

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Київський національний університет будівництва і архітектури

**Т.П. Хомуцька, В.П. Хоружий**

## **ВОДОЗАБІРНІ СПОРУДИ З ПОВЕРХНЕВИХ ТА ПІДЗЕМНИХ ДЖЕРЕЛ**

*Рекомендовано вченою радою Київського національного університету  
будівництва і архітектури як навчальний посібник  
для студентів галузі знань 19 «Архітектура та будівництво»  
спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» освітньо-  
кваліфікаційного рівня «бакалавр»*

Київ 2023

УДК 628.1  
Х76

Рецензенти: *О.В. Кравченко*, д-р техн. наук, директор  
ТОВ «Інститут комунальної інфраструктури»;  
*В.Д. Дупляк*, канд. техн. наук, професор,  
ТОВ "Укрводпроект";  
*С.В.Величко*, канд. техн. наук, доцент,  
Київський національний університет будівництва  
і архітектури

*Затверджено на засіданні вченої ради Київського  
національного університету будівництва і архітектури,  
протокол № 9 від 26 червня 2023 року.*

**Хомутецька Т.П.**

Х76 Водозабірні споруди з поверхневих та підземних джерел:  
навч. посіб. / Т.П. Хомутецька, В.П. Хоружий. – Київ: КНУБА,  
2023. – 288 с.  
ISBN 978-966-627-252-5

Розглянуто види й характеристики джерел водопостачання,  
вимоги до них та місць влаштування водозаборів. Викладено  
рекомендації з вибору типу споруд, призначених для забору  
поверхневих та підземних вод у різних умовах. Наведено основні  
принципи проектування й розрахунку водозаборів різних типів,  
висвітлено особливості їх спорудження, конструювання окремих  
елементів та забезпечення необхідним обладнанням.

Призначено для здобувачів вищої освіти, що навчаються за  
спеціальністю 192 "Будівництво та цивільна інженерія".

УДК 628.1

ISBN 978-966-627-252-5

© Т.П. Хомутецька,  
В.П. Хоружий, 2023  
© КНУБА, 2023

## ЗМІСТ

<b>Вступ</b> .....	8
<b>Тема 1. Джерела водопостачання та вимоги до них.</b>	
<b>Поняття про водозабірні споруди</b> .....	9
1.1. Загальні відомості.....	9
1.2. Вибір джерела водопостачання.....	12
1.3. Поняття про водозабірні споруди.....	15
<i>Запитання для самоконтролю</i> .....	16
<b>Тема 2. Поверхневі джерела водопостачання.</b>	
<b>Характеристики річок</b> .....	16
2.1. Загальні особливості поверхневих джерел.....	16
2.2. Річки та їх характеристики.....	17
<i>Запитання для самоконтролю</i> .....	24
<b>Тема 3. Характеристики озер, водоймищ, морів.</b>	
<b>Джерела живлення і забруднення водойм</b> .....	25
3.1. Озера і їх характеристики.....	25
3.2. Водоймища і їх характеристики.....	26
3.3. Моря та їх характеристики.....	28
3.4. Живлення і забруднення водойм.....	30
<i>Запитання для самоконтролю</i> .....	34
<b>Тема 4. Споруди для забору поверхневих вод.</b>	
<b>Призначення. Класифікація. Розміщення</b> .....	35
4.1. Призначення і класифікація споруд.....	35
4.2. Вибір місця влаштування річкового водозабору.....	37
<i>Запитання для самоконтролю</i> .....	40
<b>Тема 5. Оцінка водойми та вибір типу водозабірних споруд з поверхневих джерел</b> .....	41
5.1. Аналіз умов забору води з поверхневого джерела.....	41
5.2. Вибір типу водоприймача та схеми водозабору.....	43
<i>Запитання для самоконтролю</i> .....	47
<b>Тема 6. Берегові водозабори роздільного і суміщеного типів</b> .....	47
6.1. Загальні відомості.....	47
6.2. Водозабори роздільного типу.....	48
6.3. Водозабори суміщеного типу.....	51
<i>Запитання для самоконтролю</i> .....	53
<b>Тема 7. Розрахунок водоприймальних вікон і всмоктувальної камери. Типи решіток і сіток поверхневих водозаборів</b> .....	54
7.1. Розрахунок водоприймальних вікон берегового колодязя.....	54
7.2. Сміттєзатримувальне обладнання поверхневих водозаборів.....	55
7.3. Забезпечення сприятливих умов роботи берегового колодязя....	60
<i>Запитання для самоконтролю</i> .....	61
<b>Тема 8. Русліві водозабори</b> .....	61
8.1. Руслівий водозабір роздільного типу.....	61
8.2. Руслівий водозабір суміщеного типу.....	63
8.3. Водозабір із сифонними лініями.....	64
8.4. Двоярусний руслівий водозабір.....	65
8.5. Водозабір комбінованого типу.....	65
8.6. Інфільтраційний (підруслівий) водозабір.....	66

8.7. Пересувний (нестационарний) водозабір.....	67
<i>Запитання для самоконтролю.....</i>	67
<b>Тема 9. Водоприймальні оголовки руслових водозаборів.....</b>	68
9.1. Типи водоприймальних оголовків.....	68
9.2. Схеми водоприймальних оголовків в різних умовах забору води	71
9.3. Характеристики затоплених оголовків руслових водозаборів.....	74
<i>Запитання для самоконтролю.....</i>	78
<b>Тема 10. Самопливні та сифонні трубопроводи руслових водозаборів.....</b>	78
10.1. Загальні положення проектування.....	78
10.2. Влаштування трубопровідних самопливних ліній.....	79
10.3. Основи гідравлічних розрахунків.....	81
10.4. Очищення трубопроводів від намулів.....	83
10.5. Влаштування сифонних ліній.....	86
<i>Запитання для самоконтролю.....</i>	88
<b>Тема 11. Конструювання берегових колодязів.....</b>	89
11.1. Основи конструювання берегових колодязів.....	89
11.2. Визначення розмірів берегових колодязів.....	92
<i>Запитання для самоконтролю.....</i>	97
<b>Тема 12. Обладнання берегових колодязів. Статичні розрахунки.....</b>	98
12.1. Обладнання колодязів.....	98
12.2. Статичні розрахунки.....	103
<i>Запитання для самоконтролю.....</i>	107
<b>Тема 13. Водозабірно-очисні споруди.....</b>	107
13.1. Призначення і види водозабірно-очисних споруд.....	107
13.2. Фільтрувальні оголовки з верхнім забором води.....	110
13.3. Фільтрувальні оголовки з нижнім забором води.....	110
13.4. Береговий сифонно-фільтрувальний водозабір.....	112
13.5. Плавучі фільтрувальні водозабори.....	113
13.6. Водозабір з дерев'яним зрубним фільтрувальним оголовком..	115
13.7. Водозабори з кам'яно-щебеневим оголовком.....	115
13.8. Комбіновані фільтрувальні водоприймачі.....	117
13.9. Розрахунок фільтрувальних водоприймачів.....	118
<i>Запитання для самоконтролю.....</i>	119
<b>Тема 14. Водозабори на каналах і гірських річках. Морські водозабори.....</b>	119
14.1. Забір води з каналів.....	119
14.2. Використання води гірських річок.....	122
14.3. Морські водозабори.....	125
<i>Запитання для самоконтролю.....</i>	127
<b>Тема 15. Водозабори на водосховищах і озерах.....</b>	128
15.1. Особливості забору води з водосховищ.....	128
15.2. Типи водосховищних водозаборів.....	130
15.3. Озерні водозабори.....	135
<i>Запитання для самоконтролю.....</i>	136
<b>Тема 16. Водозабори в ускладнених і специфічних умовах.....</b>	136
16.1. Водозабірні споруди на каналах та річках з недостатніми глибинами.....	136
16.2. Ківшові водозабірні споруди.....	138

16.3. Розрахунки ковшів.....	142
<i>Запитання для самоконтролю.....</i>	145
<b>Тема 17. Охорона поверхневого водного джерела і водозаборів.....</b>	146
17.1. Питання екологічної безпеки під час влаштування водозаборів.	146
17.2. Рибозахисні заходи і пристрої.....	148
17.3. Зони санітарної охорони поверхневих джерел водопостачання .....	155
<i>Запитання для самоконтролю.....</i>	158
<b>Тема 18. Підземні води. Загальна характеристика. Класифікація.</b>	
<b>Запаси.....</b>	159
18.1. Загальна характеристика підземних вод.....	159
18.2. Класифікація підземних вод.....	161
18.3. Запаси підземних вод.....	163
<i>Запитання для самоконтролю.....</i>	166
<b>Тема 19. Споруди для добування підземних вод. Типи свердловин.</b>	167
19.1. Рекомендації для вибору типу водозаборів з підземних джерел .....	167
19.2. Схема, обладнання та характеристики водозабірної свердловини .....	168
19.3. Типи водозабірних свердловин.....	171
19.4. Приток води до свердловин в різних гідрогеологічних умовах...	173
<i>Запитання для самоконтролю.....</i>	175
<b>Тема 20. Основні питання проєктування і розрахунку свердловин.....</b>	176
20.1. Можливі розрахункові схеми водозабірних свердловин.....	176
20.2. Визначення дебіту свердловин.....	179
20.3. Розрахунок взаємодійних свердловин.....	183
20.4. Визначення кількості свердловин і відстаней між ними.....	184
20.5. Добір експлуатаційних насосів для водозабірних свердловин..	186
<i>Запитання для самоконтролю.....</i>	187
<b>Тема 21. Фільтри свердловин.....</b>	188
21.1. Призначення і особливості роботи.....	188
21.2. Основні типи фільтрів.....	189
21.3. Розрахунок фільтрів.....	192
21.4. Регенерація.....	194
<i>Запитання для самоконтролю.....</i>	198
<b>Тема 22. Шахтні колодязі. Збірні водоводи.....</b>	198
22.1. Призначення і конструктивні схеми колодязів.....	198
22.2. Типи водоприймальної частини.....	201
22.3. Спорудження колодязів.....	203
22.4. Розрахунки колодязів.....	205
22.5. Збірні водоводи водозаборів підземних вод.....	207
<i>Запитання для самоконтролю.....</i>	209
<b>Тема 23. Горизонтальні водозабори.....</b>	209
23.1. Призначення і загальні схеми.....	209
23.2. Конструктивні елементи.....	210
23.3. Спорудження горизонтальних водозаборів.....	212
23.4. Розрахунок горизонтальних водозаборів.....	215
<i>Запитання для самоконтролю.....</i>	219

<b>Тема 24. Променеві водозабори.....</b>	<b>219</b>
24.1. Умови застосування і схеми.....	219
24.2. Особливості спорудження.....	222
24.3. Типи променевих водозаборів.....	224
24.4. Розрахунок.....	225
<i>Запитання для самоконтролю.....</i>	<i>228</i>
<b>Тема 25. Каптаж джерельних вод. Інфільтраційні водозабори.....</b>	<b>229</b>
25.1. Призначення і типи каптажів.....	229
25.2. Схеми каптажних камер.....	232
25.3. Інфільтраційні водозабори, їх типи і схеми.....	233
<i>Запитання для самоконтролю.....</i>	<i>237</i>
<b>Тема 26. Санітарна охорона підземних джерел і водозаборів.</b>	
<b>Технічна експлуатація споруд.....</b>	<b>238</b>
26.1. Зони санітарної охорони водозаборів підземних вод.....	238
26.2. Встановлення меж поясів зони санітарної охорони.....	241
26.3. Правила технічної експлуатації споруд для забору підземних вод.....	245
<i>Запитання для самоконтролю.....</i>	<i>247</i>
<b>Тема 27. Буріння водозабірних свердловин. Колонковий та шнековий способи буріння.....</b>	<b>247</b>
27.1. Види водозабірних свердловин і технології їх спорудження.....	247
27.2. Специфіка колонкового буріння свердловин.....	249
27.3. Особливості шнекового буріння свердловин.....	253
<i>Запитання для самоконтролю.....</i>	<i>257</i>
<b>Тема 28. Роторний спосіб буріння водозабірних свердловин.....</b>	<b>258</b>
28.1. Суть методу і умови застосування.....	258
28.2. Склад бурової установки.....	259
28.3. Буріння свердловин з прямим промиванням.....	263
28.4. Буріння свердловин зі зворотним промиванням.....	264
<i>Запитання для самоконтролю.....</i>	<i>267</i>
<b>Тема 29. Ударно-канатний та вібраційний способи буріння. Визначення конструктивних розмірів елементів свердловин .....</b>	<b>268</b>
29.1. Ударно-канатний спосіб буріння свердловин.....	268
29.2. Особливості вібраційного способу буріння.....	270
29.3. Вибір місця і способу буріння свердловин.....	272
29.4. Визначення конструктивних розмірів елементів свердловин.....	274
<i>Запитання для самоконтролю.....</i>	<i>275</i>
<b>Тема 30. Штучне поповнення запасів підземних вод.....</b>	<b>275</b>
30.1. Призначення і методи штучного поповнення запасів підземних вод.....	275
30.2. Відкриті інфільтраційні споруди.....	277
30.3. Закриті інфільтраційні споруди.....	281
30.4. Система водопостачання з підземних джерел зі ШПЗПВ.....	284
<i>Запитання для самоконтролю.....</i>	<i>285</i>
<b>Список джерел.....</b>	<b>286</b>

