної). Внутрішній діаметр цієї колони повинен бути більшим (не менше ніж на 20 мм) зовнішнього діаметра попередньої (експлуатаційної) колони. Потім визначається таблиці 22 зовнішній діаметр колони. Її довжина повинна бути меншою за довжину попередньої колони на величину Δh .

Підбираються розміри інших технічних та напрямних колон. Довжина напрямної колони рекомендується в межах від 10 до 20 м-коду.

Конструкція свердловини ударно-канатного буріння викреслюється у вертикальному масштабі на проектному геолого-технічному розрізі.

5.3 Розробка конструкції свердловини роторного буріння

При роторному бурінні стовбур свердловини зазвичай складається з двох обсадних колон труб - експлуатаційної та спрямовуючої.

Якщо глибина свердловини перевищує 120 м, влаштовується одна проміжна (технічна) колона.

Складається схема конструкції свердловини роторного буріння.

Діаметри та довжина експлуатаційної колони: $D_3^B; D_3^H; L_3$ приймаються так само, як і для ударно-канатного буріння. Крім того, по таблиці 22 кожної колони визначається діаметр муфти D_3^M .

Внутрішній діаметр наступної колони (технічної або направляючої) повинен бути більшим (не менше ніж на 20 мм) діаметра муфти попередньої колони.

Довжина напрямної колони рекомендується в межах від 10 до 20 м-коду.

Конструкція свердловини роторного буріння викреслюється у вертикальному масштабі на проектному геолого-технічному розрізі.

ЛЕКЦІЯ 6. ОРГАНІЗАЦІЯ І ВИРОБНИЦТВО РОБІТ ПРИ БУДІВНИЦТВІ ВОДОЗАБІРНИХ СВЕРДЛОВИН

6.1 Основні показники гірських порід

При бурінні свердловин з метою водопостачання часто доводиться стикатися з гірськими породами, а також з підземними водами, які в них знаходяться.

Тому необхідно навести деякі відомості про гірські породи, що найчастіше зустрічаються у практиці буріння на воду, та основні гідрогеологічні поняття та параметри, що визначають умови знаходження підземних вод у породах та їх кількісні показники.

Ці відомості можуть бути корисними як при ознайомленні бурових майстрів та виконробів з проектною документацією, в якій відображаються геологічний розріз та основні відомості про очікувану водоносність порід, так і в процесі проведення самих бурових робіт та випробування водоносних горизонтів.

Гірські породи, що складають земну кору, діляться за своїм походженням на три великі групи: магматичні, метаморфічні та осадові.

Магматичні породи утворилися внаслідок охолодження та затвердіння розплавленої високотемпературної маси складного складу (магми), що надходить із глибинних зон землі. Магма може тверднути на глибині всередині земної кори, даючи в цьому випадку так звані інтрузивні породи, і на земній поверхні, утворюючи ефузійні (вулканічні) породи,

До інтрузивних магматичних порід належать: граніти, сієніти, діорити, габро, перидотити, дуніти, нефелінові сієніти та ін.

До ефузивних магматичних порід відносяться: ліпарити, трахіти, андезити, базальти, порфірити, діабазити та ін.

Метаморфічні породи утворилися в земній корі з магматичних та осадових порід внаслідок впливу на них температури, тиску та хімічно активних речовин.

До метаморфічних порід належать: сланці, гнейси, роговики, мармури, кварцити та ін.

Осадові породи, як це випливає з їхньої назви, утворюються переважно в результаті осадження та подальшого ущільнення (у морях, океанах, озерах, річках, а також на поверхні землі) продуктів механічного руйнування гірських порід, хімічних речовин, що випадають в осад, та залишків загиблих організмів. За основними джерелами утворення осадових порід вони поділяються на уламкові, хімічні та органогенні.

Серед осадових порід уламкового походження виділяються за розмірами уламків, а також по додаванню та щільності такі основні породи: валунники (валунні конгломерати), галечники (конгломерати), гравій (гравеліти), піски (пісковики), алевроїти (алевроліти), глини (аргіліти) .

До осадових порід хімічного походження відносяться вапняки, доломіт, гіпси, ангідрити, кам'яна сіль та ін. У разі додавання до хімічних осадів уламкових частинок утворюються такі породи, як мергель, що є сумішшю вапняних і глинистих речовин.

До органогенних осадових порід відносяться вапняки черепашники, діатоміти та інші породи, основну масу яких складають залишки раковин та скелетних уламків різних організмів.

Основні типи гірських порід зображують на геологічних картах та розрізах певними умовними позначеннями.

6.2 Умови застосування різних способів буріння

При проектуванні водозабірних свердловин спосіб буріння вибирають виходячи із загальних геологічних і гідрогеологічних умов ділянки розміщення водозабору - глибин залягання водоносних горизонтів, що підлягають розкриттю та експлуатації, літології порід, що складають водоносний горизонт, а також з необхідного діаметра свердловини і найбільшої техніко-економічних даних конкретних умов.

Техніко-економічна доцільність застосування того чи іншого способу буріння свердловин визначається за сукупністю трьох показників: якість та довговічність свердловини, тривалість її спорудження, вартість спорудження. У

випадках, коли неможливо узгодити всі три показники, вирішальним повинен бути, як правило, перший показник.

6.3 Техніко-економічне обґрунтування вибору способу буріння

Остаточний вибір способу буріння здійснюється на підставі порівняння економічних показників буріння. Порівнюються вартості буріння свердловин з урахуванням закріплення їх обсадними трубами.

Порівняння проводиться у разі цінам 1991 року з подальшим перерахунком на реальні ціни шляхом множення коефіцієнт інфляції.

Вартість буріння свердловин ударно-канатним способом визначається за наступною формою.

Визначення вартості буріння свердловини ударно-канатним способом із закріпленням обсадними трубами

Дані для граф 1 та 2 приймаються за схемою стовбура свердловини роторного буріння. При цьому з огляду на те, що вартість одного метра буріння залежить від глибини і змінюється через 50 метрів, кожна колона ділиться на проміжки з урахуванням змін вартості.

6.4 Технологія ударно-канатного буріння

У практиці ударно-канатного буріння застосовують для руйнування породи наступні чотири типи доліт: двотаврове, округляюче, хрестове та плоске.

Двотаврові долота використовують для буріння у в'язких та середній твердості породах.

Округлюючі долота застосовують для буріння твердих і тріщинуватих порід. Долота цієї конструкції забезпечують округлення стінок свердловини і в процесі буріння, а бічні пір'я долота захищають лезо від швидкого зношування.-

Хрестові долота використовують при бурінні тріщинуватих порід і валунно-галечникових відкладень, щоб запобігти прихвату снаряда.

Плоскі долота призначені для буріння м'яких порід.

Желонки застосовують для буріння в пісках та чищення свердловин у процесі буріння. Залежно від призначення існують різні типи желонки, найбільшого поширення набули одностулкові желонки. Двостулкова желонка призначена в основному для видалення розбуреної породи вибою. Желонка з напівсферичним клапаном та списом забезпечує за рахунок щільного закриття клапана збирання розрідженої маси.

Замки канатні необхідні для з'єднання бурового снаряда з бурильним канатом.

Розсувні штанги служать для відриву долота від вибою та вибивання бурового снаряда у процесі ударного буріння (особливо під час проходження в'язких порід).

Удар штанги застосовують для збільшення ваги бурового снаряда з метою підвищення ефективності руйнування породи й попередження викривлення свердловин. Виготовляється два типи ударних штанг: гладкоствольні та з висадженими кінцями.

До переваг ударно-канатного способу відноситься розкриття водоносного горизонту без застосування глинистого розчину. Хороші результати виходять при розтині слабонапірних та безнапірних водоносних горизонтів. До недоліків слід віднести низькі швидкості буріння та велику витрату обсадних труб, внаслідок чого обсяг буріння ударно-канатним способом у сільському господарстві становить не більше 10%. Досвід роботи показав, що найбільш раціонально використовувати ударно-канатне буріння для проходження свердловин глибиною до 100-150 м з метою розтину слабонапірних водоносних горизонтів.

Режим ударно-канатного буріння визначається типом долота, числом ударів, вагою та висотою підйому снаряда, величиною навішування.

Масу снаряда приймають із розрахунку від 25-30 кг на 1 см довжини леза в м'яких породах до 60-70 кг у міцних. Число ударів у мін змінюється від 30-40 у міцних породах до 55-60 у м'яких. Рекомендовані величини можна змінювати залежно від геолого-технічних умов.

Правильно встановлене співвідношення числа ударів, висоти підйому снаряда і величини навішування практично визначається стійкою роботи бурового верстата і обертання відтяжного ролика.

Схему роботи верстата для ударно-канатного буріння показано на рис. 28. При даному способі буріння породи вибою руйнують ударами бурового снаряда 1, підвішеного на канаті (тросі) 3. Канат 3 перекидається через ролик блоку 5 у вершині щогли 4, огинає відтяжний 6 і 8 напрямний ролики і намотується на інструментальний барабан 9.

Для руйнування породи буровий снаряд багаторазово піднімають канатом та скидають на забій. Таку роботу виконує механізм, що складається з шестерні 12, шатуна 11 і балансирної рами 7, на якій укріплені відтяжний ролик 6 і напрямний ролик 8. При обертанні шестерні 12 шатун 11 здійснюючи зворотно-поступальний рух, піднімає і опускає відтяжний ролик 6 натягує та піднімає буровий снаряд над вибоєм (рис. 28а). Під час підйому рами канат опускається, снаряд падає на забій і руйнує породу (рис. 28б). Внаслідок скручування та розкручування пружного каната буровий снаряд після кожного удару повертається на деякий кут, завдяки чому відбувається округлення свердловини. У міру накопичення на вибої зруйнованої породи (шламу) ефективність ударів долота слабшає. Тоді вимикають ударний механізм і витягають буровий снаряд із свердловини. Для видалення сбою свердловини зруйнованої породи застосовують спеціальний інструмент, званий желонкою.

При ударному способі буріння стінки свердловини кріплять безперервно трубами в міру поглиблення вибою. Діаметри долота і желонки менші від внутрішнього діаметра обсадних труб. Тому колону труб задавлюють чи забивають. У міру поглиблення обсадної колони опір порід збільшується і на глибині 30-50 м-коду просування колони припиняється. Подальше поглиблення свердловини проводять долотом та обсадними трубами менших діаметрів. Зазвичай різницю діаметрів двох суміжних колон обсадних труб при ударно-канатному бурінні приймають близько 50 мм.

Нову колону обсадних труб меншого діаметра вдається занурити в породи (нижче за башмак попередньої колони) також на 30-50 м. Відстань по осі свердловини між башмаками двох суміжних колон обсадних труб називається виходом. Внаслідок малого виходу свердловини ударного буріння доводиться закріплювати кількома колонами обсадних труб і конструкція свердловини виходить телескопічного вигляду.

Технологічний розрахунок ударно-канатного буріння виконується в такий спосіб:

1. Обсадні труби свердловину ударно-канатного буріння встановлюються забивним способом, тому буріння свердловини здійснюють долотами, що мають менший діаметр, ніж діаметр обсадних труб. Типи доліт для ударно-канатного буріння підбираються залежно від твердості порід геологічного розрізу свердловини. Для м'яких порід (піски, пухкі мергелі, рослинний шар і т.д.) рекомендується використовувати плоскі долота. Для порід середньої твердості (глини, глини піщані та інших.) рекомендується використовувати двутаврові долота. Для твердих порід (пісковики, гравій та інших.) і тріщинуватих порід використовують округляючі долота.

До кожного проміжку буріння підбирається стандартний діаметр долота.

2. Зруйнована порода при ударно-канатному бурінні витягується зі свердловини за допомогою жолонки. У проекті слід підібрати діаметр та вид жолонки.

Залежно від прийнятих діаметрів доліт (під кожну колону обсадних труб) складається схема ударно-канатного буріння свердловини. На цій схемі вказуються діаметри та глибини буріння.

За максимальним діаметром і глибиною буріння підбирається марка верстата ударно-канатного буріння, і виписуються його характеристики.

ЛЕКЦІЯ 7. ОРГАНІЗАЦІЯ І ВИРОБНИЦТВО РОБОТ ПРИ БУДІВНИЦТВІ ВОДОЗАБІРНИХ СВЕРДЛОВИН

7.1 Технологія роторного буріння

При роторному бурінні гірська порода руйнується по всьому поперечному перерізі свердловини породоруйнівним інструментом, що обертається (долотом) і з додатком осевого навантаження. Зруйнована порода (шлам) безперервно виноситься зі свердловини висхідним потоком промивної рідини, що подається до забою промивним насосом.

Буровий снаряд складається з долота, обтяженої бурильної труби, що встановлюється при бурінні глибоких свердловин зменшення їх викривлення; перехідника бурильної колони; провідної труби.

На верхній кінець провідної труби нагвинчений вертлюг-сальник, що забезпечує герметичність і рухливість її з'єднання з шлангом, що не обертається, по якому в свердловину нагнітається промивна рідина, і гаком. Вертлюг-сальник стропами одягнений на гак талевого блоку. Через ролики цього блоку та кронблока пропущений талевий канат, один кінець якого прикріплений до барабана підйомної лебідки, а інший - до талевого блоку.

По мірі поглиблення свердловини канат змотується з барабана лебідки і опускає буровий снаряд. Як тільки ведуча труба зануриться в отвір ротора на граничну глибину, буровий снаряд піднімають, підвішують за верхню бурильну трубу над гирлом свердловини, відгвинчують провідну трубу, вкручують нову бурильну трубу, опускають снаряд на забій свердловини, з'єднують його з ведучою трубою. Для зміни долота, що притупився, або для заміни його долотом меншого діаметру зі свердловини витягується весь буровий снаряд.

Після буріння свердловини на задану глибину стінки її кріплять обсадними трубами. До закріплення трубами стінки свердловини з нестійкими породами утримуються від обвалення гідростатичним тиском рідини для промивання, що

заповнює стовбур свердловини. Як промивна рідина зазвичай використовуються глинисті розчини.