## ВСТУП

Вода є життєво необхідною умовою існування людства. Саме поблизу водних джерел зароджувалися і розвивалися в давнину людські поселення, що забезпечувало доступ до цього вкрай важливого ресурсу. Нині вода потрібна не тільки для питних цілей та господарської діяльності людей на побутовому рівні, але й для функціонування промисловості, ведення сільського господарства, використання в громадських будівлях, задоволення естетичних потреб жителів населених пунктів завдяки створенню зелених зон для відпочинку з поливом територій, періодичному миттю вулиць і площ, спорудженню фонтанів тощо.

Для забезпечення усіх цих потреб створюються системи водопостачання, які мають подавати воду споживачам у розрахунковій кількості, належної якості, під необхідним вільним напором, з дотриманням вимог економічності та надійності роботи споруд. І найпершим завданням у проектуванні таких систем є пошук водних джерел з відповідними якісними показниками та ресурсами, достатніми для влаштування водозаборів потрібної продуктивності. Залежно від виду джерела, умов приймання води, вимог споживачів та багатьох інших факторів проєктують водозабірні споруди різних типів і конструкцій. У навчальному посібнику висвітлено питання вибору джерела та розміщення водозабору, наведено рекомендації щодо визначення типу і конструктивних особливостей водозабірних споруд, представлено методики їх розрахунку, розглянуто способи зведення водозаборів за різними конструктивними схемами та параметри, що забезпечують їх ефективну експлуатацію.

Посібник є узагальнювальною працею, яка ґрунтується на роботах відомих фахівців, галузі таких як А.М. Тугай, Я.А. Тугай, В.О. Орлов, С.М. Назаров, А.М. Орлова, В.О. Шадура, О.А. Ткачук, П.Д. Хоружий, В.О. Кравченко, О.В. Кравченко, В.Д. Дупляк й багатьох інших. Він містить як класичні, так і сучасні підходи до влаштування водозаборів з поверхневих і підземних джерел, й ґрунтується на чинних нормативних документах. Для полегшення сприйняття читачами інформації навчальний матеріал доповнено ілюстраціями. Структура посібника відповідна тематиці лекційних занять студентів при вивченні дисципліни "Водозабірні споруди", яка є обов'язковою компонентою професійної підготовки згідно з освітньою програмою "Водопостачання та водовідведення" першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за спеціальністю 192 "Будівництво та цивільна інженерія".

Інформаційні матеріали навчального посібника також тісно пов'язані із іншими освітніми компонентами інженерної підготовки здобувачів вищої освіти. Так, у вивченні дисципліни «Водозабірні споруди» корисною буде наявність здобутих раніше базових знань з таких освітніх компонент, як «Гідрологія», «Гідравліка», «Інженерна та комп'ютерна графіка», що значно полегшить сприйняття навчального матеріалу та стане в пригоді під час здійснення проектних розрахунків водозаборів й виконання креслень.

Користуючись навчальним посібником, студенти зможуть отримати ґрунтовні теоретичні знання відповідного спрямування. В результаті вивчення дисципліни «Водозабірні споруди» вони повинні знати:

- джерела водопостачання, їх типи та основні характеристики;
- вимоги, що ставлять до джерел водопостачання;
- споруди, які використовують для забору поверхневих вод, їх призначення, конструктивні схеми, місця розташування;
- методи розрахунку поверхневих водозаборів, основні питання конструювання берегових колодязів з добром обладнання;
- типи і конструкції водозабірно-очисних споруд;
- основи санітарної охорони джерел водопостачання і водозаборів;
- загальні характеристики, класифікацію, запаси підземних вод;
- споруди для добування підземних вод та їх конструктивні особливості, основи проектування, розрахунку, підбору обладнання;
- способи буріння водозабірних свердловин;
- методи штучного поповнення запасів підземних вод.

У результаті вивчення дисципліни студенти повинні набути й практичних навичок та вмінь:

- обґрунтувати вибір джерела водопостачання, місця влаштування водозабору, схеми, типу і конструкції водозабірних споруд;
- здійснити гідравлічний розрахунок водозабору, визначити розміри окремих його елементів та дібрати потрібне обладнання;
- встановити кількість працюючих і резервних елементів водозабору з дотриманням вимог надійності та економічності;
- здійснити розрахунки на стійкість споруд, забезпечити відповідні експлуатаційні вимоги при роботі пристроїв та обладнання;
- обґрунтувати розміри поясів зон санітарної охорони, скласти вказівки щодо їх організації та утримання;
- виконати креслення водозабірних споруд згідно проектних даних.

Отримані знання і вміння знадобляться студентам в подальшому вивченні дисциплін, пов'язаних з водопостачанням, в підготовці випускних атестаційних робіт та у майбутній професійній діяльності.

# Тема 1. ДЖЕРЕЛА ВОДОПОСТАЧАННЯ ТА ВИМОГИ ДО НИХ. ПОНЯТТЯ ПРО ВОДОЗАБІРНІ СПОРУДИ

## 1.1. Загальні відомості

Хоча загальні обсяги води на земній кулі дуже великі (близько 1390 млн км<sup>3</sup>), однак основна її частина – це води океанів і морів (майже 98% від усієї кількості), які використовуються зовсім мало внаслідок солоності, що потребує значних затрат у разі їх опріснення. Тому для потреб водопостачання найчастіше використовують джерела з прісною водою. Прісні води в загальній кількості води у гідросфері Землі не перевищують 3%. З них технічно доступні для використання тільки 0,3% [1].

Усі джерела прісної води за характером її знаходження поділяють на поверхневі, підземні, атмосферні, а також води льодовиків. Для водогосподарських потреб найширше використовують води поверхневих джерел (більш ніж 80%), і тільки близько 20% припадає на використання всіх інших прісних вод.

*Поверхневі води* – це води річок, озер, водосховищ, ставків, каналів (рис. 1.1). Вони характеризуються достатньо суттєвими змінами показників їх якості й температури за сезонами року.



Рис. 1.1. Поверхневі води

За даними досліджень [2], вода тільки 10% річок України має якість, придатну для ефективного функціонування сучасних

технологічних схем очищення води. Найбільш забрудненими є річки басейнів Західного Бугу та Сіверського Дінця, а також річки Приазов'я. При цьому в Україні із загальної кількості води на потреби централізованих водопроводів 70% припадає саме на поверхневі води.

*Підземні води* – це вода у вільному стані (рідина), що міститься в порах порід земної кори, а також вода ключів (джерел), що виходять на денну поверхню (рис. 1.2).



Рис. 1.2. Підземні води, що виходять на поверхню у вигляді ключів

Підземні води утворюються з атмосферних і поверхневих вод внаслідок кругообігу. Вони заповнюють пори гірської породи верхнього шару земної кори.

Ресурси підземних вод, як і поверхневих, розподілені по території країни дуже нерівномірно. Найбільша їхня кількість (близько 75%) зосереджена у північно-західній частині України, а найменш забезпечені водою підземних джерел південні області та район Донбасу. Внаслідок забруднення продуктами антропогенного походження поверхневих водних джерел вирішенню проблеми питного водопостачання в Україні може сприяти розширене використання підземних вод.

*Атмосферні води* – це води, що перебувають в атмосфері у вигляді пари, утворюваної внаслідок випаровування вологи з водних поверхонь і поверхонь материків, яка конденсується, а далі повертається на землю у вигляді атмосферних опадів – дощу, снігу, граду, злив (рис. 1.3).



Рис. 1.3. Атмосферні води

Через свою забрудненість й нестабільність атмосферні води не можуть розглядатися як джерела централізованого водопостачання.

*Води льодовиків* – це вода в твердому стані, що знаходиться на поверхні земної суші, в морях і океанах (рис. 1.4).



Рис. 1.4. Води льодовиків

Використання вод льодовиків з огляду на їхню віддаленість від споживачів є доволі складним. Води льодовиків в Арктиці та Антарктиді практично не використовують.

В Україні, окрім поверхневих і підземних вод, використовують близько 0,9 км<sup>3</sup> *морської води*, переважно для лікувальних цілей (рис. 1.5).



Рис. 1.5. Морська вода

Водозабезпечення України залежить від сезонного і територіального розподілу стоку. Це зумовило будівництво 1,1 тисячі водосховищ (загальним об'ємом 55,1 км<sup>3</sup>), понад 27 тисяч ставків, сім великих каналів (загальною довжиною 2000 км), 10 великих водоводів, по яких вода подається в маловодні райони. Більша частина зарегульованого стоку припадає на Дніпровський каскад водосховищ з загальним об'ємом 43,8 км<sup>3</sup>. Створення водосховищ дало можливість

перерозподілити стік Дніпра в об'ємі 17 км<sup>3</sup>, або більш ніж 50% його стоку в розрахунковий маловодний рік [1; 2].

## **1.2. Вибір джерела водопостачання**

Джерело водопостачання має задовольняти такі основні вимоги [2]:

- має бути забезпечений забір води в достатній кількості з урахуванням збільшення відбору в перспективі на 15-20 років;
- вода має подаватись споживачам безперервно;
- якість води повинна бути максимально наближена до вимог споживачів;
- затрати на подачу води повинні бути найменшими;
- відбір води не повинен порушувати екологічного стану довкілля.

За чинним законодавством підземні води високої якості не бажано використовувати на інші цілі, окрім господарсько-питних потреб.

Джерела господарсько-питного водопостачання слід обирати відповідно до вимог, що забезпечують максимальне використання для цих цілей всіх наявних ресурсів підземних вод, які задовольняють санітарно-гігієнічні вимоги. При цьому слід обирати насамперед такі джерела, якість води яких є відповідною державному стандарту "Вода питна".

Підземні води однієї якості слід використовувати в черговості їхньої захищеності від зовнішніх забруднень – в першу чергу артезіанські води.

У разі відсутності або неможливості використання артезіанських вод через їх недостатню кількість, низьку якість або з техніко-економічних міркувань слід перейти до розгляду можливості використання інших типів підземних вод в такій послідовності: міжпластові безнапірні води; ґрунтові води.

За недостатніх експлуатаційних запасів підземних вод треба розглядати можливість їх збільшення шляхом штучного поповнення.

Якщо підземних вод немає або їх неможливо використати, як джерела водопостачання слід розглядати поверхневі води. При цьому треба обирати ділянки річок, озер, водойм, каналів, санітарний стан яких дає змогу створити навколо водозабірних споруд зону санітарної охорони відповідно до „Правил охорони поверхневих вод від забруднення стічними водами“. Зокрема, річкова вода на відстані 1 км проти течії від водозабору не повинна містити отруйних речовин понад ГДК, мати запах інтенсивністю більш ніж два бали і мати плівку на поверхні.