До переваг роторного методу ставляться високі механічні швидкості, великий вихід обсадних колон, буріння великі глибини, економічна рентабельність. До недоліків слід віднести можливу глинізацію водоносного горизонту та пов'язані з цим значні витрати часу на розглінізацію. Втрати часу на розглінізацію залежать від якості застосовуваного розчину для промивання і контролю за його параметрами в процесі буріння. Роторний спосіб може бути рекомендований для проходження водозабірних свердловин на будь-які глибини, в першу чергу для відкриття напірних водоносних горизонтів.

Параметри технологічного режиму роторного буріння визначаються фізико-механічними властивостями порід та гідрогеологічними умовами розрізу, а також досвідом бурових бригад та технічними можливостями обладнання, що застосовується.

При роторному бурінні труби обсадні спускаються в свердловину вільно. Отже, діаметр свердловини має бути більшим за діаметр обсадної труби. Типи доліт підбираються залежно від твердості порід геологічного розрізу свердловини: для м'яких та середніх порід рекомендується застосовувати дволопатні долоти. Для твердих порід – шарошечні долота.

Підбирається марка верстата для буріння роторного.

7.2 Промивання свердловин

Глинисті розчини застосовуються при роторному бурінні свердловин на воду в пухких, нестійких і схильних до розмивання породах для наступних цілей:

- а) очищення вибою свердловини від вибуреної породи (шламу) та винесення її на поверхню;
- б) глінізації стінок свердловини, яка перешкоджає руйнуванню їх під час буріння в пухких породах;
- в) створення гідростатичного тиску на стінки свердловини з метою запобігання руйнуванню в нестійких породах;

г) охолодження робочої частини бурового наконечника під час буріння.

Воду як промивну рідину використовують при бурінні у стійких породах, що не вимагають закріплення стінок свердловини.

При бурінні в міцних породах зниження їх твердості, соціальній та умовах багаторічної мерзлоти як промивної рідини застосовують водні розчини мінеральних солей.

Для приготування глинистих розчинів рекомендується використовувати монтморилонітові глини (бентоніти), що утворюють з водою колоїдний розчин, а також глини, що містять невелику кількість гіпсу та інших сольових домішок.

Для приготування глинистих розчинів, як правило, не слід застосовувати глини, що містять піщані частинки: більше 0,1 мм - більше 6%, більше 0,05 мм - більше 12%, дрібніше 0,001 мм (глиниста складова) - менше 40-50% .

Подача глинистого розчину свердловину здійснюється буровим насосом.

Визначення необхідної продуктивності бурового насоса при промиванні свердловини

При прямому промиванні промивна рідина подається за допомогою бурового насоса по бурових трубах до забою свердловини, а потім під тиском, що розвивається насосом, по кільцевому простору між стінками свердловини і бурильними трубами виноситься на поверхню землі.

Необхідна продуктивність бурового насоса визначається за такою формулою:

$$Q_{б.н} = 0,785(D_c^2 - d_{б.т.}^H)V_{п.ж.},$$

де $Q_{б.н}$ - продуктивність бурового насоса, м³/с; D_c - діаметр свердловини, м;
 $d_{б.т.}^H$ - зовнішній діаметр бурильної труби, м; $V_{п.ж.}$ - швидкість висхідного потоку рідини для промивання, м/с.

Швидкість висхідного потоку промивної рідини слід приймати в залежності від категорії порід, що розбурюються, і типу застосовуваного

породоруйнуючого інструменту відповідно до рекомендацій, наведених у табл. 5.4.

Таблиця 5.4 – Верстати для роторного буріння

Технічні показники	УРБ-2А	УРБ-3АМ	ІБА-15В	УРБ-3А3	2БА-15Н
Найбільший діаметр буріння, мм	146	200	450	250	490
Глибина буріння, м	200	500	500	800	1500
Зовнішній діаметр бурильних труб, мм	60,3; 73	60,3; 73	73; 89	73; 89	73; 89
Прохідний отвір ротора, мм	150	250	410	250	410
Висота щогли, м	9,5	14,5	16	17,5	18
Потужність двигуна, л.с.	60	54	105	105	150

Визначення необхідного тиску бурового насоса під час промивання свердловин

Тиск, що розвивається буровим насосом при бурінні свердловин повинен дорівнювати сумі гідравлічних опорів в окремих елементах циркуляційної системи з урахуванням величини коефіцієнта запасу:

$$P = K_3(P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5) + H_{\text{скв}}/10,$$

де P_1 - втрати тиску в поверхневій обв'язці циркуляційної системи; P_2 - втрати тиску в бурильних трубах; P_3 - втрати тиску в з'єднаннях бурильних труб; P_4 - Втрати тиску в породоруйнівному інструменті; P_5 - втрати тиску в кільцевому просторі; K_3 - коефіцієнт запасу, що вводиться через різницю питомих ваг промивної рідини в бурильних трубах і в кільцевому просторі.

Втрати тиску в поверхневій обв'язці циркуляційної системи слід визначати за такою формулою:

$$P_1 = a_0 \cdot \gamma_{\text{гр}} \cdot Q^{2_{\text{б.н}}}, \text{ кгс/см}^2,$$

де a_0 - узагальнений коефіцієнт опору в елементах поверхневої обв'язки циркуляційної системи (опір стояка з відведенням, бурового рукава, вертлюга та провідної труби). Величину a_0 слід приймати у межах $(2-4)10^{-3}$; $\gamma_{\text{гр}}$ - питома

густина глинистого розчину, яку слід приймати в межах $(1,1-1,3) \text{ г/см}^3$; $Q_{б.н}$ - продуктивність бурового насоса, л/с.

Втрати тиску в бурильних трубах слід визначати за такою формулою:

$$P_2 = 82,6 \cdot \lambda_1 \cdot \gamma_{гр} \frac{Q_{б.н}^2 \cdot l}{(d_{б.т}^B)^3} \text{ кгс/см}^2,$$

де λ_1 - коефіцієнт опору в бурильних трубах; $\gamma_{гр}$ - питома щільність глинистого розчину, г/см^3 ; $Q_{б.н}$ - продуктивність бурового насоса, $\text{м}^3/\text{с}$; l – загальна довжина бурильних труб, м; $d_{б.т}^B$ - внутрішній діаметр бурильних труб, см.

При промиванні водою коефіцієнт опору слід визначати за такою формулою:

$$\lambda_1 = \frac{0,0121}{(d_{а.д}^a)^{0,226}},$$

де $d_{б.т}^B$ - в метрах. В цьому випадку для наближених розрахунків можна приймати $\lambda_1 = 0,02-0,025$.

Якщо промивання свердловини виробляється глинистим розчином, то визначення коефіцієнта опору λ_1 необхідно обчислити критичну швидкість перебігу рідини у бурильних трубах за формулою:

$$Y_{кр} = 0,25 \sqrt{\frac{\tau_0}{\gamma_{гр}}}, \text{ м/с},$$

де τ_0 - динамічна напруга зсуву глинистого розчину. Для неутруднених глинистих розчинів слід застосовувати $\tau_0 = 80-100 \text{ дін/см}^2$.

Потім визначається фактична швидкість перебігу розчину у бурильних трубах за формулою:

$$Y_{б.т} = \frac{Q_{б.н}}{0,0785(d_{б.т}^B)^2}, \text{ м/с},$$

де розмірність $Q_{б.н}$ у л/с; $d_{б.т}^B$ - в см.

Порівнюючи $Y_{кр}$ $Y_{б.т}$ визначається режим потоку в бурильних трубах:

при $Y_{б.т} < Y_{кр}$ - режим ламінарний, при $Y_{б.т} > Y_{кр}$ - Режим турбулентний.

Підраховується узагальнений критерій Рейнольдса Re за такою формулою:

$$Re = \frac{1}{\frac{\eta}{Y_{б.т} \cdot d_{б.т}^{BH} \cdot \gamma_{гр}} + \frac{\tau_0}{6(\gamma_{гр}^B \cdot d_{б.т})^2}},$$

де η - динамічна в'язкість глинистого розчину, слід приймати: $\eta = 0,01$ пз.

Розмірність інших одиниць: $\tau_0 = 80 - 100$ дин/см², $Y_{б.т}$ - см/с, $\gamma_{гр}$ - (1,1-1,3) г/см³.

При ламінарному режимі руху рідини для промивання в бурильних трубах коефіцієнт опору λ визначається за формулою:

$$\lambda = \frac{64}{Re}$$

При турбулентному режимі руху, якщо $Re > 50000$, коефіцієнт опору дорівнює:

$$\lambda_1 = \frac{0,0121}{(d_{б.т}^B)^{0,226}}$$

Якщо $Re < 50000$, коефіцієнт опору дорівнює: $\lambda_1 = 0,1(Re)^{-0,15}$

Втрати тиску в з'єднаннях бурильних труб рекомендується приймати:

$$P_3 = (0,1 - 0,13)P_2, \text{ кгс/см}^2.$$

Втрати тиску в породоруйнівному інструменті слід приймати:

$$P_4 = (0,12 - 0,14)P_2, \text{ кгс/см}^2.$$

Втрати тиску в кільцевому просторі слід визначати за такою формулою:

$$P_5 = 82,6\lambda_2 \cdot \gamma_{гр} \frac{Q_{б.н}^2 \cdot l}{[D_c - (d_{б.т}^H)]^3 \cdot [D_c + (d_{б.т}^H)]^2},$$

де λ_2 - Коефіцієнт опору в кільцевому просторі.

Якщо промивною рідиною є вода, слід приймати $\lambda = 0,025$.

Якщо для промивання свердловини застосовується глинистий розчин, то визначають фактичну швидкість перебігу глинистого розчину в кільцевому просторі за формулою:

$$Y_{к.п} = \frac{Q_{б.н}}{0,0785[D_c^2 - (d_{б.т}^H)^2]}, \text{ м/с},$$

де розмірність: $Q_{б.н}$ - у л/с; D_c і $d_{б.т}^H$ - у див.

Якщо $Y_{к.п} > Y_{кр}$, то $\lambda_2 = 0,024 - 0,025$.

Якщо $\gamma_{к.п} < \gamma_{кр}$, необхідно визначити узагальнений критерій Рейнольдса за такою формулою:

$$Re = \frac{1}{\frac{\eta}{\gamma_{к.п}(D_c - d_{6.т}^H)^H \gamma_{гр}} + \frac{\tau_0}{6\gamma_{гр} \cdot \gamma_{к.п}^2}},$$

де основні одиниці вимірів та величини приймати такими ж, як при визначенні Re для перебігу рідини у бурильних трубах.

За величиною Re визначається опір в кільцевому просторі:

$$\lambda_2 = \frac{80}{Re}$$

Підбір бурового насоса для промивання свердловин

За величиною необхідного тиску Р та необхідної продуктивності бурового насоса відповідно до рекомендацій, підбирається марка бурового насоса. Для підбраної марки бурового насоса відповідно до даних, виписується його технічна характеристика.

Розрахунки потрібної кількості глинистого розчину та компонентів для його приготування

Потрібна кількість глинистого розчину для буріння однієї свердловини визначається за умови можливої втрати при циркуляції за формулою:

$$W_{гр} = W_c + W_{oc} + W_{п},$$

де W_c -об'єм свердловини проектної глибини, м³; W_{oc} -обсяг очисної системи, що приймається залежно від геологічних умов та глибини свердловини рівним 3-8 м³; $W_{п}$ -втрати промивної рідини, що приймаються рівними 3-6% від обсягу свердловини. Об'єм свердловини приймається (із запасом) рівним:

$$W_c = \frac{\pi d^2}{4} H,$$

де d – діаметр свердловини початковий, м; H – глибина свердловини, м.

Кількість глини в тоннах, необхідне для приготування 1 метра, визначається за формулою:

$$P_2 = \frac{\gamma_{г}(\gamma_{гр} - \gamma_{в})}{\gamma_{г} - \gamma_{в}},$$

де $\gamma_r = 2,3 - 2,6 \text{ т/м}^3$ - питома густина глини; $\gamma_{гр}$ - задана питома густина глинистого розчину, т/м^3 ; γ_v - питома щільність води, т/м^3 .

Загальна потреба у глині визначається за формулою:

$$\Gamma = P_r \cdot W_{гр}, \text{ т},$$

Загальна потреба у воді для приготування глинистого розчину дорівнює:

Залежно від прийнятого відсотка втрат рідини для промивання визначається змінна потреба в глині і воді для відновлення обсягу глинистого розчину.

Змінна потреба у глині:

$$\Gamma_{см} = 0,036 Q_{б.н} \cdot T_{см} \cdot \rho \cdot P_2, \text{ м}^3.$$

Змінна потреба у воді:

$$B = \left(1 - \frac{\gamma_{гр} - \gamma_v}{\gamma_r - \gamma_v} \gamma_v \right) \cdot Q_{б.н} \cdot T_{см}, \text{ м}^3,$$

де $Q_{б.н}$ - продуктивність бурового насоса, л/с; $T_{см}$ - кількість годин роботи протягом зміни, слід прийняти $T_{см} = 6-8$ годин; ρ - втрати глинистого розчину.

Слід приймати:

$$\rho = \frac{100 \cdot W_{п}}{W_{гр}}, \text{ \%}.$$

7.3 Цементування затрубного простору свердловин

Технологія цементування

Затрубне цементування під тиском проводять цементувальними агрегатами.

Цементувальний агрегат складається з водяного насоса, насоса для закачування цементного та глинистого розчинів, мірного бака, обв'язування насосів, металевого розбірного трубопроводу для з'єднання агрегату зі свердловиною, гідравлічної цементомішалки (воронки), бачка для цементного розчину.

Цементують затрубний простір із застосуванням спеціальних цементованих пробок, призначених для запобігання змішування цементного та глинистого розчину.