Коли спостерігається недостатня кількість окремо взятих підземних і поверхневих вод, то слід шукати можливість їх спільного використання.

Якщо немає прісних підземних і поверхневих вод для господарсько-питного водопостачання, допускається використання мінералізованої і морської води за умови її опріснення, а також геотермальних вод, якщо вони задовольняють санітарні вимоги, а їхня максимальна температура не перевищує 24-26 °С [2].

Вибір джерел виробничого водопостачання слід виконувати відповідно до вимог споживача. При цьому слід пам'ятати, що використання підземних вод питної якості для виробничих процесів можливе лише в районах, де немає інших джерел водопостачання або коли для цих цілей потрібна вода питної якості. Таким чином, основними джерелами виробничого водопостачання є поверхневі, частково мінералізовані та геотермальні води.

Обирати джерела потрібно на підставі даних топографічних, гідрологічних, гідрогеологічних, санітарних та інших досліджень, а також оцінки якості за основних, а інколи і за обумовлених водоспоживачами показників. При цьому джерело водопостачання повинно бути відповідним основним, загальним для всіх споживачів вимогам [1]:

- забезпечувати отримання необхідної кількості води з урахуванням норм водоспоживання і перспективного розвитку об'єкта,
- забезпечувати безперебійність постачання водою споживачів й подачу води з найменшою витратою коштів;
- забезпечувати якість води, що найбільшою мірою відповідна потребам споживання або дає змогу досягти потрібної якості після найпростішої і найдешевшої її обробки;
- мати таку потужність, за якої відбір води з джерела на потреби об'єкта не порушить екосистеми, що до цього склалися.

Окрім цих загальних вимог, для правильного вибору джерела відповідно до оцінки використання водних ресурсів слід мати на увазі такі фактори [1]:

- витратний режим і водогосподарський баланс стосовно джерела з прогнозом на 15-20 років;
- прогноз можливої зміни якості води;
- якісні і кількісні характеристики наносів і сміття, режим їх переміщення;
- стійкість берегів;
- наявність вічномерзлих ґрунтів;

- можливість промерзання і пересихання джерела;
- сніжні лавини, селеві й інші стихійні явища;
- осінньо-зимовий режим джерела і характер шуго-льодових явищ;
- коливання температури води в джерелі за порами року на різних глибинах;
- характер проходження льодоходу та весняно-літніх повеней;
- запаси й умови поповнення підземних вод, а також можливе їх порушення;
- техніко-економічна схема умов використання вод різних джерел;
- можливість штучного поповнення і створення запасів підземних вод.

У разі вибору як джерела водопостачання поверхневих вод забезпеченість їх середньомісячних або середньодобових витрат, максимальних і мінімальних рівнів води потрібно брати залежно від категорії надійності подачі води, відповідно до характеристик водоспоживачів.

Остаточню джерело водопостачання об'єкта обирають на підставі техніко-економічного обґрунтування. При цьому аналізують і порівнюють такі показники альтернативних варіантів, як якість води, потужність джерела, його віддаленість від об'єкта, вартість забору, очищення і подачі води споживачам. Обов'язковими техніко-економічними обґрунтування вибору джерела водопостачання є за таких умов [1]:

- а) обидва можливих джерела поверхневі, але в місцях, передбачених для забору води, їх гідрологічні умови різні: вони відрізняються якістю води; віддаленістю від об'єкта водопостачання; висотою підйому води тощо;
- б) один із можливих джерел підземний, а другий поверхневий;
- в) обидва можливих джерела водопостачання підземні, але відрізняються один від одного умовами, зазначеними в пункті "а".

Досвід свідчить про те, що водопостачання малих, а інколи й середніх за розмірами населених пунктів економічно вигідно влаштовувати з використанням підземних джерел. Для водопостачання великих міст вигідніше використовувати поверхневі води (з відповідним їх очищенням) або в сукупності з підземними [1].

Промислові підприємства можуть використовувати не лише прісну поверхневу воду, але дуже часто й солону морську, без будь-якого її очищення або ж з найпростішим очищенням. Однак деякі виробництва потребують набагато чистішої води, ніж вода для господарсько-питних цілей. Тому питання про джерело водопостачання в кожному випадку треба розглядати з огляду на місцеві умови, вимоги споживача та на підставі аналізу можливих альтернативних варіантів [1].

### 1.3. Поняття про водозабірні споруди

Водозабірні споруди – це споруди, призначені для забору води з природного джерела, грубого її очищення та подавання у водопровідну мережу або на очисні споруди. Залежно від природних умов водного джерела, потреб водоспоживання, експлуатаційних характеристик та конструктивних особливостей водозабірні споруди класифікують за такими ознаками [1]:

- тип джерела водопостачання – поверхневі, підземні, атмосферні, комбіновані;
- призначення – господарсько-питні, технічні (виробничі), сільськогосподарські, загальні;
- продуктивність – мала (до 1 м<sup>3</sup>/с), середня (від 1 до 6 м<sup>3</sup>/с), велика (понад 6 м<sup>3</sup>/с);
- тривалість експлуатації – постійні, тимчасові;
- категорія централізованої системи водопостачання за надійністю дії або за ступенем забезпеченості подачі води – I, II, III (табл. 1.1) [3].

Таблиця 1.1

#### Категорія централізованої системи водопостачання за надійністю дії або за ступенем забезпеченості подачі води

Категорія систем водопостачання	Умови функціонування системи водопостачання під час ліквідації аварійних ситуацій		
	зниження подачі води		обмеження у водопостачанні
	%	за часом	
I	≤ 30	≤ 3 діб	допускається на час вимкнення пошкоджених та увімкнення резервних елементів системи ≤ 3 діб 10 хв
II	≤ 30	≤ 10 діб	допускається на час вимкнення пошкоджених та увімкнення резервних елементів системи та виконання ремонту ≤ 3 діб 6 год
III	≤ 30	≤ 15 діб	допускається на час вимкнення пошкоджених та увімкнення резервних елементів системи та виконання ремонту ≤ 3 діб 24 год

Об'єднані системи централізованого питного, протипожежного та виробничого водопостачання в населених пунктах за кількістю жителів, що в них постійно проживають, визначають так:

- більш ніж 50 тис. – I категорії;
- від 5 тис. до 50 тис. включ. – II категорії;
- менш ніж 5 тис. жителів – III категорії.

## ***Запитання для самоконтролю***

1. Назвіть загальні обсяги води на земній кулі.
2. Який відсоток в загальній кількості води у гідросфері Землі становлять прісні води?
3. Як поділяють джерела прісної води за характером знаходження?
4. Назвіть джерела прісної води, які використовують для водогосподарських потреб найширше.
5. Які води належать до поверхневих? Вкажіть їх основні характеристики.
6. Які води належать до підземних? Як вони формуються?
7. Що таке атмосферні води?
8. Чим характеризуються води льодовиків?
9. З якою метою створюють водосховища?
10. Назвіть основні вимоги до джерел водопостачання.
11. Які джерела є найкращими для питного водопостачання? Чому?
12. Які джерела рекомендуються для виробничого водопостачання?
13. На підставі яких досліджень обирають джерело водопостачання?
14. Які показники порівнюють, розглядаючи альтернативні варіанти в обґрунтуванні вибору джерела водопостачання?
15. Що таке водозабірні споруди? Яким чином їх класифікують?
16. Назвіть категорії поділу централізованої системи водопостачання за надійністю дії або за ступенем забезпеченості подачі води. Як визначають ці категорії?

## **Тема 2. ПОВЕРХНЕВІ ДЖЕРЕЛА ВОДОПОСТАЧАННЯ. ХАРАКТЕРИСТИКИ РІЧОК**

### ***2.1. Загальні особливості поверхневих джерел***

Характерною особливістю води поверхневих джерел є її відносно велика каламутність (особливо в період паводків), значна кількість органічних речовин і бактерій, цвітіння, малий вміст солей і, зокрема, невелика жорсткість (за винятком води морів і деяких озер). Якість і кількість води поверхневих джерел значною мірою залежать від кількості та інтенсивності атмосферних опадів, танення снігів, забруднень, що надходять з поверхні землі. Крім того, кожне джерело має власну характеристику, що охоплює територіальні, кліматичні, метеорологічні, топографічні, геологічні, гідрографічні, гідрогеологічні, біологічні та інші фактори, а також дані про якість води та її санітарний стан [1].

## 2.2. Річки та їх характеристики

Річки являють собою природні відкриті водяні потоки, що течуть у зниженнях земної поверхні по розроблених ними неперервних руслах. У природному, тобто незарегульованому стані, річки оцінюють переважно за гідрологічними даними, такими як живлення, стік і витрати; швидкість та рівень води; льодовий режим; твердий стік, а також стійкість русла та біологічні фактори. Додатково характеризують річку за допомогою топографічних і геологічних факторів, відомостей про її санітарний стан і використання води водоспоживачами та водокористувачами [1].

*Живлення, стік і витрати.* Річки мають надзвичайно різноманітний складний режим живлення і стоку. Вирішальний вплив на особливості режиму живлення річок мають кліматичні та гідрогеологічні фактори. Для більшості річок основними джерелами живлення є атмосферні води – дощові, снігові, льодові і змішані. Підземними водами річки живляться меншою мірою. Від типу джерела значною мірою залежить і *стік річки*, тобто кількість води, що протікає через переріз річки за той чи інший проміжок часу (рік, сезон, місяць, декаду чи день) і її *витрата*, тобто інтенсивність стоку в той чи інший момент часу. Річковий стік і витрати змінюються залежно від часу і ділянки річки. Зазвичай вони збільшуються у міру збільшення водозбірної площі, тому визначаються для певного місця чи перетину створу річки (рис. 2.1) [1].



Рис. 2.1. Початок і закінчення річки Дніпро

Наявність у річковому басейні озер, водосховищ чи боліт зменшує максимальний стік, створює умови для його більш плавного переходу до мінімального, що настає у період межені, коли річки живляться переважно підземними водами. Загалом річкам в незарегульованому стані властива значна нерівномірність стоку і витрат як за порами року, так і за роками спостережень [1].

*Швидкості і розмиви.* Швидкості руху води в річках значною мірою залежать від їх режиму, що впливає на інтенсивність розмивання русел і берегів (рис. 2.2). Одночасно швидкість річкового потоку залежить і від шорсткості русла, окреслень його в плані, форм поперечного перерізу, похилу дна, водної рослинності, льодового покриву, сили та напрямку вітру. Швидкість руху води змінюється як вздовж річки, так і в її живому перерізі. Як правило, швидкість води зменшується по вертикалі від поверхні до дна, а по горизонталі – від середини до берегів. Змінюються швидкості в широких межах (від 0 до 5 м/с і більше) і розподіляються по живому перерізу потоку вкрай нерівномірно. Від цих показників залежить стійкість дна річки, рух наносів, льодовий режим, тип водозабору та його експлуатація, кольматація інфільтраційної поверхні [1].



Рис. 2.2. Наслідки розмиву берега

*Рівні.* Від стоку і швидкості руху води в річках залежить і коливання її рівня (рис. 2.3). Розрізняють сезонні або річні, багаторічні і випадкові коливання. Сезонні та багаторічні коливання рівнів води легко прогнозуються на підставі графіків тривалості та кривих забезпеченості. Випадкові коливання рівнів води в річках спричинюються заторами, згонами або нагонами, коли за сталих витрат різко зменшуються швидкості руху води. Такі коливання важко прогнозувати, вони часто мають характер стихійних явищ [1].



Рис. 2.3. Визначення рівня води в річці

Паводки на річках можуть спричинити прориви гребель, захисних дамб та інших споруд, що несе загрозу затоплення заплавл річок й інших територій, а в окремих випадках може призвести навіть до катастрофічних наслідків (рис. 2.4).



Рис. 2.4. Наслідки паводку

*Льодовий режим.* Льодовий режим річок формується під дією численних факторів, які можна розділити на три основні групи: *термічні*, що визначають тепловий баланс річки в різні пори року; *морфометричні*, які зумовлюють зміни термічного режиму річок, особливо льодового, або їх окремих ділянок внаслідок значних змін характеристик русла (похилу, звивин, глибини, ширини тощо) і *антропогенні*, що охоплюють різні види використання річок [1].

За характером льодового режиму річки поділяють на чотири групи: зі стійким льодоставом, з постійним льодоставом, з окремими льодовими явищами і без льодових явищ.

Для річок зі *стійким льодоставом* характерні три фази льодового режиму – замерзання, льодостав і скрес; для річок з *постійним льодоставом* – замерзання і скрес, частково льодостав; для річок з *окремими льодовими явищами* – часткове замерзання [1].

Перед суцільним замерзанням річки біля її берегів спочатку з'являються так звані *забереги* (рис. 2.5), які складаються з нерухомих смуг тонкої криги в місцях зі слабкою течією.



Рис. 2.5. Формування заберегів

Іноді перед становленням суцільного крижаного покриву в річці внаслідок переохолодження води утворюється внутрішньоводний лід, який називається *шугою*. Цей лід тримається у воді в завислому стані і являє собою крихкі зубчасті масиви різної форми (рис. 2.6) [1].



Рис. 2.6. Шуга

На рівнинних річках зі спокійною течією і невеликими швидкостями суцільний льодовий покрив утворюється в міру почастішання мінусових температур досить швидко. Але льодовий режим річок залежить не тільки від поверхневих температур повітря, а й від умов протікання річки по рівнині, в передгір'ї чи в горах. Від тих самих факторів залежить і характер льодових явищ – утворення льодового покриву, шуги чи донної криги (кристалів льоду на поверхні порід, що утворюють дно річки) [1].

Навіть на рівнинних річках до настання стійкого льодового покриву або під час скресу річки за мінусових температур повітря знижується і температура води, часто до від'ємної. Інколи внаслідок турбулентного перемішування і хвильових явищ вся маса води переохолоджується, що веде до утворення *внутрішньоводного льоду – шуги і донного льоду*. Інтенсивне утворення внутрішньоводного льоду характерне для всіх річок зі стійким і нестійким льодоставом на початку зими.

Утворена шуга, залежно від її кількості та розподілу по живому перерізу потоку, може частково або майже повністю заповнювати річку, чим значно ускладнює забір води з неї.

Для характеристики шуго-льодових явищ на річках зручно користуватися класифікацією, запропонованою Е.Л. Лазаряном [1]:

- шугові явища, що оцінюються в один бал – це явища за малої кількості шуги (до 25 % по живому перерізу), шугохід до трьох діб, без утворення заберегів, вся шуга транспортується у верхньому шарі води;
- два бали – середня кількість шуги (до 50 % по живому перерізу), шугохід до сімох діб з утворенням шугових заберегів і транспортування шуги у верхній половині живого перерізу потоку;
- три бали – велика кількість шуги (до 90 % по живому перерізу), шугохід більш ніж сім діб з утворенням шугових заберегів і заповненням живого перерізу потоку шугою.

Окрім утворення і транспортування внутрішньоводної криги, до льодових явищ на річках належать *зажори* – накопичення шуги під льодяним пластом і *затори* – накопичення брил криги під час скресу річок. Зажори та затори викликають різке підняття рівнів води, що сягає декількох метрів, створюючи загрозу затоплення прилеглих територій і споруд, зокрема й водозабірних. Ці явища найчастіше виникають на ділянках річки зі зміною похилу з більшого на менший, у місцях зменшення ширини річки, на крутих поворотах, поблизу природних і штучних перепон. Затори найчастіше виникають на річках, що течуть з півдня на північ, скрес верхів'я яких починається тоді, коли в нижніх ділянках річки крига ще досить міцна.

*Наноси* – тверді частинки, продукт розмивання дна і берегів річок, змивання ґрунтів і забруднень з поверхні річкового басейну, що переносяться потоком (рис. 2.7). Кількість і вид наносів залежать від багатьох факторів: основного джерела живлення річки; швидкості руху річкового потоку; властивостей порід, що утворюють русло; водної рослинності; стану поверхні водозабірної басейну; періоду та інтенсивності сніготанення; розроблення прирічкових зон тощо [1].



Рис. 2.7. Намули

Наноси в річковій воді поділяють на завислі, тобто ті, що перебувають у воді у зваженому стані; і донні – ті, що тягнуться по дну. Стан наносів у річковому потоці повністю залежить від його швидкості і гідравлічної крупності частинок намулів. Унаслідок збільшення швидкості потоку донні замули можуть переходити в завислий стан, і навпаки, за зменшення швидкості завислі наноси переходять у донні, а донні – у відкладення [1].

Наноси, що переносяться річкою, відкладаються в тих чи інших місцях русла і заплави і таким чином переформовують річкову долину. Знання характеру руслових деформацій дає змогу правильно оцінити вплив наносів на роботу водозабору, обрати місце його розміщення і застосовувати найбільш раціональні засоби його захисту від наносів. За будь-якого типу руслового процесу русло річки в плані має більш-менш звивисту форму у вигляді меандр (рис. 2.8) [2].



Рис. 2.8. Річка, що меандрує

Меандрування русла навіть на прямолінійній ділянці річки пояснюється розмиванням берегів, складених нестійкими породами, поперечною циркуляцією річкового потоку через його неусталеність, дією відцентрових сил та сил Коріоліса, зумовлених обертанням земної кулі. Виникнення плесових улоговин біля увігнутих берегів та боковиків біля випуклих берегів пояснюється специфікою структури річкового потоку на його вигині: потік, набігаючи на увігнутий берег, розмиває його, утворює у цьому місці підвищення рівня і прямує вниз, де біля дна разом з частками розмитого ґрунту отримує новий напрямок вбік випуклого берега (рис. 2.9) [2].

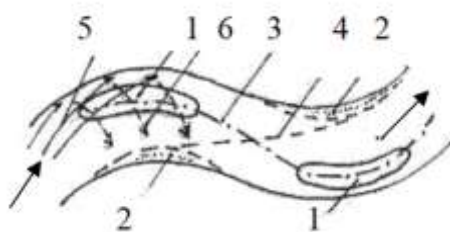


Рис. 2.9. План ділянки русла річки і структура річкового потоку на його вигині:  
 1 – плесові улоговини (поздовжні заглиблення); 2 – боковики (скупчення вимитого ґрунту); 3 – тальвег (лінія, що сполучає найбільш глибокі точки русла); 4 – гребінь перекату; 5 – поверхневі токи; 6 – донні токи

*Руслові деформації.* На формування русел річок, окрім швидкостей потоку води в них, змін витрат та рівнів твердого стоку, великий вплив мають геологічні, топографічні, гідрогеологічні та інші фактори, які викликають зміну обрису берегів, русел, а також їх зміни і переміщення.

Усі руслові деформації поділяють на зворотні й незворотні, тобто односпрямовані. *До незворотних деформацій* належать багатолітні зміни повздовжнього профілю річки і відповідні зміни її внутрішньої морфологічної структури. *До зворотних деформацій* належать деформації, пов'язані з переміщенням у руслі великих піщаних гряд, сезонні зміни конфігурації дна на плесах і перекатах, розмиви і намиви берегів, що ведуть до руйнування старих і формування нових ділянок заплав, створення нових проток та відмирання старих [1].

Загалом всі річки, враховуючи різні типи деформацій, поділяють, за С.Г. Алтуніним, на три основні групи: блукливі, нестійкі, стійкі [1].

*Блукливі річки* – це річки з великою зміною русла, що виражається в змінах як обрисів у плані, так і глибин на плесах і

перекатах; річні переміщення руслових утворень цих річок можуть досягти 200 м і більше. Такого типу річок в Україні немає.

*Нестійкі річки* – це річки з досить невеликою і повільною зміною русла; річні переміщення руслових утворень вниз по течії в них не перевищують 70-100 м. Такими річками в Україні можна вважати Дніпро і Дністер.

*Стійкі річки* – це річки, що протікають у стійких, мало здатних до розмивання породах з невеликими швидкостями, що несуть дуже малу кількість мулу.

### **Запитання для самоконтролю**

1. Назвіть характерні особливості поверхневих джерел.
2. Що таке річка? Які гідрологічні характеристики річки вам відомі?
3. Назвіть джерела живлення річок.
4. Дайте визначення таким поняттям, як «стік» та «витрата річки».
5. Від чого залежить швидкість руху води в річках?
6. Як змінюється швидкість річки в її живому перерізі?
7. Які бувають коливання рівнів води в річках? Чи можна їх прогнозувати?
8. У чому полягає небезпека паводків?
9. Назвіть фактори, які впливають на формування льодового режиму.
10. На які групи поділяють річки за характером льодового режиму?
11. У чому полягає небезпека шуги для функціонування водозаборів?
12. Як класифікують шуго-льодові явища на річках?
13. Дайте визначення таким поняттям, як «зажори» і «затори» на річках. Яку загрозу вони можуть створити?
14. Що таке наноси? Від чого залежить їх кількість і вид?
15. У якому стані перебувають наноси у річковому потоці?
16. Чим пояснюється меандрування русла річки?
17. Що називають зворотними і незворотними русловими деформаціями?
18. На які групи поділяють річки за типом руслових деформацій?

## Тема 3. ХАРАКТЕРИСТИКИ ОЗЕР, ВОДОЙМИЩ, МОРИВ. ДЖЕРЕЛА ЖИВЛЕННЯ І ЗАБРУДНЕННЯ ВОДОЙМ

### 3.1. Озера і їх характеристики

Озера – це природні водойми з уповільненим водообміном. В Україні озерами вважають впадини на суходолі, в долинах річок та узбережжі морів, що постійно або періодично заповнені водою (рис. 3.1) [1].



Рис. 3.1. Озеро

Озерне річище або чаша озера, що сягає висоти максимального підняття води, поділяється на глибинну і берегову ділянки. Воно поступово під дією хвиль змінює свою конфігурацію внаслідок руйнування берегів.

Зміна рівнів води в озерах залежить від кількості води, яка надходить в озеро у вигляді опадів, поверхневих вод річок і струмків, що впадають у нього, води з поверхні водозбірною басейну, підземних вод, сконденсованої водяної пари на поверхні озера, і витрачається з нього у вигляді випаровування з поверхні, стоку річок, що витікають з нього, підземного стоку. Природно, що порушення рівноваги між прибутковою частиною озера і його витратною частиною веде до зміни рівня води [1].

Рівень води в озерах коливається також під тривалою дією вітру одного напрямку, що викликає *згони* і *нагони*, в результаті чого поверхня озера може набирати похиле положення замість горизонтального. При цьому виникають вітрові течії на поверхні озера і зворотні щодо них течії в глибинних пластах. Амплітуда коливань згінно-нагінних явищ на великих озерах змінюється в межах 0,5-1 м [1].

У результаті дії вітру на поверхні озера утворюються хвилі, розміри яких залежать від сили, напрямку і тривалості вітру, а також розмірів і глибини озера. Висота хвиль на озерах може сягати трьох і більше метрів.

Інколи в озерах виникають коливальні рухи, які охоплюють усю водну масу озера до дна. Найчастіше такі коливання зумовлені різними змінами барометричного тиску над частиною озера. Амплітуда коливань може змінюватись від 0,1 до 2 м [1].

Замерзають і скресають озера плавніше, ніж річки (рис. 3.2). Звичайно лід на озерах встановлюється раніше, ніж на річці, а скресає пізніше, що пояснюється дуже малими швидкостями руху води на поверхні озер, які не створюють перешкод під час утворення льодоставу і не сприяють руйнуванню льоду під час льодоходу. Льодовий покрив на озерах утворюється майже одночасно з настанням мінусових температур повітря. У перші дві-три декади після встановлення льодоставу він інтенсивно наростає, і його товщина більша, ніж на річках [1].