Спосіб цементування за допомогою двох пробок (рис. 7.1) полягає у наступному.

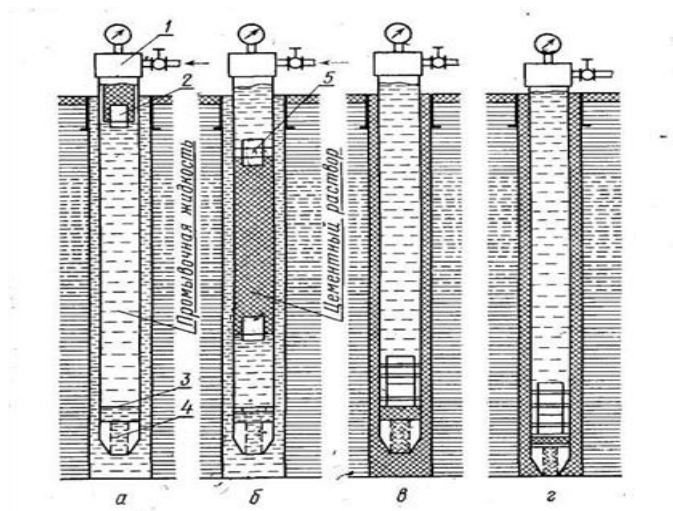


Рисунок 7.1 – Схема цементування за допомогою двох пробок:

а - закачування цементного розчину; б - подача цементного розчину в свердловину - продавлювання цементного розчину в затрубний простір і сходження пробки; г - опускання колони на забій; 1 - цементувальна головка; 2 – нижня цементувальна пробка; 3 - наполегливе кільце; 4 - башмачна пробка; 5 – верхня пробка

Колону обсадних труб підвішують над вибоєм на висоту 1-2 м і промивають свердловину високоякісним глинистим розчином. Якщо стінки свердловини стійкі, розчин іноді замінюють водою або знижують його густину.

Потім, відкривши кришку цементувальної головки 7, обсадну колону опускають нижню цементувальну пробку 2, центральний отвір якої закрито пластинкою зі скла; верхню пробку за допомогою стопорів закріплюють у цементувальній головці (якщо застосовують головки ЦГЗ-120). Кришку головки знову нагвинчують і закачують у свердловину необхідну кількість цементного розчину.

Під тиском цементного розчину нижня пробка опускається у колоні труб на певну глибину. Після закачування цементного розчину звільняють верхню пробку і поверх неї закачують рідину для промивання, як правило, глинистий розчин.

Цементний розчин, що знаходиться між двома пробками, продавлюється вниз. Нижня пробка, дійшовши до наполегливого кільця 3 або до черевної пробки 4, зупиняється. Цементний розчин під тиском верхньої пробки руйнує скляну пластинку нижньої і витісняється в затрубний простір. Коли верхня пробка 5

сягне нижньої, манометр на насосі покаже різке підвищення тиску, відбудеться гідравлічний удар, що вказує на закінчення продавлювання цементного розчину. Це є сигналом для закінчення нагнітання рідини. Вимкнувши насос, закривають вентиль цементувальної головки, щоб не було зворотного руху розчину зі свердловини і обсадну колону опускають на забій. У такому вигляді експлуатаційну колону залишають герметично закритою на 24 години для затвердіння цементу (при цементуванні кондукторів - на 16 годин).

Технологічний розрахунок цементування

Об'єм цементного розчину, необхідний для створення в затрубному просторі цементного кільця заввишки $H_{\text{ц}}$ та цементного стовпа всередині колони обсадних труб $h_{\text{ст}}$ визначається за формулою:

$$W_{\text{ц}} = 0,785 K_{\text{ц}} \{ [D_{\text{с}}^2 - (D_{\text{н}}^{\text{н}})^2] H_{\text{ц}} + (D_{\text{о}}^{\text{в}})^2 h_{\text{ст}} \}, \text{ м}^3$$

де $D_{\text{с}}$ - діаметр свердловини, м; $D_{\text{н}}^{\text{н}}$ - зовнішній діаметр обсадних труб, м; $D_{\text{о}}^{\text{в}}$ - внутрішній діаметр обсадних труб, м; $H_{\text{ц}}$ - висота цементного кільця в затрубному просторі, м; $h_{\text{ст}}$ - висота цементної склянки всередині колони обсадних труб, що приймається рівною 10-20 м; $K_{\text{ц}}$ - 1,2-1,3 - коефіцієнт, що враховує втрати цементного розчину та його додаткову витрату на заповнення розширень у свердловині.

Для приготування цементного розчину слід визначити потрібну кількість сухого цементу за формулою:

$$\text{Ц} = K_{\text{сц}} \frac{\gamma_{\text{ц}} \cdot \gamma_{\text{в}}}{\gamma_{\text{в}} + \left(\frac{\text{В}}{\text{Ц}}\right) \cdot \gamma_{\text{ц}}} \cdot W_{\text{ц}}, \text{ т},$$

де $\gamma_{\text{ц}} = 3,05 - 3,2 \text{ т/м}^3$ - питома щільність сухого цементу; $\gamma_{\text{в}} = 1 \text{ т/м}^3$ - питома густина води; $\text{В/Ц} = 0,3-0,5$ водоцементне відношення; $K_{\text{сц}} = 1,1-1,15$ коефіцієнт, що враховує втрати сухого цементу під час приготування розчину.

Потрібна кількість води для приготування цементного розчину дорівнюватиме:

$$\text{В} = \text{Ц} \cdot \text{В/Ц}, \text{ м}.$$

Цементний розчин в кільцеве місце потрапляє знизу, виходячи з обсадної труби шляхом продавлювання його за допомогою глинистого розчину (продавальної рідини).

Кількість рідини для продавлювання цементного розчину слід визначати за формулою:

$$W_{\text{ж}} = 0,785 K_{\text{ж}} \cdot (D_0^{\text{в}})^2 (H - h_{\text{ст}}), \text{ м},$$

де H – глибина свердловин, м; $K_{\text{ж}}$ - коефіцієнт, що враховує стиск рідини.

Тиск, який має створити буровий насос для продавлювання цементного розчину, визначається за такою формулою:

$$P = \frac{(H - h_{\text{ст}})(\gamma_{\text{цр}} - \gamma_{\text{гр}})}{10} + 0,01H + 8, \text{ кгс/см}^2,$$

де $\gamma_{\text{цр}}$ - (1,85-1,95) т/м³ - питома густина цементного розчину; $\gamma_{\text{гр}}$ - питома щільність продавочної рідини, що приймається рівною $\gamma_{\text{гр}}$ при промиванні свердловини.

ЛЕКЦІЯ 8. ГІДРОГЕОЛОГІЧНІ СПОСТЕРЕЖЕННЯ В ПРОЦЕСІ БУРІННЯ СВЕРДЛОВИН

8.1 Герметизація водоприймаючої частини свердловини

Для запобігання кільцевому зазору між надфільтровими та обсадними трубами від попадання піску застосовують сальники, які зазвичай встановлюють на надфільтровій трубі.

Кільцевий дерев'яний сальник це кільце з гострими нижніми краями. Зовнішній діаметр кільця повинен бути трохи меншим від внутрішнього діаметра обсадних труб, а внутрішній діаметр - трохи більше зовнішнього діаметра фільтрової труби.

Кільце висотою 0,4-0,5 м, що опускається в свердловину, вводять загостреним нижнім краєм в зазор між надфільтровою і обсадною трубами і забивають ударами зверху. У воді дерево розбухає і щільно закриває проміжок.

Гумовий розтискний сальник (рис. 8.1) виготовляють в такий спосіб.

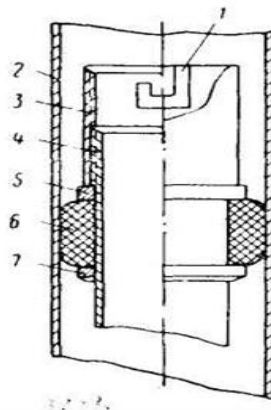


Рисунок 8.1 – Сальник гумовий розтискний: 1 -виріз для спускового гака; 2 – обсадна труба; 3 – муфта; 4 - надфільтрова труба; 5 - кільце; 6 – гумовий циліндр; 7 – опорне кільце.

На трубі 4 зміцнюють опорне кільце 7 з бортиком. На верхньому кінці труби є різьблення, на яку нагвинчують муфту 3. Нижче муфти поміщають кільце 5, що вільно переміщається по трубі. На верхньому кінці муфти 3 роблять виріз спускового гака. Між кільцями 5 і 7 поміщають гумовий циліндр 6. Обертаючи

бурильні труби направо, муфту 3 нагвинчують на трубу 4. Муфта 3 натискає на кільце 5, яке поступово стискає гумовий циліндр 6. Коли гумовий циліндр при розширенні упреться муфти 3 вниз стане скрутним; отже, кільцевий зазор вище фільтра буде закритий гумовим циліндром, затиснутим між кільцями.

Прядив'яний сальник. Верхній край надфільтрового патрубка має різьблення довжиною в три рази більше за стандартну для труби відповідного діаметра. Муфта з подвійним Г-подібним вирізом для спускового гака повинна мати різьблення вдвічі довше за стандартне. Сальниковий пристрій складається з муфти та надфільтрового патрубка, на якому на 0,3-0,4 м нижче різьбової частини приварено опорне кільце, що ущільнює грандбукси та прядив'яну сальникову набивку. Встановивши фільтр на забій свердловини, муфту обертають спусковим гаком вправо, грандбукса рухається вниз і ущільнює набивання сальнику в кільцевому зазорі.

Зазор більше 50 мм між зовнішнім діаметром надфільтрової труби та внутрішнім діаметром обсадної робочої колони закривають перехідним прядив'яним патрубком-сальником. Діаметр його в нижній частині дорівнює діаметру надфільтрової труби, у верхній - на 50 мм менше діаметра обсадних труб.

8.2 Спостереження в процесах буріння

У процесі буріння свердловин на воду потрібно проводити гідрогеологічні спостереження.

Гідрогеологічні спостереження під час ударно-канатного буріння.

Положення рівня води в свердловині фіксують не менше чотирьох разів на зміну: на початку зміни перед спуском інструменту; перед перервою на обід, після підйому інструменту; після перерви; наприкінці зміни. Рівень води в свердловині вимірюють хлопавкою або електрорівнеміром від краю обсадної труби з фіксацією положення щодо гирла свердловини.

Непрямими показниками та ознаками розкриття та проходження свердловини водоносного горизонту служать:

- склад порід, типовий для водоносних горизонтів (піски, гравій, галечники, крейда, вапняки, доломіт і т. д.).
- значна швидкість відновлення рівня води у свердловині після чищення вибою желонкою з відливом води на поверхню;
- «чистота» вибою при бурінні в скельних породах – вапняках, доломітах, пісковиках та ін.

Для попередньої оцінки ступеня водорясності розкритого водоносного горизонту доцільно в процесі буріння перевірити тартання желонкою зі спостереженнями за часом повного відновлення рівня, зниженого при тартанні.

Гідрогеологічні спостереження при роторному бурінні повинні включати такі комплекси робіт:

- заміри рівня води у свердловині перед спуском та після підйому інструменту;
- визначення поглинання промивної рідини, що є непрямою ознакою розкриття водоносних горизонтів;
- фіксування провалів бурового інструменту, що свідчать про розкриття великих тріщин і каверн;
- визначення самовиливу води у разі розкриття водоносних горизонтів, що мають натиск.

8.3 Випробовування водоносних пластів. Застосування ерліфтів

У процесі буріння свердловин на воду виробляють різні види відкачування води.

Відкачування проводять для того, щоб очистити воду від домішок, виваженої породи, каламуті, а також встановити дебіт свердловини та підготувати її до експлуатації. Опробування свердловин включає прокачування, пробно-експлуатаційну та дослідну відкачку

Прокачування потрібно для очищення свердловини від шламу та глинистого розчину. У період прокачування роблять виміри витрати і рівня води, ведуть спостереження за ступенем освітлення води, що відкачується, і кількістю породи,

що виноситься з водою. Прокачування проводять протягом декількох годин найчастіше желонкою, ерліфтом або відповідним насосним обладнанням. Прокачування потрібне і як допоміжна робота перед пробно-експлуатаційним або дослідною відкачкою. Дані прокачування застосовуються для орієнтовної оцінки водообильності розкритого водоносного горизонту.

Пробно-експлуатаційна та дослідна відкачка є самостійними роботами та проводяться при випробуванні свердловини.

Для встановлення можливості отримання запроектованого дебіту застосовують пробно-експлуатаційні відкачки, за результатами яких вибирають обладнання для дослідної відкачки та визначають її режим. Допускають також відкачку з одним зниженням рівня за умови отримання запроектованого дебіту.

Дослідна відкачка дозволяє визначити продуктивність свердловини, стійкість дебіту, радіус впливу, зв'язок наміченого до експлуатації пласта з поверхневими водами або суміжними водоносними горизонтами, а також встановити взаємодію між свердловинами, що розташовані поблизу.

Відкачки слід вести не менше ніж при двох зниженнях з дебітом, що становить при більшому зниженні 75% проектної продуктивності.

Тривалість відкачки зі свердловини, як правило, повинна становити 1-3 доби на кожне зниження. При цьому необхідно досягти повного освітлення води та стабільності зниження рівня при певному дебіті.

В окремих випадках тривалість відкачки може бути більш тривалою у зв'язку з інтенсивним виносом дрібних піщаних фракцій з фільтрових обсіпок і водоносного горизонту.

Тривалість дослідної відкачки залежить від характеристик водоносних порід, гідравлічного режиму та кількості випробуваних свердловин.

За даними відкачок складається графік залежності дебіту від глибини зниження рівня $Q=f(S)$.

Якщо при побудові графіка за даними відкачок виходить увігнута лінія (рис. 8.2, а), тобто, зі збільшенням зниження питомий дебіт зростає, (що насправді

не може бути), це свідчить про дефекти відкачки (помилки при вимірах дебіту чи зниження).