Рис. 3.2. Озеро у період замерзання

### **3.2. Водоймища і їх характеристики**

*Водоймища* – це штучні споруди, які будують в умовах нерівномірного розподілу річкового стоку з метою його регулювання для забезпечення водопотреб споживачів та користувачів. Штучні водоймища, об'єм яких за нормального підпертого рівня рівний або перевищує 1 млн м<sup>3</sup>, називають *водосховищами* (рис. 3.3), а водоймища, що мають об'єм, менший за 1 млн м<sup>3</sup>, називають *ставками* (рис. 3.4) [1].



Рис. 3.3. Водосховище



Рис. 3.4. Ставок

Заповнюються водоймища, як правило, у повінь та паводок. Витрати води водосховищ і ставків поділяють на *продуктивні*, тобто корисні, які використовують для цілей водопостачання та інших господарських потреб, і *непродуктивні*, що не використовуються, а являють собою випаровування з водної поверхні, фільтрацію через річище водосховищ, льодоутворення, скид через водопропускні споруди.

Коливання рівнів води у водосховищах, яке на відміну від озер може бути великим, залежить від основного призначення водосховища,

витрат води і часу заповнення. Водосховища, як і озера, замулюються, цвітуть ще більше, ніж озера, і до деякої міри мінералізуються. Глибина у водосховищах зростає у міру близькості до греблі, а замулювання, навпаки, найінтенсивніше відбувається на протилежному боці від греблі – у місцях впадіння річок, струмків та виходів ярів і балок. Льодові явища на водосховищах аналогічні таким самим явищам, як і на озерах [1].

### **3.3. Моря та їх характеристики**

Україну з півдня омивають води Чорного і Азовського морів. Морська вода, на відміну від води річок, озер, водосховищ, каналів, має гірко-солоний смак, що не дає змоги широко використовувати її для господарсько-питного водопостачання і зрошування (рис. 3.5).

Використовують морську воду здебільшого у промисловості для охолодження парових турбін електростанцій і технологічних установок, а також для бальнеологічних (лікувальних) цілей [1].



Рис. 3.5. Моря

Солоність морської води зумовлюється великою кількістю розчинених у ній солей, переважно хлоридів. Завдяки цьому морська вода агресивна стосовно металів, бетону і залізобетону. Природні умови морів як джерела водопостачання також мають свою специфіку, що суттєво відрізняє їх від інших поверхневих вод.

Найвпливовішими явищами морів, які не притаманні або майже не притаманні іншим поверхневим джерелам, є гідрологічні, гідрографічні, метеорологічні та біологічні явища [1].

*Гідрологічні явища* – це положення рівнів води, хвильові явища, припливи і відпливи, згони і нагони, сейшеві явища, морські течії та льодовий режим.

*Хвильові явища* бувають вітровими, що виникають під дією вітру, сейсмічними, що виникають унаслідок тектонічних процесів у земній корі, та корабельними, що виникають наслідок руху кораблів.

*Припливи і відпливи* є наслідком притягування Землі небесними тілами, переважно Місяцем і меншою мірою Сонцем. Мають вони циклічний характер, їх розміри – 0,05-0,20 м на закритих морях (Чорне, Азовське) і 5-12 м на відкритих морях.

*Згони і нагони* мають незакономірний характер і залежать здебільшого від сили і стійкості вітру, що діє на водну поверхню, а також від конфігурації берега моря, рельєфу, його дна, стоку річок, які впадають у море. Висота згонів і нагонів може коливатися в широкому діапазоні – від 0,4 до 4 м і більше.

*Сейшеві явища* – це періодичне підняття та опускання рівня води на деяких ділянках моря внаслідок різкої зміни атмосферного тиску в деяких його місцях. Період сейшевих коливань триває від декількох хвилин до декількох годин і зазвичай не перевищує 1 м.

*Морські течії* – це рух води в прибережній зоні морів, в гирлових ділянках річок. Вони бувають гравітаційними, дрейфовими, припливно-відпливними, глибинними, циркуляційними і стічними. Практично вони впливають тільки на якість води та формування дна в прибережній зоні.

*Льодові явища* на морях значно складніші, ніж на річках. Льодовий покрив тут утворюється за нижчих температур. Часто внаслідок дії вітру і хвиль поверхневий лід ламається, утворюючи в прибережній зоні затори, тороси, а восени і навесні – шугозажори.

*Гідрографічні умови* – це обриси берегової лінії (рівні відкриті береги, невеликі акваторії, бухти, затоки, протоки, миси, коси тощо), рельєф надводної смуги узбережжя, а також морського дна, що прилягає до урізу води в морі.

*Метеорологічні умови* – вітри, температура води і атмосферний тиск.

*Біологічні умови* морів мають свої особливості. Вода морів також зазнає цвітіння (рис. 3.6), але на відміну від прісноводних джерел цвітіння морської води спричинює зоопланктон, тобто інтенсивний розвиток найпростіших організмів тваринного походження. На відміну від річок, водосховищ і каналів в морях значно сильніше розвивається процес обростання. Інтенсивність обростання коливається в широких межах – від 0,5 кг/м<sup>2</sup> (в північних морях) до 12 кг/м<sup>2</sup> (в тропічних морях) на місяць [1].



Рис. 3.6. Цвітіння Чорного моря

### **3.4. Живлення і забруднення водою**

Якісні та кількісні характеристики поверхневих джерел залежать від кількості та інтенсивності атмосферних опадів, танення снігів, надходження забруднень. Поверхневим джерелам можуть бути властиві такі явища, як утворення шуги і формування шугозаторів, накопичення донного льоду, пересихання водойм, зміна русел, створення заторів зі сміття, деревини тощо. Гірські річки, внаслідок великих швидкостей течії, переміщують багато намулів. При цьому транспортуються не тільки маленькі часточки ґрунту, але й каміння. Коливання рівнів води в поверхневих джерелах може бути доволі значним [2].

Типову циклічну схему живлення, використання й забруднення річки наведено на рис. 3.7. Беручи початок у горах 1, річка витікає у вигляді струмка 2 та на своєму шляху поповнюється водою з різних джерел і приток 3, живиться дощовими й талими водами з поверхні землі 4, одночасно забруднюючись мінеральними домішками (глина, пісок) 5. При цьому вода з поверхні річки по всій її довжині випаровується. Піднімаючись угору, водяна пара 6 конденсується у хмарах 7, переноситься на певну відстань та знову повертається на землю у вигляді атмосферних опадів 8, тим самим поповнюючи водою річку.

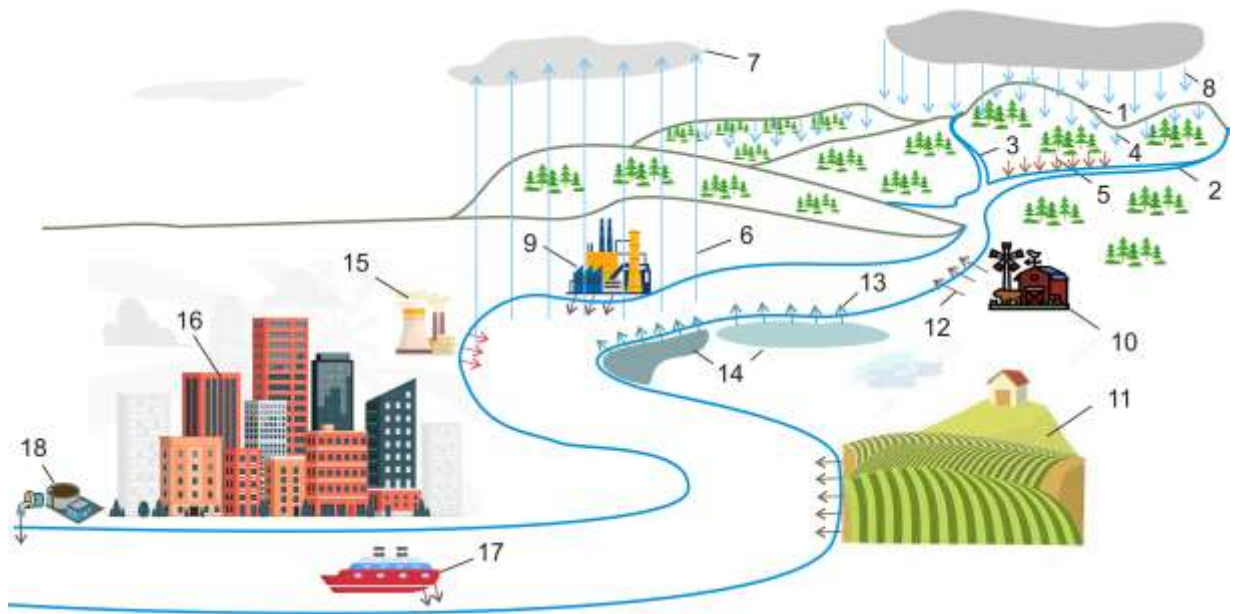


Рис. 3.7. Схема живлення, використання й забруднення річки

Річкова вода на своєму шляху інтенсивно відбирається і використовується для різних потреб, натомість до річок можуть надходити додаткові забруднення антропогенного походження. Так, підприємство 9 забирає воду з річки, а назад може скидати недостатньо очищені стічні води з хімічними, біологічними чи бактеріологічними забрудненнями; з ферм 10 можуть надходити в річку біологічно забруднені стоки 12; з полів 11 можуть змиватись пестициди, гербіциди тощо; теплові станції 15 можуть скидати теплі води, які також негативно впливають на якісні показники річкової води, особливо влітку, що призводить до загибелі риби; додатково насичують воду органічними домішками 13 заболочені місця 14; транспорт 17 може скидати різні забруднювальні речовини, здебільшого нафтопродукти. Таким чином, населений пункт 16 може забирати для своїх потреб вже достатньо забруднену воду з річки, що потребує перед використанням її очищення. Стічні води від населеного пункту спочатку надходять на каналізаційні очисні споруди 18, а далі скидаються у річку, де перемішуються з річковим потоком. В подальшому завдяки самоочисній здатності річки відбувається біологічний розклад забруднювальних речовин, які потрапили до неї зі стічними водами [2].

Інтенсивне антропогенне забруднення поверхневих джерел (особливо зі слабкою течією) значно ускладнює їх використання як джерела водопостачання. Води озер, ставків, водосховищ, що приймають стоки з сільськогосподарських угідь, являють собою родюче середовище, де відбувається бурхливий ріст водних рослин на

значному просторі, які, відмираючи, падають на дно. Там вони розкладаються аеробними бактеріями, які споживають для цього кисень, що призводить до замору риби. Поверхнєве джерело заповнюється плавучими і прикріпленими водоростями та іншими водними рослинами. Синьо-зелені водорості, або ціанобактерії, надають воді забарвлення, викликають поганий запах, покривають камені слизистою плівкою (рис. 3.8) [2].



Рис. 3.8. Цвітіння водойм

Отже, розглядаючи поверхнєві джерела, користуються таким поняттям як *гідробіоценоз*. Він являє собою біологічну систему, що є сукупністю популяцій різних біологічних об'єктів, які населяють водне середовище та пов'язані з ним обміном речовин і енергії. Багато біологічних видів, що населяють водойми та річки є надзвичайно корисними, навіть необхідними для підтримки екологічної єдності цієї екосистеми. Однак деякі з видів створюють великі незручності для водозабірних споруд і загалом для водокористування [1].

Особливо велику роль відіграють вищі водні рослини. Вони є первинними у створенні органічних речовин та кисню, беруть активну участь у самоочищенні води, становлять перепону на шляху надходження органічних та мінеральних забруднень з водозбірної площі у річці чи водосховищі, а головне – є субстратом для річкового біоценозу загалом. Вищі водні рослини зазвичай зосереджені по берегах річок, водосховищ, озер, ставків, лиманів. За незначної течії, і особливо за її відсутності та малої глибини, ними може заростати навіть усе русло. Вони бувають повітряно-водні, занурені та з плавучими листками (рис. 3.9).