Графік типу II (рис. 8.2, б) показує, що дебіт у напірному горизонті зростає за законом прямої, а питомий дебіт є постійною величиною.

Графік типу III (рис. 8.2, в) показує, що водоносний горизонт є безнапірним.

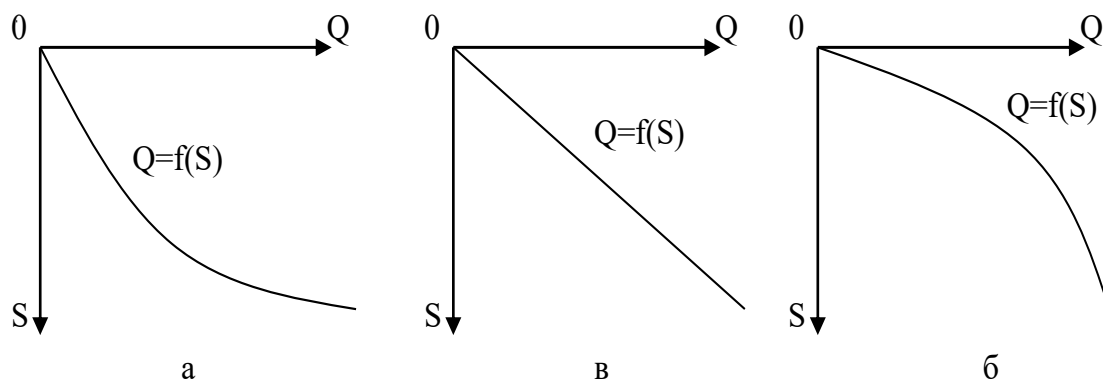


Рисунок 8.2 – Графіки залежності дебіту від зниження рівня води в свердловині

У більшості випадків випробування свердловини проводять за допомогою ерліфта.

Розрахунок роботи ерліфта при випробуванні свердловини полягає у визначенні глибини занурення змішувача та тиску повітря при пуску та нормальній роботі компресора. Глибина занурення змішувача:

$$U = K \cdot h_{\text{дин}}, \text{ м,}$$

де K - коефіцієнт занурення - залежить від глибини динамічного рівня; $h_{\text{дин}}$ - відстань від поверхні землі до динамічного рівня (дано в попередніх розрахунках).

Питома витрата повітря м^3 на 1 м^3 води:

$$V_0 = \frac{h_{\text{дин}}}{C \cdot \lg \frac{(K-1)+10}{10}}$$

де C - дослідний коефіцієнт, приймається за таблицею залежно від $h_{\text{дин}}$.

Повна витрата повітря:

$$W = \frac{Q \cdot V_0}{60}, \text{ м}^3 / \text{хв,}$$

де Q - розрахунковий дебіт однієї свердловини, м³/годину.

Необхідна витрата повітряно-водяної емульсії на виливі:

$$q = \frac{Q}{360} + \frac{W}{60}, \text{ м}^3/\text{с}$$

Необхідний тиск повітря в момент запуску компресора:

$$P_0 = 10^{-6} q \cdot \rho_v \cdot (U - h_{\text{ст}} + 2), \text{ МПа},$$

де q, U - див. попередні розрахунки; ρ_v - щільність води, що приймається 1000 кг/м³; $h_{\text{ст}}$ - відстань від поверхні землі до статичного рівня води, м;

Тиск повітря в процесі роботи компресора:

$$P = 10^{-6} q \cdot \rho_v \cdot [h_{\text{дин}} (K - 1) + 5], \text{ МПа}.$$

Вибір методу очищення та дезінфекції свердловини залежить від багатьох факторів, включаючи якість води у свердловині, наявність забруднювачів у воді, а також умови експлуатації свердловини.

Наприклад, хлорування є найпоширенішим методом дезінфекції свердловин, який забезпечує ефективну боротьбу з більшістю мікроорганізмів у воді. Однак, для деяких типів бактерій, у тому числі *Legionella pneumophila*, хлорування може виявитися неефективним. У такому випадку може бути використане озонування або ультрафіолетове опромінення.

При виборі методу очищення та дезінфекції свердловини також необхідно враховувати особливості конструкції свердловини та можливі труднощі у проведенні процедури.

Очищення та дезінфекція свердловин повинні проводитися не рідше одного разу на рік. Однак, якщо якість води у свердловині погіршується або у воді виявлено бактерії або інші забруднювачі, процедуру очищення та дезінфекції необхідно проводити частіше.

Також слід враховувати, що регулярність проведення очищення та дезінфекції може залежати від особливостей конкретної свердловини та умов її експлуатації. Наприклад, якщо свердловина знаходиться на території з високим

забрудненням або її вода використовується для виробничих потреб, процедури очищення та дезінфекції можуть знадобитися частіше, ніж раз на рік.

Таким чином, регулярність проведення очищення та дезінфекції свердловин має визначатися на основі індивідуального аналізу якості води, умов експлуатації свердловини та вимог нормативних документів. Рекомендується звернутися до фахівців для консультації та проведення процедури очищення та дезінфекції відповідно до чинних норм та правил.

8.4 Дезінфекція свердловин

Для дезінфекції можна використовувати будь-які придатні для цієї мети препарати, що дезінфікують, дозволені до застосування в Україні. Найчастіше цих цілей використовують хлорсодержащие препарати - хлорне вапно чи двотретьосновную сіль гіпохлориту кальцію (ДТСГК).

Дезінфекція свердловин за епідемічними показниками включає попередню дезінфекцію свердловин; очищення свердловин; повторну дезінфекцію свердловин.

Перед дезінфекцією свердловин розрахунковим методом визначають обсяг води у ній (м^3) шляхом множення площі перерізу (м^2) на висоту водяного стовпа (м).

Потім проводять зрошення з гідропульта зовнішньої та внутрішньої частини ствола-шахти 5%-ним розчином хлорного вапна або 3%-ним розчином ДТСГК з розрахунку 0,5 л на 1 м^2 поверхні.

Знаючи об'єм води в свердловині, проводять дезінфекцію її нижньої (водної) частини шляхом внесення препаратів, що містять хлор, з розрахунку 100 - 150 мг (гр) активного хлору на $1 \text{ л} (\text{м}^3)$ води.

Воду ретельно перемішують і залишають свердловину на 1,5-2 години, не допускаючи забору води з неї.

Розрахунок кількості хлорного вапна або ДТСГК, необхідного для створення у воді заданої дози активного хлору (100 - 150 мг (гр) на 1 л (м³)), проводять за формулою:

$$P = \frac{E \cdot C \cdot 100}{H},$$

де P - кількість хлорного вапна або ДТСГК, г; C - задана доза активного хлору у воді колодязя, мг/л (г/м³); E - об'єм води у колодязі, м³; H - вміст активного хлору в препараті, %; 100 – числовий коефіцієнт.

Очищення свердловини проводиться через 1,5-2 години після попередньої дезінфекції.

Очищення та дезінфекція свердловини є необхідною процедурою для забезпечення якісної питної води. При виборі методу очищення та дезінфекції слід враховувати якість води, наявність забруднювачів та особливості конструкції свердловини. Регулярне очищення та дезінфекція свердловини допоможуть забезпечити безпечну та чисту воду для споживання.

ЛЕКЦІЯ 9. ЗОНИ САНІТАРНОЇ ОХОРОНИ ВОДОЗАБІРНИХ СВЕРДЛОВИН

9.1 Призначення зон санітарної охорони

Для збереження питної якості води водозабори підземних вод повинні розташовуватися, як правило, поза територією промислових підприємств та населених пунктів. Крім того, для запобігання забруднення водозабору в його околиці встановлюється зона санітарної охорони (ЗСО), де здійснюються спеціальні заходи, що виключають можливість надходження забруднень у водозабір та водоносний пласт.

При організації ЗСО враховується вид забруднень (мікробне, хімічне), що визначає їх стійкість (стабільність) і у зв'язку з цим можливу довжину шляху просування у водоносному шарі, що залежить також від їх кількості та гідрогеологічних факторів, але при цьому обмежується часом їх виживання.

При визначенні розмірів ЗСО водозаборів підземних вод, а також складу санітарно-оздоровчих та захисних заходів у їх межах мають враховуватися продуктивність, тип водозабору та гідрогеологічні умови, зокрема природна захищеність підземних вод від поверхневого забруднення. Захищеність експлуатованого водоносного горизонту залежить від можливості та інтенсивності надходження до нього забруднених вод із поверхні землі або з річок, озер та інших водойм.

До захищених підземних вод відносяться напірні та безнапірні міжпластові води, які мають у межах всіх поясів у ЗСО суцільну водостійку покрівлю, що виключає можливість місцевого живлення з недостатньо захищених водоносних горизонтів або з поверхні землі.

До недостатньо захищених підземних вод належать:

а) ґрунтові води, тобто підземні води першого від поверхні землі безнапірного водоносного горизонту, що отримує живлення на площі його розповсюдження;

б) напірні та безнапірні міжпластові води, які в природних умовах або внаслідок зниження напору (рівня) при експлуатації водозабору отримують живлення на площі ЗСО із недостатньо захищених водоносних горизонтів.

У випадках, коли товща порід, що залягає над водоносним горизонтом, не забезпечує природну захищеність підземних вод від поверхневого забруднення, захист водозабору в межах ЗСО реалізується спеціальними заходами. Необхідно, щоб можливі джерела забруднення були віддалені від кордонів ЗСО на відстань, при якому тривалість руху забруднень пластом до водозабору буде в межах від 100 до 400 діб для мікробних, 25-50 років для хімічних забруднень.

9.2 Облаштування зон санітарної охорони

Зона санітарної охорони водозабору — це територія, де запроваджується особливий санітарно-епідеміологічний режим з метою збереження якості води джерела водопостачання та забезпечення охорони водопровідних систем, відповідно до Водного кодексу України. Межі зон санітарної охорони підземного джерела водопостачання визначаються проектом зон санітарної охорони водозабору. Проект зон санітарної охорони розробляється для всіх водозаборів, які використовують підземні води водоносних горизонтів, розташованих за розрізом нижче порід зони аерації.

Проект зон санітарної охорони свердловини повинен бути розроблений одразу після буріння і облаштування свердловини або після проведення робіт з геолого-економічної оцінки запасів підземних вод водозабору. У відповідності до статей 35, 36 Закону України про питну воду та питне водопостачання, зони санохорони водозаборів складаються з трьох поясів, де встановлюються особливі умови використання території: *перший пояс* – зона суворого режиму; *другий пояс* – зона обмеження; *третій пояс* – зона спостереження.

Зона суворого режиму (І-й пояс) призначена для захисту місця розташування свердловин та споруд, які їх обслуговують, від випадкового чи свідомого забруднення і пошкодження. Зона суворого режиму включає в себе територію розташування водозабору та будівлі і устаткування, необхідні для його

експлуатації. Розмір зони санітарної охорони суворого режиму водозабору обумовлюється тільки природною захищеністю водоносного горизонту або комплексу, який експлуатується цим водозабором. Під природною захищеністю підземних вод мається на увазі виражений в певних категоріях (час міграції, бал або індекс) ризик забруднення водоносного горизонту (комплексу) при потраплянні забруднення на поверхню землі в природних умовах.

Захищеність водоносного горизонту (комплексу) залежить від гідрогеологічних умов та фізико-хімічних властивостей середовища. До захищених вод належать підземні води з водоносних горизонтів, що в своїй покрівлі мають суцільну водонепроникну товщу у межах всіх поясів зони і яка виключає можливість перетікання вод з недостатньо захищених від забруднення водоносних горизонтів, що залягають вище за розрізом. Для території України в 80–90 роки XX століття були побудовані та видані пообласні карти природної захищеності підземних вод Української РСР масштабу 1:200 000, де оцінювалась природна захищеність підземних вод. За даними, винесеними на ці карти, можна встановити стан природної захищеності підземних вод певної точки ділянки надр.

Межі першого поясу зони санітарної охорони водозабору встановлюються від поодинокій свердловини (чи шахтного колодязя, каптажу тощо) або від крайньої водозабірної споруди, якщо це група, на відстані:

- для підземних вод захищених водоносних горизонтів – радіусом 30 м;
- для водозаборів, що розташовані на ділянці, де забруднення підземних вод або ґрунтів неможливе, а також для водозаборів, розташування яких передбачає сприятливі гідрогеологічні, топографічні та санітарні умови, допускається встановлювати розмір зони суворого режиму радіусом не менше 15 та 25 м відповідно.

В межах першого поясу ЗСО ділянка надр повинна бути спланована, огорожена, озеленена, на ній має бути змонтована охоронна сигналізація, за межі цього поясу відведені стічні води у найближчу систему каналізації, будівлі мають бути каналізовані.

Відповідно до Постанови КМУ від 18 грудня 1998 року № 2024 на території зони суворого режиму водозабору забороняється:

- знаходження сторонніх осіб;
- розташування будь-яких споруд, що не пов'язані з видобуванням підземних вод;
- проведення всяких будівельних та монтажних робіт, які прямо не пов'язані з будівництвом водозабірних і водопровідних споруд та мереж, їх реконструкцією та експлуатацією;
- використання мінеральних і органічних добрив, пестицидів;
- споруджування трубопроводів;
- скидання будь-яких стічних вод;
- пасти худобу;
- вирубати ліс.

Дотримання режиму першого поясу зони санітарної охорони джерел водопостачання забезпечується власником водозабору або підприємством, що здійснює водопостачання.

Території, призначені для попередження забруднення води джерел водопостачання належать до другого та третього поясів (пояси обмеження та спостереження).

Другий пояс зони санітарної охорони облаштовується для захисту підземних вод від мікробного забруднення. Розмір другого поясу визначається гідродинамічними розрахунками, які описують фізичні явища в рідині, що рухається, і враховують час просування і виживання мікроорганізмів. Розрахунковий час (100, 200, 400 діб) залежить від щільності бактеріального забруднення та особливостей кліматичних зон.