Рис. 3.9. Вища водна рослинність

Окрім вищої водної рослинності, великі незручності для систем водопостачання створює біоценоз, представлений фіто- та зоопланктоном, який не тільки перешкоджає забору води із джерела, а й ускладнює її очищення (рис. 3.10) [1].



Рис. 3.10. Фіто- та зоопланктон

Ще одним фактором, що утруднює забір води із поверхневих джерел, є біообростання, тобто поселення водних організмів на твердих предметах, занурених у воду (рис. 3.11) [1].



Рис. 3.11. Біообростання, спричинене річковою дрейсеною

Це явище спостерігається і на приймальних конструкціях водозаборів.

### ***Запитання для самоконтролю***

1. Що являють собою озера? Які джерела живлення озер вам відомі?
2. Від чого залежить коливання рівнів води в озерах?
3. Які природні явища спостерігаються на озерах?
4. Дайте визначення поняттям «водоймище», «водосховище», «ставок».
5. У які періоди року заповнюються і спорожнюють водоймища?
6. На які види поділяють витрати водоймищ?
7. Де найбільша глибина у водосховищі? Де найбільше замулення?
8. Який характер мають льодові явища на водосховищах та озерах?
9. Чим зумовлена солоність морської води?

10. Де використовують воду морів?
11. Які гідрологічні явища притаманні морям?
12. Назвіть причини виникнення хвильових явищ на морях.
13. Чим викликані припливи і відпливи на морях?
14. Від чого залежать згони і нагони на морях? Яка їх висота?
15. Вкажіть причину сейшевих явищ на морях.
16. Що таке морські течії? Які вони бувають?
17. Охарактеризуйте льодові явища на морях.
18. Чим зумовлюється цвітіння морської води?
19. Що таке гідробіоценоз?
20. Якою є роль вищої водної рослинності в поверхневих водоймах?
21. Внаслідок чого відбувається біообростання? У чому його небезпека?

#### **Тема 4. СПОРУДИ ДЛЯ ЗАБОРУ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД: ПРИЗНАЧЕННЯ, КЛАСИФІКАЦІЯ, РОЗМІЩЕННЯ**

##### ***4.1. Призначення і класифікація споруд***

Водозабірні споруди (водозабори) призначені для забору розрахункової витрати води з відкритих природних водних джерел, захисту водоприймача від попадання в нього з водою сміття, намулів, льоду, водоростей, риби, біологічного обростання, а також попереднього очищення води від завислих речовин (рис. 4.1) [5].



Рис. 4.1. Водозабір з поверхневого джерела

Водозабори повинні забезпечувати:

- приймання з природних джерел води найкращої якості і в розрахунковій кількості;
- надійність і безперебійність роботи;
- економічність, тобто мінімум витрат на будівництво і експлуатацію як самих споруд, так і безпосередньо зв'язаних з ними насосної станції і водоочисних споруд;
- простоту і зручність в експлуатації.

Виконання цих вимог досягається правильним вибором типу водозабору, його розмірів та місця розташування.

Споруди для забору води з поверхневих джерел класифікують наступним чином [5]:

- за типом джерела – на річкові, водосховищні, озерні, морські і каналні (рис. 4.2);

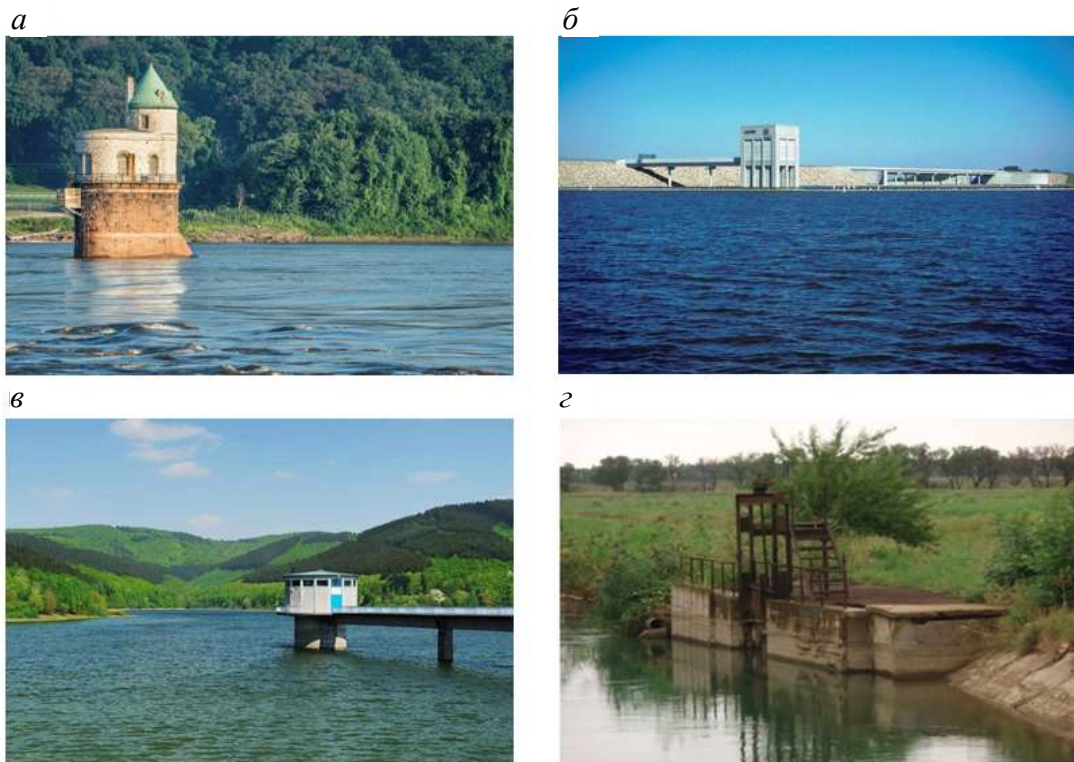


Рис. 4.2. Різновиди водозаборів:

а – річковий; б – водосховищний; в – озерний; г – каналний

- за ступенем стаціонарності – на стаціонарні (з постійною розрахунковою відміткою водоприймання) і нестаціонарні (плавучі, пересувні);
- за тривалістю періоду експлуатації – на постійні і тимчасові;
- за призначенням – на господарсько-питні, виробничі (технічні і сільськогосподарські) і пр отипожежні;

- за способом приймання води з природного джерела (місця влаштування водоприймача) – на берегові, руслові, інфільтраційні і комбіновані;
- за технологічними і конструктивними особливостями – на суміщені, роздільні, ковшові, пригребельні;
- за продуктивністю – малі (до 1 м<sup>3</sup>/с), середні (1-6 м<sup>3</sup>/с), великі (понад 6 м<sup>3</sup>/с);
- за потрібною категорією надійності подавання води – на три категорії згідно з табл. 4.1 [3, 4].

Таблиця 4.1

**Категорії надійності забезпечення подачі води споживачам**

Вимоги до надійності водозабезпечення	Категорія водозабору	Забезпеченість, %		
		мінімальних витрат води	Розрахункових рівнів води у джерелі	
			максимального	мінімального
Припустиме зниження подачі води на 30% розрахункової витрати протягом 3 діб, а перерва в подачі води – не довше 3 діб на 10 хв	I	95	1	97
Допускається зниження подачі води на 30% протягом 10 діб, а перерва в подачі води – не довше 3 діб на 6 год	II	90	3	95
Тривалість зниження подачі води не повинна перевищувати 15 діб, а перерва в подачі води – не довше 3 діб на 24 год	III	85	5	90

**4.2. Вибір місця влаштування річкового водозабору**

У виборі місця влаштування водозабору слід керуватися такими рекомендаціями [5]:

- водозабір, що призначається для подавання води на господарсько-питні потреби, необхідно розміщувати за течією річки вище від місця скидання стічних вод, тобто вище від населеного пункту або промислового підприємства;
- водозабір не слід розміщувати у гирлах приток та біля виходів до річки балок та ярів;
- водозабір слід розміщувати вище від порожистих місць, бистрин та мостів з русловими опорами, оскільки на цих ділянках інтенсивно

- утворюється підводний лід, який перекриває отвори водоприймальних споруд, що ускладнює експлуатацію водозабору взимку;
- не слід розміщувати водозабори на ділянках з важкими геологічними умовами, що несприятливо впливають на стійкість русла і споруд та викликають необхідність збільшення глибини закладання фундаментів і ускладнюють ведення робіт;
  - водозабір слід розміщувати на ділянках зі сприятливими топографічними умовами, що забезпечують незатоплюваність корінного берега і достатні глибини води біля нього, які потрібні для розміщення водоприймальних отворів (біля увігнутих берегів) з помірною крутизною;
  - водозабір слід розміщувати у таких місцях русла річки, де нема інтенсивного випадання намулів, які зазвичай відкладаються на прямолінійних ділянках та біля опуклих берегів;
  - не можна розміщувати водоприймальники в межах зон руху суден, плотів, у місцях зимівлі і нересту риби, можливого скупчення водоростей, а також виникнення шугозажорів і заторів;
  - у виборі місця влаштування водозабору треба брати до уваги можливість організації зон санітарної охорони за економічно доцільних витрат, змогу комплексного водогосподарського використання водойми для тих чи інших народногосподарських цілей (зрошення, судноплавства, лісосплаву тощо);
  - не рекомендується розміщувати водоприймальники на ділянках нижнього б'єфа ГЕС, що прилягають до гідровузла, у верхів'ях водосховищ;
  - місце розміщування водозабору повинно бути обґрунтоване прогнозами якості води в джерелі, переформування русла й узбережжя, гідротермічного режиму;
  - на великих озерах, водосховищах, морях водоприймальники розміщують за ділянками прибіжних зон;
  - за всіх інших однакових умов з економічних міркувань місце водоприймання повинно бути найближчим до об'єкта водопостачання.

У складних умовах місце влаштування водозабору слід обирати на основі техніко-економічних розрахунків, порівнюючи між собою всі можливі варіанти.

Вибране місце повинно бути погоджене з органами Державного санітарного нагляду, Держводагенством України, а також з усіма зацікавленими водокористувачами. Принципову схему розміщення водозабору на річці наведено на рис. 4.3 [2].

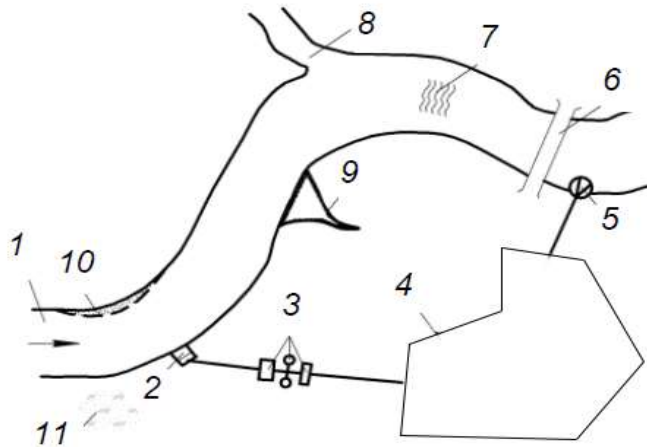


Рис. 4.3. Принципова схема розміщення водозабору на річці:  
 1 – річка; 2 – водозабірні споруди; 3 – інші водопровідні споруди; 4 – об'єкт водопостачання (населений пункт) в проектних межах забудови; 5 – місце скидання стічних вод; 6 – міст; 7 – місця порогів; 8 – притока; 9 – яр; 10 – місця інтенсивного відкладання наносів; 11 – заболочені місця

Водозабір слід розміщувати на стійкому березі, що має за низького рівня потрібну глибину води в руслі біля берега, а також потрібну мінімальну витрату води.

Бажано, щоби водозабір був на увігнутих плесових ділянках річки з радіусом кривизни  $R > 4B$  (де  $B$  – ширина русла в межінь у створі водозабору), причому на річках зі слабким шуго-льодовим режимом – в межах середньої третини, а на річках з інтенсивним шуго-льодовим режимом – в межах третьої чверті довжини кривої увігнутого берега. Якщо русло річки має розгалуження, водозабір розміщують на головній і стійкій протоці [2].