У межах поясу обмеження зони санітарної охорони повинні:

- регулюватись виділення територій під забудову поселень, споруджень закладів лікувально-профілактичних та оздоровчих, сільськогосподарських і промислових об'єктів;

- проводитись упорядкування територій промислових і сільськогосподарських об'єктів, поселень та окремих споруд, здійснюватися їх централізоване водопостачання. На об'єктах мають бути облаштовані каналізація і відведення забруднених поверхневих вод тощо;
- регулюватись спорудження нових свердловин.

В разі виявлення несправних, дефектних або таких, що неправильно використовуються, свердловин та шахтних колодязів, які створюють загрозу забруднення водоносного горизонту, що експлуатується, необхідно проводити їх тампонування чи відновлення. Якщо виробництво підприємств пов'язано з ризиком забруднення стічними водами підземних вод, необхідно, по можливості, змінити технологію виробництва цих підприємств. Область захоплення водозабору збільшується в процесі експлуатації водозабору і відповідно становище меж ЗСО змінюється разом із збільшенням тривалості роботи водозабору.

У межах другого поясу ЗСО забороняється:

- забруднювати територію будь-яким сміттям чи відходами;
- розташовувати об'єкти, які загрожують хімічним забрудненням джерелам водопостачання. До таких об'єктів можуть належати склади пестицидів, мінеральних добрив і паливно-мастильних матеріалів;
- облаштовувати об'єкти, які можуть створювати загрозу мікробного забруднення джерел водопостачання. До таких об'єктів можна віднести: птахівничі та тваринницькі підприємства та інші сільськогосподарські об'єкти, силосні траншеї, гноєсховища, наземні поля фільтрації, поля асенізації, скотомогильники, кладовища;
- зберігати і використовувати мінеральні добрива та пестициди;
- закачувати відпрацьовані (зворотні) води у підземні горизонти, складувати у підземних сховищах тверді відходи та розробляти надра;
- проводити головну рубку лісу.

У межах третього поясу зони санітарної охорони забороняється:

- закачувати відпрацьовані (зворотні) води у підземні горизонти з метою їх захоронення, складувати тверді відходи у підземні сховища та розробляти надра;
- розташовувати склади речовин, які можуть створювати загрозу хімічного забруднення підземних вод. До таких речовин належать паливно-мастильні матеріали, добрива та пестициди;
- розміщувати накопичувачі промислових стічних вод, нафтопроводи та продуктопроводи.

Забезпечувати дотримання вимог до режиму другого та третього поясів зон повинні місцеві органи виконавчої влади та органи місцевого самоврядування відповідно до їх повноважень, а також власники або користувачі земельних ділянок, яким належать території цих зон. Результати розрахунків розмірів зон санітарної охорони водозабору підземних вод використовуються при розробці проекту технологічної схеми розробки родовища або ділянки родовища, звіту з оцінки впливу на довкілля видобування підземних вод на родовищі чи ділянці родовища та в інших роботах.

9.3 Розрахунки зон санітарної охорони

Для практичних розрахунків ЗСО область захоплення водозабірних споруд схематизується у вигляді прямокутника шириною та загальною довжиною L , причому (рис. 9.1).

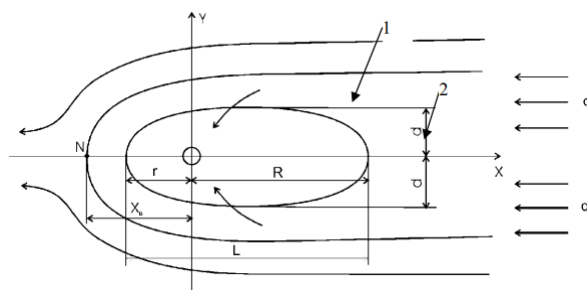


Рисунок 9.1 – Схема зони санітарної охорони водозабору

Розмір $2d$ приймається рівною максимальній ширині області захоплення водозабору.

Протяжність ЗСО вгору по потоку повинна бути такою, щоб частинки води, віддалені від водозабору на відстань K досягли водозабору лише до кінця розрахункового часу T , що відраховується від початку включення водозабору ($T = T_m$ при розрахунку межі другого пояса ЗСО, $T = T_x$, при розрахунку третього пояса ЗСО).

Відстань R доцільно подати у вигляді

$$R = R_q + \Delta R,$$

де R_q - відстань, що долається частинками води під час руху зі швидкістю природного потоку, питома витрата якого q ; ΔR - додаткова відстань, яку проходить частка йоди при експлуатації водозабору.

Вниз по потоку підземних вод кордон ЗСО, як правило, проводиться через роздільну точку N . Але в тих випадках, коли відстань від водозабору до точки N велика і час руху частинок води від неї до водозабору більший за розрахунковий час T , положення кордону ЗСО зміщується ближче до водозабору на відстань g від водозабору.

У безнапірних водоносних горизонтах, а також у неглибоких напірних, що залягають.пластах, перекритих зверху слабопроникними відкладеннями щодо положення межі другого пояса ЗСО для захисту від мікробного забруднення в окремих випадках, доцільно враховувати част t_0 просочування забруднених вод по вертикалі до основного експлуатаційного пласта, тобто приймати $T = T_m - t_0$. Якщо $t_0 > T_m$, водоносний обрій захищений від мікробних забруднень.

Величина t_0 приблизно може бути визначена за такими формулами:

а) при малій інтенсивності інфільтрації забруднених вод ε ($\varepsilon < k_0$, k_0 - коефіцієнт фільтрації порід зони аерації); тобто, коли інфільтрація відбувається неповним насиченням пор водою,

$$t_0 \approx n_0 \cdot m_0 / \sqrt[3]{\varepsilon^2 \cdot k_0}$$

б) при значній інтенсивності інфільтрації ε ($\varepsilon > k_0$), тобто, при інфільтрації з повним насиченням пор,

$$t_0 \approx n_0 \cdot m_0 / k_0$$

в) при дво-трьохшаровій будові водоносної товщі

$$t_0 \approx n_0 \cdot m_0^2 / (k_0 \Delta H).$$

У формулах (97)-(99) m_0 і n_0 - потужність та активна пористість порід над експлуатованим горизонтом (у випадках «а» і «б» - це породи зони аерації, у разі «в» - породи верхнього слабопроникного шару), ΔH - різниця рівнів води основного експлуатованого і вищележачого живлячого шарів.

Параметри k_0 , m_0 і n_0 слід визначати під час розвідки підземних вод. На ранніх стадіях досліджень (вибір водоносного горизонту, ділянки розташування водозабору) за відсутності експериментально визначених значень зазначених параметрів останні приймаються за літературними даними з урахуванням підвищеної водопроникності покривних відкладень та порід зони аерації.

ЛЕКЦІЯ 10. ЕКСПЛУАТАЦІЯ ВОДОЗАБІРНИХ СВЕРДЛОВИН

10. 1 Приймання свердловин в експлуатацію

При здачі свердловин в експлуатацію будівельно-монтажна організація представляє приймальній комісії проектну та виконавчу технічну документацію, а також:

- паспорт свердловини, що містить дані про роботу та координати розташування свердловин, абсолютну відмітку гирла, витрату води, призначення та особливі вимоги до свердловини;
- геологічне опис, що висвітлює загальногеологічну, стратиграфічну характеристики всіх пройдених при бурінні горизонтів;
- опис конструкції свердловин, способу буріння та типу верстата, каротажної діаграми, докладний опис фільтру, виробленої цементації та дані відкачування з експлуатаційного горизонту.

До паспорта свердловини додають: акт закладання свердловини, акт встановлення фільтрової колони, акт на цементацію обсадних колон, геологічний розріз свердловини, каротажну діаграму, журнал дослідної відкачки, дані про результати хімічних та бактеріологічних аналізів води з укладанням органів санітарно-епідеміологічної служби, гарант адресою підрядника.

Не допускається приймання свердловин, не обладнаних зоною санітарної охорони, павільйоном насосної станції, герметизуючим оголовком, водонапірною баштою або резервуаром, а також системою автоматичного керування занурювальним електронасосом.

У процесі приймання свердловин обов'язково повинні проводити пробне відкачування та випробування насосної установки.

Для підготовки свердловин до постійної експлуатації, встановлення фактичної продуктивності, визначення якості води, очищення води від сторонніх

домішок, піску та каламуті проводять випробування свердловин шляхом пробних відкачування.

Пробні відкачування здійснюються безперервно протягом кожного ступеня зниження із вимірами продуктивності, статичного та динамічного рівнів води.

При відкачках слід дотримуватися такі правила: в пухких породах відкачування починається з мінімальних зниження рівня води з поступовим переходом великі пониження; у скельних породах відкачування проводиться у зворотному порядку.

Кількість води, що відкачується при пробному відкачуванні з експлуатаційного водоносного шару, повинна становити не менше 75%, в окремих випадках - не менше 50% проектної продуктивності.

Дослідна відкачка проводиться не менше ніж з двома зниженнями рівня води.

Тривалість дослідного відкачування визначається часом, необхідним: для досягнення практично постійного динамічного рівня води при даному дебіті свердловини;—

для одержання освітленої води, звільненої від механічних домішок; задля досягнення стабільності хіміко-бактеріологічних показників аналізів води.

Після досягнення постійного динамічного рівня (при постійному дебіті) та належного освітлення води безперервне відкачування повинно проводитися для кожного зниження не менше 24 годин. При режимі, що не встановився, відкачування на кожне зниження рекомендується проводити не менше трьох діб.

Якщо є побоювання можливого погіршення якості води, що отримується зі свердловини, необхідна тривалість відкачування встановлюється особливо.

Проби води для хімічного аналізу відбираються у процесі відкачування щонайменше двічі при кожному зниженні. Відкачування припиняється не раніше практичної стабілізації хімічного складу води.

Проба на бактеріологічний аналіз береться в середині та наприкінці відкачування представником органів державного санітарного нагляду.

Роботи з дослідних відкачувань повинні фіксуватися в журналах відкачування, а результати відкачування - оформлятися актами.

При самовиливі води зі свердловини у кількості, близькій до розрахункової продуктивності свердловини, відкачування замінюється вимірами кількості води, що самовиливається.

При влаштуванні безфільтрових водоприймальних частин свердловин дослідні відкачування виробляються аналогічно відкачкам із свердловин із фільтровими водоприймальними частинами. Неодмінна умова експлуатації таких свердловин - безперервний і рівномірний режим відкачування, що унеможлиблює порушення кута природного укосу водоносної породи.

У процесі експлуатації в паспорт водозабірних споруд вносять результати реальних перевірок, огляду технічного стану, аналізів води, дані про заміну обладнання, перебудови у схемі комунікацій, ремонти та ін.

Крім того, при прийманні свердловин перевіряють: розташування обсадних труб (відмітки низу-верху), вертикальність стовбура, кріплення насосного агрегату до нижнього фланця опорної плити, комплектність водопідйомного обладнання з автоматикою пуску, якість виконання бетонного фундаменту для опорної плити, положення електроприводу та його кріплення до водопідйомної труби, правильність монтажу напірного трубопроводу (на ділянці від водозабірної споруди до збірного резервуару) та наявність на ній запірної засувки, зворотного клапана, манометра, водоміру та крана для взяття проб води.

Після закінчення перевірки та виконання налагоджувальних та регулювальних робіт у присутності комісії провадиться повторний пуск свердловини у потрібному експлуатаційному режимі.

10.2 Технічне обслуговування водозабірних свердловин

Експлуатація свердловини проводиться працівниками господарства, якому належить свердловина. Працівник повинен пройти спеціальну підготовку на

проведення робіт з експлуатації свердловин на воду та мати посвідчення на право ведення експлуатації свердловини.

До обов'язку працівника господарства входить виконання наступних операцій та правил:

1. Пуск в експлуатацію насоса та його зупинка;
2. Спостереження за електровимірювальними приладами;
3. Недопущення до експлуатації свердловини сторонніх осіб та охорона від пошкодження.

Вимірювання дебіту, статичного та динамічного рівнів, гирлового тиску, напруги в мережі, частоти та сили струму; визначення появи піску у воді; Ці операції мають бути приурочені до періодичних контрольних перевірок свердловин раз на квартал.

При зниженні якості води у свердловині (особливо, якщо зазначено появу бактерій), подача води споживачам має бути негайно припинена. Відновлення якості води (див. розділ «Дезінфекція свердловин») має виконуватися під наглядом представників санепідстанції.

Необхідно негайно припиняти експлуатацію свердловини та повідомляти про її аварійний стан водогосподарської організації у тих випадках, коли у воді з'являється пісок або відбувається падіння динамічного рівня до верхньої частини занурювального насоса.

Технічне обслуговування свердловини проводиться з метою збільшення загального та міжремонтного терміну експлуатації, значного скорочення складних та дорогих ремонтних робіт та збільшення часу роботи насосів.

Тривала робота свердловини залежить від своєчасного технічного догляду. До складу робіт з технічного догляду повинні входити заходи щодо організації регулярного профілактичного догляду та контролю за експлуатацією свердловини.

Профілактичний догляд складається з їх технічного обслуговування, контролю та своєчасного проведення профілактичних ремонтів.

Свердловина оглядається з метою:

- ознайомлення з технічним станом та перевірки справності наземного обладнання, електровимірювальних приладів, наявності рівнеміру, манометра та водоміру;
- організації робіт із усунення дрібних несправностей;
- проведення контрольних вимірів дебіту, гирлового тиску, статичного та динамічного рівнів;
- визначення наявності піску у воді, ступеня падіння питомого дебіту, висоти водяного стовпа над працюючим насосом; обсягу відкаченої води за час експлуатації свердловини, залізобактерій у воді;
- перевірки роботи електровимірювальних приладів, автоматів, режиму електричної мережі; заповнення журналу з експлуатації свердловини та ступеня підготовленості працівників, що безпосередньо експлуатують свердловини;
- пломбування свердловини.

На підставі отриманих даних водогосподарська організація проводить аналіз існуючого технічного стану свердловини та планує проведення ремонтних робіт.

Раз на рік у період, який визначається місцевими умовами, проводять генеральну перевірку стану свердловини, обладнання та всіх трубопроводів.

Результати перевірки та випробувань заносять у паспорт свердловини.

При генеральній перевірці стану свердловини та обладнання встановлюють ступінь їх зносу, причини зміни продуктивності водоприймачів, якості води та гідрогеологічних умов експлуатації водоносного горизонту, стан обсадних труб та водоприймаючої частини та ін. На підставі результатів перевірки призначають вид ремонту та вживають заходів для забезпечення умов нормальної експлуатації.

Під час генеральної перевірки визначають продуктивність кожної свердловини одиночними чи груповими відкачуванням води.

Несправності свердловини можуть спричинити бій зміну статичного та динамічного рівнів, питомого дебіту, якості води та призвести до різкого зменшення її продуктивності.

Типові причини зменшення продуктивності водозабірних свердловин наведено у табл. 10.1.

Таблиця 10.1 – Типові ознаки несправності водозабірних свердловин та причини зменшення їх продуктивності

Ознаки несправності			Можливі причини зменшення продуктивності свердловин
за рівнем води		за питомим дебітом	
статичному	динамічному		
Без зміни	Вище, ніж раніше	Менше, або дещо більше початкового	Несправність насосу
Постійне зниження	Постійне зниження	Без зміни	Збільшення районної депресії
Періодичне зниження	Періодичне зниження	Без зміни раніше	Вплив роботи сусідніх свердловин
Без зміни раніше	Нижче, ніж раніше	Зменшений	Несправність водоприймаючої частини свердловини
Нижче, ніж раніше	Без зміни або нижче, ніж раніше	Майже без зміни або менше початкового	Витік води через пошкоджені місця в обсадних трубах на ділянці вище динамічного рівня

Зниження дебіту свердловини найчастіше відбувається через несправності водоприймальної частини, які виникають в результаті перекриття фільтрів піщаною пробкою або закупорювання водоприймаючої області хімічними механічними та бактеріологічними опадами.

Про технічний стан фільтра судять за наявності осаду та крупності частинок піску в пробі води. Якщо в осаді є великі зерна і фракційний склад його збігається з даними механічного аналізу піску водоносного пласта, це свідчить про пошкодження сітки фільтра або сальника.

10.3 Спостереження за станом підземних вод

Спостереження за роботою водозаборів та режимом підземних вод під час експлуатації.

На водозабірних свердловинах протягом усього періоду їх експлуатації повинні проводитись спостереження за режимом рівнів, температури, хімічного складу підземних вод та за дебітом.

Метою режимних спостережень є:

а) виявлення характеру зміни природного режиму підземних вод під впливом водовідбору;

б) визначення оптимального режиму експлуатації водозабору;

в) своєчасне запобігання можливому погіршенню якості підземних вод на ділянці водозабору;

г) оцінка впливу експлуатації водозабору на існуючі водозабори підземних вод, а також на поверхневі водні джерела та економічні умови цього району;

д) накопичення досвіду експлуатації споруд із забору підземних вод у різних гідрогеологічних умовах та вирішення питань, пов'язаних з розширенням водопостачання в даному районі та спорудженням нових водозаборів в аналогічних гідрогеологічних умовах.

Водозабірні свердловини повинні бути обладнані пристроями для систематичних спостережень за рівнем і дебітом води в кожній свердловині, повинна бути створена також мережа спостережних свердловин на прилеглій території, водомірні пости на виходах підземних вод на поверхню, на водотоках і водоймищах: пов'язаних з експлуатованим водоносним горизонтом.

Будівництво режимної мережі та спостереження за нею ведуться за рахунок коштів власника водозабору.

Спостереження повинні бути розпочаті до введення водозабору в експлуатацію, з тим мати дані про режим рівнів води, не порушений роботою водозабору.

Схема розташування спостережних пунктів, їх кількість, конструкція та частота спостережень визначаються типом підземних вод, умовами живлення водоносного горизонту, санітарним станом ділянки, схемою та конструкцією водозабору та режимом експлуатації.

На водозаборах, що складаються з ряду свердловин спостережні свердловини в межах водозабору та в зоні його впливу доцільно розташовувати по поперечниках перпендикулярно до лінії водозабору з розрахунку 1-2 діаметри на 1 км фронту водозабору. При значній довжині водозабору (понад 5 км) відстань між діаметрами може бути збільшена до 2-3 км. Одна із спостережних свердловин на кожному поперечнику повинна припадати на лінію водозабору та розташовуватися між експлуатаційними свердловинами. Крок між спостережливими свердловинами на поперечнику призначається залежно від морфології ділянки водозабору, потужності водоносного горизонту, що експлуатується, продуктивності водозабору, ширини зони його впливу.

На водозаборах, що складаються з групи будь-яким чином розташованих свердловин, що взаємодіють, спостережні свердловини слід розміщувати між експлуатаційними свердловинами і в зоні впливу водозабору.

За наявності в районі водозабору вогнищ можливого забруднення підземних вод спостережні свердловини розташовуються лініями від вогнища до водозабору.

Для виявлення взаємозв'язку експлуатованого водоносного горизонту з нижнім верхнім водоносними горизонтами останні також включаються в режимні спостереження спеціальним свердловин як на ділянці водозабору, так і в зоні його впливу.

Конструкції свердловин для спостережень за режимом того чи іншого водоносного горизонту повинні надійно унеможливлувати вплив на результати спостережень інших горизонтів, а також дощових та талих вод.

Глибину спостережних свердловин режимної мережі слід приймати:

у водоносному горизонті з вільною поверхнею (безнапірним) при глибині експлуатаційних свердловин до 15 м-тої ж глибини, що й глибина експлуатаційних свердловин;

у водоносному горизонті з вільною поверхнею при глибині експлуатаційних свердловин більше 15 м глибина спостережної свердловини обмежується положенням верху робочої частини її фільтра на $\frac{2}{3}$ м нижче за можливий нижчий динамічний рівень води у водоносному горизонті з урахуванням довжини робочої частини фільтра і відстійника;

у напірних водоносних горизонтах при динамічному рівні вище їхньої покрівлі робоча частина фільтра спостережних свердловин повинна розташовуватися у верхній частині водоносного горизонту; при частковому осушенні пласта верх фільтра спостережної свердловини повинен бути на 2-3 м нижче динамічного рівня води у водоносному горизонті;

у водоносних безнапірних пластах, експлуатація яких розрахована на спрацювання статичних запасів, верх робочої частини фільтра повинен бути на 2-3 м нижче за положення динамічного рівня води у водоносному пласті до кінця розрахункового терміну експлуатації водозабору; при значній величині спрацювання рівня, повільному і тривалому його зниженні, що вимірюється десятками років, глибину свердловин мережі режимних спостережень можна призначити відповідно до глибини спрацювання рівня за певний період часу, з подальшим поглибленням свердловин або бурінням нових.

При заміні фільтра необхідно:

Прилади для визначення рівнів і температури води в свердловинах спостережних застосовують як стаціонарні з реєстрацією показань на місці і на відстані, так і переносні з разовим вимірюванням.

Для вимірювання рівня води в спостережних свердловинах частіше застосовують прості та дешеві переносні рівнеміри. Діапазон їх вимірів по глибині становить 50-200 м і навіть 500 м. Найчастіше застосовують рівнеміри з хлопавкою діаметром 16-40 мм і з рулеткою (РС-20 і РС-40) для глибин вимірювання відповідно 20 і 40 м і з катушкою (ГТП) -126) при діаметрі хлопавки

40 мм та глибині вимірювання до 100 м. Діапазон вимірювань стаціонарних електрорівнеміром становить 50-500 м для різних типів та діаметрів датчика (частіше 12 мм, для типу ЕВ-1М-20 мм).

Стаціонарні рівнеміри характеризуються широким діапазоном характеристик: 1) основна - по діапазону виміру коливань рівня;) вимірювання на об'єкті та дистанційні; поплавкові, гідростатичні та електричні.

Уровнеміри з сигналізацією з відривом застосовують у експлуатаційних свердловинах. Температуру води у спостережних свердловинах визначають глибинними приладами, але для отримання дійсної температури підземних вод необхідно виконати попереднє прокачування з витратою не менше трьох об'ємів води у свердловині. Такі визначення температури проводять періодично, зокрема, за допомогою так званих лієвних ртутних термометрів.

Якщо отримані глибинним термометром значення температури після відкачування і без прокачування однакові, то надалі від прокачування при вимірюваннях температури в спостережних свердловинах відмовитися. Однак достатність прокачування свердловини при трьох обсягах води, зазначених вище, повинна перевірятися шляхом збільшення тривалості цього прокачування з відповідними вимірами температури глибинним термометром і воді, що відкачується на поверхні (біля виливу).

Проби води для аналізу відбирають із спостережних свердловин після достатнього прокачування її на поверхні або за допомогою пробовідбірника, що спускається в свердловину.

10.4 Технічне обслуговування занурювальних електронасосів

Насоси типу ЕЦВ призначені для роботи в неагресивному середовищі. Зміст механічних домішок у питній воді допускається трохи більше 0,01% за вагою.

Занурювальні насоси працюють у комплектах з електродвигунами.

Експлуатація занурювальних насосів повинна здійснюватись відповідно до заводських інструкцій з догляду за цими насосами.

При заміні насоса починати монтаж насосної установки можна тільки після промивання свердловини. Промивку слід проводити доти, поки вміст механічних домішок у воді, що відкачується, буде не більше 0,01% за вагою.

Перевірка свердловини на прохідність проводиться спеціально виготовленим шаблоном з обрізування. Труби, зовнішній діаметр та довжина якої відповідають розмірам занурювального насоса. При спуску та підйомі шаблон повинен вільно проходити у свердловині.

Насос, електродвигун та напірний трубопровід повинні розміщуватися у свердловині вільно із зазором не менше 5 мм на бік.

Робочий вузол насоса повинен бути на 3-5 м нижче динамічного рівня води в свердловині. Найнижчий динамічний рівень води в свердловині у всіх випадках повинен бути вищим за фланце верхнього корпусу робочого вузла насоса не менше ніж на 1 м.

Перед монтажем насосного агрегату необхідно провести підготовку обладнання для монтажу установки, куди відносяться вантажопідйомні засоби, труби, сполучні муфти, скоби кріплення кабелю, наземна арматура, кришка свердловини або опорне коліно, засувка, манометр, два монтажні хомути, прилади та інструменти для виконання.

Вантажопідйомне обладнання вибирається з урахуванням ваги насосного агрегату, кабелю, колони заповнених водою водопідйомних труб та опорного коліна.

Перед опусканням насосного агрегату у свердловину необхідно:

перевірити відсутність заїдань при обертанні вручну роторів насосного агрегату; якщо насосний агрегат не повертається від руки, необхідно змочити підшипники або помістити його на 15 хвилин у ємність із водою; якщо після цього агрегат не повертається від руки, необхідно з'ясувати причину, від'єднавши насос від електродвигуна і повертаючи їх окремо; після усунення причин заїдання насос з'єднують з електродвигуном, стежачи за тим, щоб не порушити встановлений раніше осьовий хід ротора насоса, тобто. не міняти кількості регулювальних шайб, встановлених на заводі-виробнику;

залити електродвигун чистою профільтованою водою (у зимовий час неприпустимо заливати в електродвигун гарячу воду); Заповнивши двигун водою, через 10-15 хвилин перевіряють герметичність з'єднань, відсутність повітряних пробок, а також витоків вода з двигуна.

Одночасно з трубами в свердловину опускається струмопідвідний кабель.

При кріпленні силового кабелю до напірного трубопроводу необхідно виконувати такі вимоги:

кабель укладається вздовж труб та прикріплюється до них через кожні 2-2,5 м хомутами;

у місцях кріплення до труб кабель необхідно обгортати листовою гумою завтовшки 1-3 мм;

після кріплення кабель не повинен провисати між хомутами кріплення.

Здавання-приймання змонтованого водопідйомного обладнання здійснюється за актом.

Пуск насоса виконується при закритій засувці, а потім, регулюючи подачу насоса засувкою, встановлюють необхідний режим роботи. Якщо при пробному пуску у воді виявляється велика кількість зважених частинок, необхідно зменшити засувкою подачу води, зменшуючи тим самим швидкість руху води в свердловині і, отже, зменшуючи забір піску зі свердловини.

Зупиняти насос при цьому не можна, тому що частинки породи будуть осаджуватися на поверхнях корпусів і робочих коліс, що омиваються, що призведе до заїдання і зносу частин насоса.

Насос можна зупинити тоді, коли він качатиме чисту воду. Перед зупинкою насоса необхідно закрити засувку.

Після пробного запуску рекомендується проводити безперервну роботу насосного агрегату протягом 2-3 діб. За цей період відбувається достатня опрацювання робочих органів агрегату.

Контроль за роботою агрегату здійснюється перевірки та запису показань приладів, виміру опору ізоляції електродвигуна з струмопідвідним кабелем,

виміру продуктивності та напору агрегату, а також статичного та динамічного рівня води в свердловині.

У перший тиждень роботи насосної установки виміри проводять щодня, надалі – при справній роботі – раз на тиждень.

ЛЕКЦІЯ 11. РЕМОНТ СВЕРДЛОВИН

11.1 Профілактичний ремонт свердловин

Для підтримки необхідного дебіту свердловини, забезпечення безперебійної подачі води та ліквідації несправностей наводять ремонт свердловин.

При тривалій роботі свердловин відбувається поступове зниження дебітів, яке обумовлено переважно впливом гідрохімічного складу води, а також конструкціями фільтрів, величиною водовідбору, часом експлуатації та іншими факторами.