У вибраному створі водозабору обирають місце приймання води водоприймачем. Для гарантованого забору розрахункової кількості води у будь-яку пору року її приймання має відбуватись під рівнем низьких вод (далі – РНВ). Найкраща якість води буде поза зонами I, II, III (рис. 4.4). Розміри цих зон визначаються для конкретних умов проектування [2].

Якщо бракує даних ретельних вишукувань висоту зони I можна орієнтовно брати  $\geq 0,3$  м, а висоту зони III  $\geq 0,5$  м. На висотне положення місця приймання води впливає також товщина льодового покриву та дані про шари води з інтенсивною концентрацією мальків, біопланктону, внутрішньоводного льоду тощо [2].

Влаштування багатоярусного водозабору дає змогу приймати воду найкращої якості в будь-яку пору року.

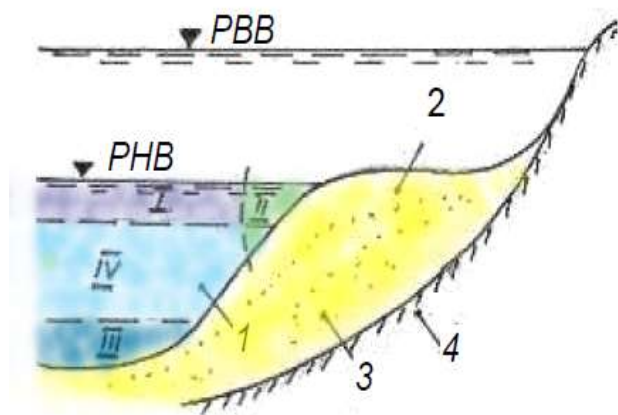


Рис. 4.4. Вибір висотного положення приймання води:

- 1 – меженне русло;
- 2 – заплавна тераса;
- 3 – алювіальні відкладення;
- 4 – корінні породи;
- I – зона нафтопродуктів і плавучих предметів;
- II – зона мілководдя і заростання водною рослинністю;
- III – зона донних намулів;
- IV – зона найкращої якості води

Зазвичай у кожному конкретному випадку місце влаштування водозабірної споруди обирають безпосередньо на місцевості, зважаючи усі фактори впливу та додержуючись таких основних вимог [2]:

- якомога ближче до водоспоживача;
- вище за течією річки від населеного пункту, можливого випуску стічних вод, лісових бірж, товарно-транспортних баз і складів, гирла приток і виходів до річки ярів, мостів, порогів;
- у зоні, найзручнішій для організації зон санітарної охорони;
- на увігнутому березі з радіусом заокруглення не меншим, ніж чотири ширини річки;
- на стійкому березі річки зі сприятливими топографічними, гідрологічними і геологічними умовами;
- на ділянках з достатніми глибинами;
- поза затонами, зонами припливу, в місцях, захищених від хвиль;
- поза можливими ділянками з шугозажорами, заторами, сильним рухом наносів і шуги тощо.

### **Запитання для самоконтролю**

1. У чому полягає призначення водозабірних споруд з поверхневих джерел?
2. Назвіть вимоги, які ставлять до водозаборів.
3. Як класифікують поверхневі водозабори за типом джерела?
4. У чому різниця між стаціонарним і нестаціонарним водозабором?
5. Як поділяють водозабірні споруди за тривалістю періоду експлуатації?
6. Назвіть типи поверхневих водозаборів, зважаючи на призначення.
7. Як класифікують водозабори за способом приймання води з поверхневого джерела?

8. Вкажіть, яким чином класифікують водозабірні споруди за технологічними і конструктивними особливостями.
9. Як поділяють поверхневі водозабори за продуктивністю?
10. Назвіть категорії надійності забезпечення подачі води споживачам водозаборами з поверхневих джерел.
11. Опишіть рекомендації, якими слід керуватися у виборі місця влаштування водозабору.
12. Де знаходиться зона найкращої якості води у створі річки?

## **Тема 5. ОЦІНКА ВОДОЙМИ ТА ВИБІР ТИПУ ВОДОЗАБІРНИХ СПОРУД З ПОВЕРХНЕВИХ ДЖЕРЕЛ**

### ***5.1. Аналіз умов забору води з поверхневого джерела***

Проектуючи системи водопостачання з поверхневих джерел треба проаналізувати умови забору води та оцінити водойму за кількома показниками [5]:

- витратного режиму і водогосподарського балансу щодо джерела і з прогнозом на 15-20 років;
- вимог споживачів до якості води;
- якісної характеристики води в джерелі з огляду на агресивність її щодо металу і бетону і прогнозу можливого забруднення води стоками;
- кількісних і якісних показників засмічення води, наносів та їх режиму;
- наявності снігових лавин і селевих явищ, можливості промерзання і пересихання джерела, інших стихійних природних явищ;
- осінньо-зимового режиму джерела і характеристики шуго-льодових явищ у ньому;
- температури води кожного місяця року і розвитку фітопланктону;
- особливостей повені і весняно-літніх паводків;
- вимог органів щодо регулювання, використання і охорони вод, санітарно-епідеміологічної служби, рибоохорони та ін.;
- гарантованості витрат води нижче від водозабору, достатньої в кожному сезоні року для потреб нижче розміщених підприємств, сільського і рибного господарства, судноплавства та інших водокористувачів.

Залежно від показників каламутності води у паводковий період, меандрування русла річки, інтенсивності шуго-льодових явищ у холодний період року та біологічного обростання – у теплий період, засміченості джерела та інших факторів умови забору води з

поверхневих водойм можуть бути легкими, середніми, важкими і дуже важкими (табл. 5.1) [3, 4].

Таблиця 5.1

**Умови забору води з поверхневих джерел водопостачання**

Умови забору води	Каламутність (середня за паводок), наявність меандрування	Шуга і лід	Інші чинники
Легкі	Каламутність $\leq 500$ мг/дм <sup>3</sup> , стійке ложе водойми і водотоку	Відсутність внутрішньоводного льодоутворення. Льодостав стійкий, помірної потужності ( $\leq 0,8$ м)	Відсутність у джерелі водопостачання водоростей баляянуса, біологічного обростання двостулковими молюсками, дрейсеною, мідіями, моховатками та губками, мала кількість забруднень і сміття
Середні	Каламутність $\leq 1500$ мг/дм <sup>3</sup> . Береги та русло мають сезонне меандрування $\pm 0,3$ м. Вздовжберегове переміщення намулів не впливає на стійкість підводного схилу постійної крутості	Наявність внутрішньоводного льодоутворення, що припиняється із початком утворення льодоставу, звичайно без шугозаповнення русла й утворення шугозаторів. Льодостав стійкий, потужністю $< 1,2$ м, що формується з ополонками	Наявність сміття, планктонних водоростей, баляянуса, біологічного обростання двостулковими молюсками, дрейсеною, мідіями, моховатками та губками у кількостях, що спричинюють перешкоди в роботі водозабірних споруд. Судноплавство
Важкі	Каламутність $\leq 5000$ мг/дм <sup>3</sup> . Меандрування берегів і русла викликає зміну відміток дна від 1 до 2 м. Наявність переробки берега із вздовжбереговим переміщенням намулів по схилу змінної крутості	Льодовий покрив, що неодноразово формується, з шугоходами та шугозаповненням русла за льодоставу до 60-70% перетину водотоку. В окремі роки – з утворенням шугозаторів в передльодоставний період і льодових заторів навесні. Ділянки нижнього б'єфа ГЕС у зоні нестійкого льодового покриву. Нагін шугольоду на берег з утворенням навалів на береги, торосів і шугозаповненням прибережної зони	Те саме, але в кількостях, що ускладнюють роботу водо-забірних споруд і споруд водопроводу
Дуже важкі	Каламутність $> 5000$ мг/дм <sup>3</sup> . Меандрування русла з систематичною та випадковою зміною форми. Інтенсивна та значна переробка берегів. Наявність або вірогідність зсувних явищ	Формування льодового покриву тільки при шугозаторах, що спричиняють підпір; транзит шуги під льодовим покривом протягом більшої частини зими. Можливість утворення п'ятр і замерзання русла. Льодохід із заторами і великими навалами льоду на береги. Важкі шугольодові умови за наявності припливів	

**Примітка.** Загальна характеристика умов забору води визначається за найбільш важкими чинниками, що перешкоджають роботі водозабірних споруд.

## 5.2. Вибір типу водоприймача та схеми водозабору

Річковий водозабір складається з водоприймача, тобто споруди, призначеної для безпосереднього приймання води з водного джерела, берегового колодязя і насосної станції. Вибір типу водозабору залежить від таких факторів: розрахункової витрати води; гідрологічної, топографічної і санітарної характеристики водного джерела; потрібної категорії надійності подачі води; призначення водозабору; місцевих умов будівництва й експлуатації споруд (судноплавство, лісосплав, рибоохорона); можливого розширення водозабору на перспективу [5].

Для проєктування водозабірних споруд потрібно мати інформацію про зміни розрахункових рівнів води в річці. Наприклад, відомості про літні і зимові низькі рівні треба знати для правильного висотного розташування водоприймальних отворів, а про високі повеневі рівні та рівні води під час льодових заторів – для обґрунтованого призначення верха водозабірної споруди, про високі і низькі рівні під час льодоходу – для врахування дії льоду на водоприймальну споруду [5].

Згідно з умовами забору води і категорією водозабору обирають тип водоприймального пристрою (табл. 5.2) та його схему [3].

Таблиця 5.2

**Вибір типу водоприймачів**

Водоприймальні пристрої	Природні умови забору води								
	легкі			середні			важкі		
	Схеми водозабірних споруд								
	а	б	в	а	б	в	а	б	в
Берегові, незатоплювані водоприймачі з водоприймальними отворами, завжди доступними для обслуговування з необхідними огорожувальними і допоміжними спорудами і пристроями	I	-	-	I	-	-	II	I	I
Затоплені водоприймачі усіх типів, які віддалені від берега, практично недоступні в деякі періоди року	I	-	-	II	I	-	III	II	I
Нестаціонарні водоприймачі:									
- плавучі	II	I	-	III	III	II	-	-	-
- фунікулерні	III	II	-	-	-	-	-	-	-

Схемами водозаборів передбачено влаштування: «а» – одного водоприймача; «б» – декількох водоприймачів в одному створі, які обладнані засобами боротьби із шугою, наносами та іншими перешкодами; «в» – водоприймачі, розміщені у двох створах,

віддалених на відстань, що унеможлиблює одночасної перерви у заборі води. У водозабірних спорудах I і II категорій потрібно поділяти водоприймальну частину на декілька секцій.

Підвищення категорії водозабірних споруд із затопленими водоприймачами на одиницю допускається у випадках:

- розміщення водоприймачів у водоприймальному ковші, який затоплюється і самопромивається;
- підведення до водоприймальних отворів теплої води у кількості не менше ніж 20 % витрати, що забирається, та застосування спеціальних наносозахисних пристроїв;
- забезпечення надійної системи зворотного промивання решіток, рибозахисних пристроїв водоприймачів і самопливних водоводів;
- компонування, що унеможлиблює проникнення течії, яка виходить із прибіжної зони водойми до місця влаштування водоприймачів.

Схему та компонування водозабору у важких і дуже важких природних умовах уточнюють на підставі результатів лабораторних досліджень.

Для правильного вибору типу водозабору, використовуючи вихідні дані, будують повздовжній профіль дна і берега річки у створі водозабору, позначають на ньому всі розрахункові рівні води, льодоставу, льодоходу, вказують товщину льоду і відмітку майданчика для будівництва.

Воду слід відбирати із зони найкращої її якості в річці. З цією метою оголовки встановлюють у руслі річки так, щоб низ водоприймальних отворів знаходився не менш ніж на 0,5 м вище від дна річки, а верх оголовка – не менш ніж 0,2 м від нижньої кромки льоду взимку та 0,3 м від найменшого рівня води (рис. 5.1). Як бачимо, глибина води в річці у місці влаштування водоприймальних отворів повинна бути не меншою за 1,5-2 м.