Зниження продуктивності відбувається в результаті заростання порового простору фільтрів і профільтрових зон хімічними осадами, що випадають із води, що притікає.

Профілактичні ремонти проводяться за графіком кожні 8-12 місяців, а також при зниженні питомого дебіту на 10-15%.

Необхідність у проведенні регулярних профілактичних ремонтів свердловин пов'язана з утворенням незворотних процесів у водоприймальній частині свердловини. Ці процеси призводять до передчасного виходу свердловин з ладу та крайнього ускладнення відновлення продуктивності. У той же час при своєчасному ремонті можна повністю видаляти з водоприймальної частини свердловини опади, а також очищати забій від механічних частинок.

При профілактичному ремонті виникає потреба у виконанні наступних операцій:

- перевірка насосного обладнання;
- демонтаж-монтаж наземного та підземного насосного обладнання;

- замір глибини свердловини та визначення висоти піщаної пробки;
- очищення вибою від піску;
- очищення внутрішньої поверхні стовбура свердловини та фільтра від хімічних опадів;
- монтаж-демонтаж заливної колони;
- заливання у свердловину розрахункової кількості соляної кислоти;
- виробництво соляно-кислотної ванни;
- ерліфтне відкачування свердловини;
- очищення вибою від опадів.

Очищення глибокої свердловини полягає у видаленні частинок ґрунту, що осіли на дно, і в промиванні фільтра без підйому його на поверхню землі.

Перед очищенням свердловини на поверхню піднімають водопідйомне обладнання. Ці роботи виконують за допомогою лебідок або над колодязем встановлюють треногу-вишку з лебідкою та балансиром. Потім очищають свердловину желонкою, що спускається і піднімається на штангах або канаті, поки желонка не торкнеться шару гравію у відстійнику. Після очищення колодязя в нього встановлюють водопідйомне обладнання та проводять перше очищення до повного освітлення води.

При механічному закупорюванні отворів фільтра пропускну здатність його можна підвищити промиванням фільтра водою. Для цього після очищення колодязя желонкою до нього опускають на штангах поршень. Сильними різкими рухами поршня вгору і вниз можна значно збільшити швидкість води в отворах фільтра і звільнити його від частинок ґрунту. При невеликому забрудненні фільтра можна промити швидким заповненням колодязя чистою водою.

Якщо механічне промивання фільтра не дає сприятливих результатів, тобто підстава припускати наявність закупорювання фільтра відкладеннями хімічних сполук.

Видалення хімічних відкладень на фільтрі провадиться за допомогою соляної кислотної ванни. З цією метою свердловину до вибою опускається заливна колона, яка може бути представлена повітряними трубами ерліфта.

Зверху колони встановлюється вирва і в свердловину заливається розрахункова кількість 10-15% соляної кислоти.

Після заливання кислоти свердловина залишається у спокої 24 години. Потім свердловину опускається ерліфтна колона і проводиться відкачування. Відкачування продовжується до повного освітлення води та видалення слідів соляної кислоти.

Після відкачування знову заміряються глибина свердловини і проводиться очищення вибою від опадів ерліфтом або желонкою.

Поточні ремонти проводяться за необхідності заміни насоса. Проведення капітальних ремонтів свердловин планується у разі потреби проведення складних робіт: заміни фільтра, ремонту обсадної колони, цементування тощо.

При заміні фільтра необхідно:

- очистити забій свердловини від піску гідророзмивом;
- виготовити друк та приєднати його до колони бурильних труб;
- опустити інструмент у свердловину та встановити друк з метою визначення положення верхньої частини надфільтрової труби;
- підняти інструмент зі свердловини та оглянути друк;
- при вилученні фільтра лебідкою опустити в свердловину колону бурильних труб ловильним інструментом;
- захопити фільтрову колону та витягти її;
- при вилученні фільтра домкратами підготувати гирло свердловини для встановлення домкратів з укладанням брусів та дощок;
- опустити в свердловину колону бурильних труб з інструментом для лову;
- захопити фільтрову колону;
- встановити домкрати та змонтувати гідравлічну систему;
- витягти фільтрову поверхню з перекріпленням домкратів.

Після вилучення фільтра пропрацювати свердловину під фільтрову колону, для чого:

- приєднати долото до бурильної труби;
- опустити бурильні труби у свердловину;

- опрацювати стовбур свердловини з промиванням та нарощуванням бурильних труб;
- промити свердловину перед підйомом інструменту та підняти бурильні труби зі свердловини;
- на надфільтровій трубі, призначеній для встановлення нового у свердловині фільтра, встановити розтискний сальник;
- перевірити цілісність та співвісність фільтрової колони;
- забити дерев'яну пробку у трубу відстійника фільтра;
- з'єднати першу трубу бурильної колони з фільтровою колонною муфтою з лівим різьбленням або за допомогою спускового ключа;
- нарощуючи бурильну колону опустити фільтр у свердловину та встановити на забій;
- розтиснути розтискний сальник, для чого надати колоні бурильних труб праве обертання, при цьому муфта з лівим різьбленням нагвинчується на надфільтрову трубу і стискає сальник;
- від'єднати бурильні труби від фільтрової колони та підняти їх зі свердловини;
- змонтувати ерліфт і відкачати зі свердловини до припинення винесення механічних частинок.

Для поглиблення свердловини при переході на експлуатацію водоносного горизонту, що лежить нижче, необхідно:

- вийняти зі свердловини старий фільтр;
- поглибити свердловину до покрівлі водоносного пласта, що лежить нижче. Спустити додаткову обсадну колону та зацементувати затрубний простір очікування затвердіння цементу;
- розбурити водоносний пласт на розрахункову глибину;
- встановити новий фільтр;
- змонтувати ерліфт;
- прокачати свердловину до повного припинення винесення механічних домішок;

- провести дослідну відкачування зі свердловини не менше ніж при двох пониженнях.

Якщо необхідно перевести свердловину на експлуатацію горизонту, що знаходиться вище, потрібно:

- вийняти зі свердловини старий фільтр;
- зацементувати стовбур свердловини від вибою до підшви вибраного водоносного пласта;
- опустити на кабелі перфоратор на глибину залягання ділянки свердловини, що перфорується;
- у процесі спуску ретельно проміряти довжину кабелю з тим, щоб унеможливити простріл на заданій глибині;
- перфоровати обсадну колону, що перекриває водоносний горизонт;
- для створення протитиску на пласт заповнювати свердловину до гирла водою
- встановити новий фільтр;
- змонтувати ерліфт і зробити будівельну та дослідну відкачування зі свердловини.

При переобладнанні фільтрової свердловини на безфільтрову, якщо геологічні та гідрогеологічні умови дозволяють, необхідно:

- витягти фільтр зі свердловини;
- відпустити в свердловину породоруйнівний інструмент та розбурюванням очистити прифільтрову зону від продуктів хімічного колюматажу;
- змонтувати ерліфт та почати відкачування для формування водоприймальної вирви;
- у початковий період, коли поверхня лійки та водопритоки в неї малі, до свердловини необхідно підливати воду;

Якщо потрібно витягти зі свердловини сторонні предмети, що потрапили туди, потрібно:

- виготовити друк при першому рейсі;
- підготувати інструмент та обладнання;

- підключити друк до колони бурильних труб;
- опустити інструмент у свердловину та встановити друк;
- підняти інструмент та оглянути друк при кожному наступному рейсі;
- приєднати інструмент до колони бурильних труб;
- опустити інструмент у свердловину;
- захопити видобутий предмет;
- підняти інструмент зі свердловини.

При неможливості витягти сторонні предмети зі свердловини за допомогою інструменту для лову, розбурити їх тришарошечним долотом або фрезером.

11.2 Відновлення дебіту свердловин

Причини зниження дебітів свердловин. При тривалій роботі свердловин відбувається поступове зниження дебітів, яке обумовлено переважно впливом гідрохімічного складу води, а також конструкціями фільтрів, величиною водовідбору, часом експлуатації та іншими факторами.

Зниження продуктивності відбувається в результаті заростання порового простору фільтрів і прифільтрових зон хімічними осадами, що випадають із води, що притікає.

Найбільш поширеними кольматуючими відкладеннями є залізисті (охристі) опади, які з аморфної форми поступово переходять у міцніші структури, що цементують навколишні фільтр породи, досягаючи 20 - 50 см по радіусу.

Таким чином, відкладення опадів у прифільтрових зонах, фільтрах та трубах призводить до різкого підвищення гідравлічних опорів, внаслідок чого знижується продуктивність свердловин.

Зниження продуктивності встановлюють, постійно спостерігаючи за роботою свердловин і контролюючи роботу насоса, вимірюючи дебіт та зниження, вимірюючи глибину, визначаючи статичний рівень. Для цього використовують вимірювальну та діагностичну апаратуру.

Для відновлення дебіту свердловини в період її експлуатації застосовують різні методи, найбільш ефективними з яких є реагентні та імпульсні методи.

УЯк реагенти для розчинення кольматуючих відкладень використовують соляну кислоту HCl , триполіфосфат натрію $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$, гексаметафосфат натрію $(\text{NaPO}_3)_6$, дитіоміт натрію $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$, сульфамінову кислоту $\text{NH}_2\text{SO}_3\text{H}$, бісульфат натрію NaHSO_4 .

Умови застосування різних видів реагентів та їх оптимальна концентрація наведені.

Для обробки свердловин на фільтр довжиною 10 м орієнтовні об'єми розчину становлять 0,3...1 м³ для гравійних фільтрів діаметром від 168 до 299 мм. При обробці свердловин із сітчастими фільтрами вказаний обсяг знижують на 25%.

При цьому концентрація розчину соляної кислоти повинна становити не менше 25%, а при виготовленні розчину порошкоподібних реагентів їх витрата становить 24 ... 80 кг.

Технологія обробки свердловин реагентом полягає у введенні розчину в зону фільтра та подальшому продавлюванні його в закольматовану профільтрову зону. Досягають цього створенням тиску в свердловині стисненим повітрям, що подається компресором, або вакуумуванням з подальшим зняттям тиску або зриву вакууму. Для кращого реагування розчину з кольматантом проводять кілька циклів промивок. Якщо статичний рівень води в свердловині близький до поверхні, то при циклічній обробці досить герметизувати оголовок свердловини. При низькому рівні, коли для створення тиску потрібно закачувати велику кількість повітря, над фільтром встановлюють пакер, під який закачують повітря.

При використанні порошків розчиняють на поверхні або доставляють у спеціальному контейнері в зону фільтра і розчиняють потоком води.

Реагентні методи здатні відновлювати дебіти близьких до початкових. При їх використанні необхідно суворо дотримуватись спеціальних заходів техніки безпеки.

Імпульсні методи відновлення дебітів свердловинстворюють ударні хвилі і впливають на відкладення, що кольматують. Для цього застосовують

пневмовибух (ВПВ), електрогідравлічний удар (ЕГУ), вибухи торпед з детонуючого шнура (ТДШ) та вібраційні методи.

Для створення пневмовибуху широке застосування знайшли установки АСП-ТМ - автостанція, розміщена на одновісному причепі, до складу якої входять компресор, балони зі стисненим повітрям та пневмоснаряд. Максимальний тиск у балонах 15 МПа.

Для обробки свердловин методом ЕГУ створено низку спеціальних пересувних установок. Недолік цього способу - необхідність роботи зі струмом високої напруги.

Метод ТДШ заснований на вибуху торпед в зоні фільтра. Його застосовують при надійно виготовленому фільтрі, так як сила вибуху регулюється числом ниток, що вибухають.

Вібраційні методи засновані на коливаннях пластин, розташованих на трубах, рух яким передається вібратором.

Усі зазначені способи відновлення свердловин застосовують у комплексі з реагентними методами. І тут скорочуються час обробки, енерговитрати, підвищується ефективність обробок.

ЛЕКЦІЯ 12. АВТОМАТИЧНЕ КЕРУВАННЯ РОБОТОЮ

12.1 Сутність автоматичного керування свердловиною

Автоматичне керування роботою свердловини — це сукупність технічних засобів і алгоритмів, які забезпечують вмикання, вимикання, регулювання та захист насосного обладнання без постійної участі оператора.

Основне завдання автоматизації полягає у забезпеченні надійної, безпечної та економічної роботи свердловини.

Автоматична система повинна виконувати такі функції:

1. Пуск і зупинка насоса залежно від рівня води, тиску або потреби у воді.
2. Контроль динамічного рівня води у свердловині.
3. Захист насоса від роботи без води.
4. Захист електродвигуна від перевантаження, перегрівання та короткого замикання.
5. Контроль тиску у трубопроводі.
6. Облік витрати води.
7. Передача сигналів аварії на диспетчерський пункт.
8. Автоматичне відновлення роботи після нормалізації параметрів.
9. Оптимізація енергоспоживання за допомогою частотного регулювання.

12.2 Структурна схема автоматичного керування свердловиною

У спрощеному вигляді система автоматизації свердловини складається з таких елементів:

Свердловина → насос → трубопровід → резервуар або мережа водопостачання → датчики → шафа керування → виконавчі механізми

Основні складовими системи наведено в таблиці 11.1.

Таблиця 11.1 – Основні складовими системи

Елемент системи	Призначення
Свердловинний насос	Підйом води з водоносного горизонту
Датчик рівня води	Контроль статичного і динамічного рівнів
Датчик тиску	Контроль тиску в напірному трубопроводі
Витратомір	Вимірювання кількості поданої води
Зворотний клапан	Запобігання зворотному руху води
Шафа керування	Автоматичне керування насосом
Частотний перетворювач	Плавне регулювання продуктивності насоса
Реле захисту	Відключення обладнання в аварійних режимах
Контролер	Обробка сигналів і формування команд керування
Система диспетчеризації	Дистанційний контроль і керування

12.3 Основні режими автоматичного керування

Керування за рівнем води в резервуарі

Це один із найпоширеніших режимів. Насос вмикається тоді, коли рівень води в резервуарі знижується до мінімального значення, і вимикається після досягнення максимального рівня.

Наприклад:

- рівень води нижче мінімального — насос вмикається;
- рівень води досяг максимального значення — насос вимикається;
- у разі переповнення резервуара спрацьовує аварійний сигнал.

Такий режим застосовується у системах водопостачання населених пунктів, промислових підприємств, будівельних майданчиків та сільськогосподарських об'єктів.

Керування за тиском у мережі

У цьому випадку насос працює залежно від тиску у водопровідній мережі. Якщо тиск падає нижче заданого значення, насос вмикається. Якщо тиск досягає верхньої межі, насос вимикається.

Такий режим характерний для систем із гідроаккумулятором або насосних станцій підвищення тиску.

Керування за динамічним рівнем води

Цей режим є особливо важливим для захисту свердловини та насоса. Якщо під час роботи насоса рівень води у свердловині опускається нижче допустимої позначки, насос автоматично вимикається.

Це дозволяє запобігти:

- роботі насоса «на суху»;
- перегріванню електродвигуна;
- підсмоктуванню повітря;
- замулюванню або запіскуванню свердловини;
- зменшенню ресурсу насосного обладнання.

Після відновлення рівня води автоматика може знову дозволити запуск насоса.

Керування за витратою води

У деяких системах робота свердловини регулюється за фактичною витратою води. Для цього встановлюється витратомір, який передає дані до контролера.

Такий режим застосовується тоді, коли необхідно підтримувати певний дебіт свердловини або контролювати обсяг відібраної підземної води.

Витрата води визначається за формулою:

$$Q = \frac{V}{t}$$

де Q — витрата води, м³/год; V — об'єм води, м³; t — час, год.

12.4 Датчики та контрольно-вимірювальні прилади

Для автоматичного керування свердловиною застосовують різні датчики.

Датчики рівня

Вони використовуються для визначення рівня води у свердловині або резервуарі. Найпоширенішими є:

- поплавкові датчики;
- електродні датчики;
- гідростатичні датчики;

- ультразвукові датчики;
- датчики тиску стовпа води.

Датчики тиску

Датчики тиску встановлюються на напірному трубопроводі. Вони дозволяють контролювати роботу насоса і підтримувати заданий тиск у системі.

Витратоміри

Витратоміри призначені для вимірювання кількості води, яка подається зі свердловини. Вони можуть бути механічними, електромагнітними або ультразвуковими.

Датчики електричних параметрів

Вони контролюють:

- силу струму;
- напругу;
- перекіс фаз;
- обрив фази;
- споживану потужність;
- перевантаження двигуна.

Ці параметри необхідні для захисту електродвигуна насоса.

12.5 Шафа автоматичного керування

Шафа керування є центральним елементом системи автоматизації свердловини. Вона приймає сигнали від датчиків, обробляє їх і подає команди на насосне обладнання.

До складу шафи керування можуть входити:

- автоматичні вимикачі;
- магнітні пускачі або контактори;
- теплові реле;
- реле контролю фаз;
- контролер;
- частотний перетворювач;

- сигнальні лампи;
- кнопки ручного керування;
- аварійна сигналізація;
- модуль дистанційного зв'язку.

Шафа керування може працювати у двох режимах:

- ручному — оператор самостійно вмикає або вимикає насос;
- автоматичному — насос працює за сигналами від датчиків і контролера.

11.6 Частотне регулювання роботи насоса

Сучасні системи автоматизації часто використовують частотні перетворювачі. Вони дозволяють змінювати частоту обертання електродвигуна насоса, а отже — регулювати подачу води.

Переваги частотного регулювання:

- плавний пуск насоса;
- зменшення гідравлічних ударів;
- економія електроенергії;
- підтримання стабільного тиску;
- зменшення зносу обладнання;
- підвищення строку служби насоса;
- можливість точного регулювання продуктивності.

Без частотного перетворювача насос працює за принципом «увімкнено/вимкнено». Це призводить до частих пусків, стрибків тиску та підвищеного зносу обладнання. Частотне регулювання забезпечує більш м'який і стабільний режим роботи.

12.7 Захист свердловини та насосного обладнання

Автоматична система повинна не тільки керувати насосом, а й захищати його від небезпечних режимів.

Основні види захисту наведено в таблиці 11.2.

Таблиця 11.2 – Основні види захисту

Вид захисту	Призначення
Захист від сухого ходу	Вимикає насос при зниженні рівня води
Захист від перевантаження	Запобігає пошкодженню електродвигуна
Захист від короткого замикання	Відключає живлення при аварії
Захист від обриву фази	Запобігає роботі двигуна у неповнофазному режимі
Захист від перекосу фаз	Захищає двигун від нерівномірного навантаження
Захист від перегріву	Запобігає пошкодженню обмоток двигуна
Захист від надлишкового тиску	Запобігає пошкодженню трубопроводів
Захист від частих пусків	Зменшує знос насоса

Особливо небезпечною є робота насоса без води. У такому режимі насос втрачає охолодження, швидко перегрівається і може вийти з ладу. Тому контроль рівня води у свердловині є обов'язковою умовою безпечної експлуатації.

Автоматичне керування роботою свердловини є важливим елементом сучасних систем водопостачання. Воно забезпечує надійний забір підземних вод, стабільну роботу насосного обладнання, захист від аварійних режимів та економне використання енергоресурсів.

Найважливішими параметрами, які необхідно контролювати, є рівень води у свердловині, тиск у трубопроводі, витрата води та електричні параметри насоса. Застосування датчиків, шаф керування, частотних перетворювачів і систем диспетчеризації дозволяє забезпечити ефективну та безпечну експлуатацію свердловин.

Таким чином, автоматизація свердловини не лише підвищує зручність експлуатації, але й має важливе технічне, економічне та екологічне значення, оскільки сприяє раціональному використанню підземних водних ресурсів.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Водний кодекс України : Кодекс України від 06.06.1995 р. № 213/95-ВР : редакція від 19.08.2022 р.
2. Інструкція із застосування Класифікації запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр до родовищ питних і технічних підземних вод : затв. наказом ДКЗ України від 04.02.2000 р. : у редакції від 26.11.2006 р.
3. Колодій В. В. Гідрогеологія : підручник. Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2010. 368 с.
4. Лобода Н. С., Отченаш Н. Д. Підземні води, їх забруднення та вплив на навколишнє середовище : навч. посіб. Одеса : Одеський держ. екол. ун-т, 2017. 199 с.
5. Методичні рекомендації зі здійснення державного нагляду за охороною надр при розробці родовищ прісних підземних вод : наказ Держпрогінгляду МНС України від 24.03.2006 р. № 51.
6. Національна доповідь про якість питної води та стан питного водопостачання в Україні у 2020 році. Київ, 2021. 385 с.
7. Основні засади управління якістю водних ресурсів та їхня охорона / за ред. В. К. Хільчевського. Київ : ВПЦ «Київський університет», 2015. 154 с.
8. Правила охорони підземних вод : наказ Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України від 11.05.2023 р. № 325.
9. Рудаков Д. В. Математичні методи в охороні підземних вод : навч. посіб. Дніпропетровськ : НГУ, 2012. 158 с.
10. Стан підземних вод України. Щорічник. Київ : Державна служба геології та надр України, Державне науково-виробниче підприємство «Державний інформаційний геологічний фонд України», 2018. 121 с.
11. Стратегія використання ресурсів питних підземних вод для водопостачання : у 2 т. / за ред. Е. А. Ставицького, Г. І. Рудька, Є. О. Яковлева. Чернівці : Букрек, 2011. Т. 1. 343 с.

12. Стратегія використання ресурсів питних підземних вод для водопостачання : у 2 т. / за ред. Е. А. Ставицького, Г. І. Рудька, Є. О. Яковлєва. Чернівці : Букрек, 2011. Т. 2. 496 с.
13. Яцик А. В., Грищенко Ю. М., Волкова Л. А., Пашенюк І. А. Водні ресурси: використання, охорона, відтворення, управління : підручник для студентів вищих навчальних закладів. Київ : Генеза, 2007. 360 с.
14. Гребенюк Т. В., Сербінова Л. А. Прогнозування розвитку впливу радіоактивних відходів на забруднення підземних вод за двома сценаріями. Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського. 2016. Вип. 5. С. 100–107.
15. ДСанПіН 2.2.4-171-10. Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною.
16. Кодекс України про надра : Кодекс України від 27.07.1994 р. № 132/94-ВР : редакція станом на 28.03.2023 р.
17. Косигіна А. Є. Особливості правової охорони підземних вод. Lex Portus. 2018. № 5 (13). С. 113–125.
18. Ладиченко В. В., Головка Л. О. Законодавче забезпечення питного водопостачання в Сполучених Штатах Америки. Наукові записки Інституту законодавства Верховної Ради України. 2015. № 5. С. 39–42.
19. Методичні рекомендації щодо ведення моніторингу рівнів підземних вод на територіях міст та селищ : наказ Мінкомунгоспу України від 15.09.2010 р. № 334.
20. Осокіна Н. П. Пестициди в підземних водах України і здоров'я. Мінеральні ресурси України. 2021. № 2. С. 38–43.
21. Панасюк М. І., Стоянов О. І., Люшня П. А. та ін. Результати радіогідроекологічного моніторингу в районі комплексу НБК-ОУ та засоби зменшення забруднення підземних вод. Проблеми безпеки атомних електростанцій і Чорнобиля. 2019. Вип. 32. С. 74–79.
22. Спільна стратегія впровадження Водної Рамкової Директиви 2000/60/ЄС. Керівництво № 18. Керівництво про оцінку стану підземних вод та

оцінку трендів : технічний звіт 2009–026. URL: потрібно вказати повне посилання.

Дата звернення: ..2026.

23. Суярко В. Г., Безрук К. О. Гідрогеохімія (геохімія підземних вод) : навч. посіб. Харків : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2010. 112 с.

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

24. Що таке підземні води? Які їх основні джерела формування?
25. Які існують типи підземних вод за умовами залягання (грунтові, міжпластові, артезіанські, тріщинуваті, карстові)?
26. Чим відрізняються вільні (безнапірні) та напірні води?
27. Які фактори впливають на рух підземних вод?
28. Що таке водоносний горизонт? Як його класифікують?
29. Які основні фізико-механічні властивості водоносних порід (пористість, проникність, гранулометричний склад)?
30. Як визначається коефіцієнт фільтрації? Які його типові значення для різних порід?
31. Що таке водопровідність і п'єзопровідність водоносного шару?
32. Які існують методи вивчення підземних вод (геофізичні, гідродинамічні, гідрохімічні)?
33. Які основні етапи геологорозвідувальних робіт для пошуку підземних вод?
34. Які геофізичні методи використовуються для пошуку водоносних горизонтів?
35. Як проводяться пробні відкачування води? Які їх основні цілі?
36. Які параметри визначають під час гідрогеологічної розвідки?
37. Що таке кущове розташування свердловин і коли його застосовують?
38. Які існують методи буріння свердловин на воду (роторне, ударно-канатне, обертальне)?
39. Як вибирають місце для водозабору? Які санітарні вимоги існують?
40. Що таке каротаж свердловин? Які його види застосовуються у гідрогеології?
41. Як класифікуються запаси підземних вод (експлуатаційні, прогнозні, статичні, динамічні)?

42. Що таке модуль дренажного стоку та як його визначають?
43. Які методи оцінки запасів підземних вод існують (аналоговий, балансовий, гідродинамічний)?
44. Як виконується розрахунок природних ресурсів підземних вод?
45. Що таке припустиме водовідбирання? Як його визначають?
46. Які фактори обмежують експлуатацію родовищ підземних вод?
47. Як впливає інтенсивний водозабір на стан водоносного горизонту?
48. Що таке закон Дарсі? У яких випадках він не застосовується?
49. Які рівняння описують нерухомий і нестационарний рух підземних вод?
50. Як визначається дебіт свердловини при безнапірному та напірному режимах?
51. Що таке радіус впливу свердловини? Як його можна визначити?
52. Як розраховується зниження рівня води при відкачуванні?
53. Які існують методи визначення параметрів водоносного шару (за даними пробних відкачувань)?
54. Що таке крива відкачування? Як її аналізують?
55. Як впливає взаємодія свердловин на їх продуктивність?
56. Які існують способи збільшення дебіту свердловини (розвиток, промивання, хімічна обробка)?
57. Що таке фільтр свердловини? Які види фільтрів використовуються?
58. Які причини замулювання свердловин? Як їх запобігати?
59. Які типи водозабірних споруд існують (одиначні свердловини, кущі, горизонтальні водозбори)?
60. Як організовується система моніторингу підземних вод?
61. Що таке санітарні зони водозабору? Які вимоги до них існують?
62. Які джерела забруднення підземних вод найбільш небезпечні?
63. Які методи очищення підземних вод від забруднень?
64. Як оцінюється вплив водозабору на навколишнє середовище?

- 65. Що таке депресійна воронка? Як вона формується?
- 66. Які насоси використовуються для відкачування води з свердловин?
- 67. Які проблеми виникають при експлуатації старих свердловин?
- 68. Як проводиться моделювання фільтрації підземних вод (аналогові, математичні, комп'ютерні моделі)?
- 69. Які програмні комплекси використовуються для гідрогеологічних розрахунків (MODFLOW, GMS, FEFLOW)?
- 70. Які альтернативні джерела води можуть замінити підземні води?
- 71. Як використовуються штучні поповнення запасів підземних вод (інфільтраційні басейни, нагнітання)?
- 72. Які перспективні напрямки розвитку технологій видобутку підземних вод?
- 73. Як зміна клімату впливає на ресурси підземних вод?

Додаткові практичні питання:

Задача1: Розрахувати дебіт свердловини при заданих параметрах (коефіцієнт фільтрації, потужність водоносного шару, зниження рівня).

Задача 2: Визначити радіус впливу свердловини за даними пробного відкачування.

Задача 3: Оцінити взаємодію двох свердловин при їх спільній експлуатації