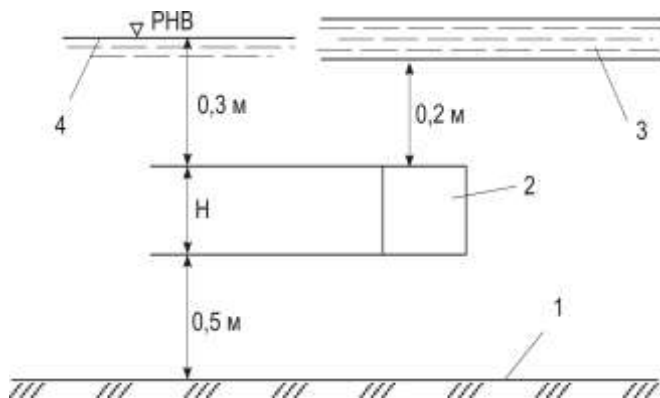


Рис. 5.1. Схема до визначення мінімальних глибин води в поперечному перерізі русла річки:

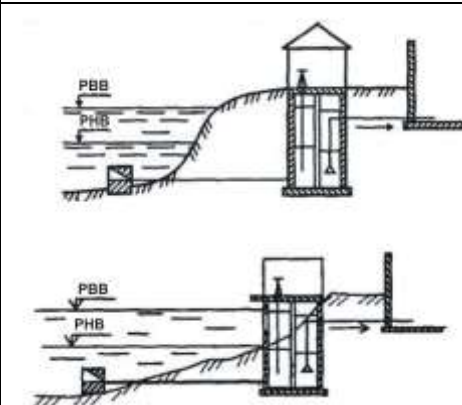
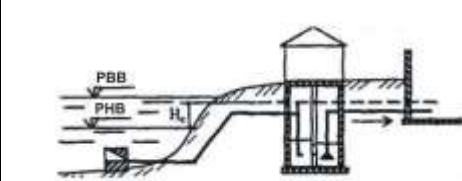
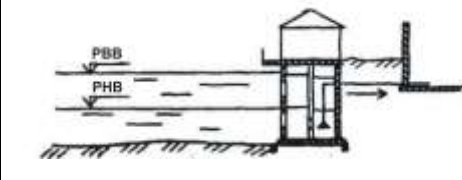
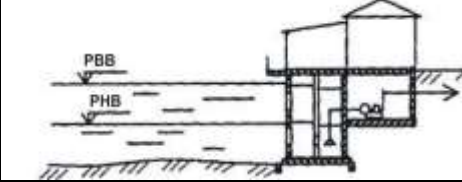
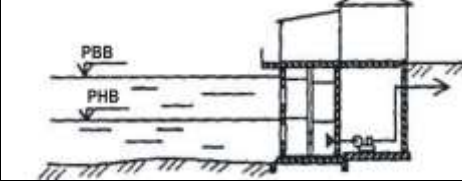
- 1 – дно річки;
- 2 – водоприймальне вікно;
- 3 – лід;
- 4 – рівень низьких вод (РНВ);
- Н – висота водоприймального вікна

Водозабір повинен вписуватись у топографічний профіль перерізу річки. Споруда не повинна викликати надмірного стиснення живого перерізу річкового потоку, оскільки стиснення його, наприклад, на 25% спричинює розмивання русла і його деформацію на прилеглій ділянці.

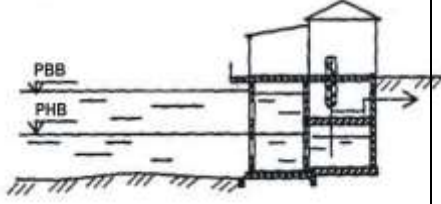
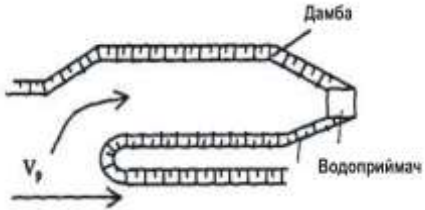
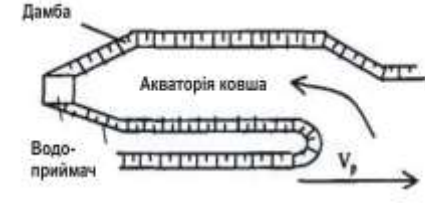
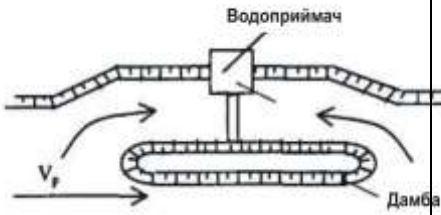
Форма поперечного перерізу русла річки відіграє вирішальну роль у виборі типу водозабору. Схему водозабору обирають залежно від умов забору води і категорії водозабору, його продуктивності і на основі побудованого профілю. При цьому можна скористатися рекомендаціями табл. 5.3 [5].

Таблиця 5.3

**Рекомендації для вибору схеми водозабору**

Умови застосування	Тип водозабору	Схема	Склад споруд
Відсутність біля берега достатніх глибин, забруднення води біля берега, широка заплава, пологий берег	Русловий роздільного типу із самопливними лініями		Русловий водоприймальний оголовок, самопливні лінії, береговий сітчастий колодезь, насосна станція
Широка високозапльована заплава, важкі умови прокладання самопливних ліній	Русловий роздільного типу із сифонними самопливними лініями		Русловий водоприймальний оголовок, сифонні лінії, береговий сітчастий колодезь, насосна станція
Неміцні ґрунти, високий крутий берег, велика амплітуда коливань рівнів води	Береговий роздільного типу		Береговий сітчастий колодезь, насосна станція
Скельні породи ґрунту, високий крутий берег, амплітуда коливань рівнів води до 10 м	Береговий суміщеного типу з напівзаглибленою насосною станцією		Береговий сітчастий колодезь, суміщений з насосною станцією
Незначні коливання рівнів води, невелика глибина водоприймача, висота усмоктування насосів до 3-4 м	Береговий суміщеного типу із заглибленою насосною станцією		-"

Закінчення табл. 5.3

Умови застосування	Тип водозабору	Схема	Склад споруд
Коливання рівнів води 7-10 м, значна глибина водоприймача; у разі обладнання насосної станції заглибленими або вертикальними насосами	Береговий суміщеного типу з вертикальними насосами		-"
Незначні наноси, велика шугоносність, необхідність створення достатніх глибин біля водозабору	Ківшовий водозабір з верховим живленням		Огороджувальна дамба, водоприймач, насосна станція, камера запобіжних пристосувань
Велика кількість зважених намулів, незначна шугоносність, необхідність створення достатніх глибин біля місця водозабору для збільшення відбору води з річки	Ківшовий водозабір з низовим живленням		-"
Мінлива кількість зважених намулів, мінлива шугоносність, необхідність створення достатніх глибин біля місця водозабору для збільшення відбору води з річки	Ківшовий водозабір із двостороннім живленням		-"

Суміщений тип водозабору обирають за наявності міцних скельних ґрунтів. За достатніх глибин води біля берега та доброї якості води слід застосовувати водозабори берегового типу, які дешевші у будівництві і простіші в експлуатації.

Секціювання (не менш ніж дві паралельно дієві секції) є обов'язковим для водозаборів I та II категорії надійності подачі води постійного типу.

В складних природних умовах забору води використовують водоприймальні ковші, підвідні канали, регуляційні інженерні споруди, які дають змогу поліпшити місцеві умови забору води. На джерелах рибогосподарського значення в склад водозабору включають рибозахисні пристрої [2].

## **Запитання для самоконтролю**

1. За якими показниками оцінюють водойми як джерела водопостачання?
2. Що належить до складу річкового водозабору?
3. Залежно від яких факторів обирають тип водозабору?
4. Якими можуть бути умови забору води з поверхневих джерел?
5. З якою метою треба мати інформацію про зміни розрахункових рівнів води в річці?
6. Як обирають тип та схему водоприймачів водозабірних споруд?
7. Які категорії водозабірних споруд потребують поділу водоприймальної частини на декілька секцій?
8. У яких випадках для водозабірних споруд із затопленими водоприймачами допускається підвищення категорії на одиницю?
9. У яких випадках схему та компонування водозабору уточнюють на підставі результатів лабораторних досліджень?
10. З якою метою будують повздовжній профіль дна і берега річки у створі водозабору?
11. На якій мінімальній відстані відносно дна річки має бути низ водоприймальних отворів водозаборів?
12. Де в затоплених водоприймачах має розміщуватись верх оголовка залежно від положення найменшого рівня води в джерелі та нижньої кромки льоду в зимовий період?
13. Якою має бути глибина води в річці в місці влаштування водоприймальних отворів водозаборів?
14. До чого призводить надмірне стиснення живого перерізу річкового потоку водозабірними спорудами?
15. Які споруди дають змогу поліпшити місцеві умови забору води?

## **Тема 6. БЕРЕГОВІ ВОДОЗАБОРИ РОЗДІЛЬНОГО І СУМІЩЕНОГО ТИПІВ**

### **6.1. Загальні відомості**

Берегові водозабори споруджують на річках з достатніми глибинами біля самого берега або переміщують споруду в русло річки і з'єднують її з берегом дамбою. Вода в таких водозаборах надходить безпосередньо з річки. Насоси першого підняття (далі – НС-I) можна розміщувати в окремій будівлі насосної станції або суміщати з водоприймальником. Цим і визначається тип водозабору – роздільний або суміщений.

Компонування споруд (роздільне чи суміщене) залежить від продуктивності водозабору, геологічних умов (порід, що залягають в основі), гідрологічних умов (амплітуди коливання рівнів в річці), а також від характеристики дібраного насосного обладнання.

*Роздільна схема* компонування споруд, за якою НС-I розміщується окремо від водоприймально-сіткового колодязя, доцільна за продуктивності водозабору  $Q \leq 1-1,5 \text{ м}^3/\text{с}$ , слабких порід, з яких складається берег, амплітуди коливання рівнів в джерелі менш ніж 6-8 м, допустимої висоти всмоктування насосів більш ніж 3-4 м.

*Суміщену схему* компонування споруд (НС-I зблокована в одній споруді з водоприймально-сітковим колодязем) більш доцільно обрати в разі продуктивності водозабору  $Q \geq 1-1,5 \text{ м}^3/\text{с}$ , міцних порід, що складають берег, амплітуди коливання рівнів в річці понад 6-8 м, допустимої висоти всмоктування насосів менш ніж 3-4 м.

Технологічна схема водозабірних споруд має забезпечувати надійність забору і подавання води відповідно до категорії водозабору. Такої надійності досягають секціюванням і дублюванням водоприймачів в одному та двох створах залежно від природних умов забору води для водозаборів різних типів.

## **6.2. Водозабори роздільного типу**

Береговий водозабір роздільного типу являє собою дві зазвичай залізобетонні споруди (береговий водоприймально-сітковий колодязь і НС-I), розміщені на відстані 20-25 м одна від одної (рис. 6.1) [2, 5].

Проектують роздільні берегові водозабори у випадку, коли насосну станцію не можна суміщати з береговим колодязем за топографічними або геологічними умовами. Насосну станцію слід розміщувати за межами зони можливого руйнування ґрунтів на незатоплюваному майданчику.

Береговий колодязь виконують у вигляді залізобетонної камери, передня стінка якої виходить безпосередньо до русла річки. Вода в нього надходить через вхідні вікна, що перекриваються решітками, призначеними для запобігання попадання всередину колодязя плавучих предметів.

У плані колодязь може бути круглої, еліпсоїдальної або прямокутної форми. Прямокутну форму, як правило, доцільно застосовувати на скельних ґрунтах, а в разі нескельних ґрунтів – якщо в насосній станції встановлюють більш ніж чотири насосних агрегати [5].

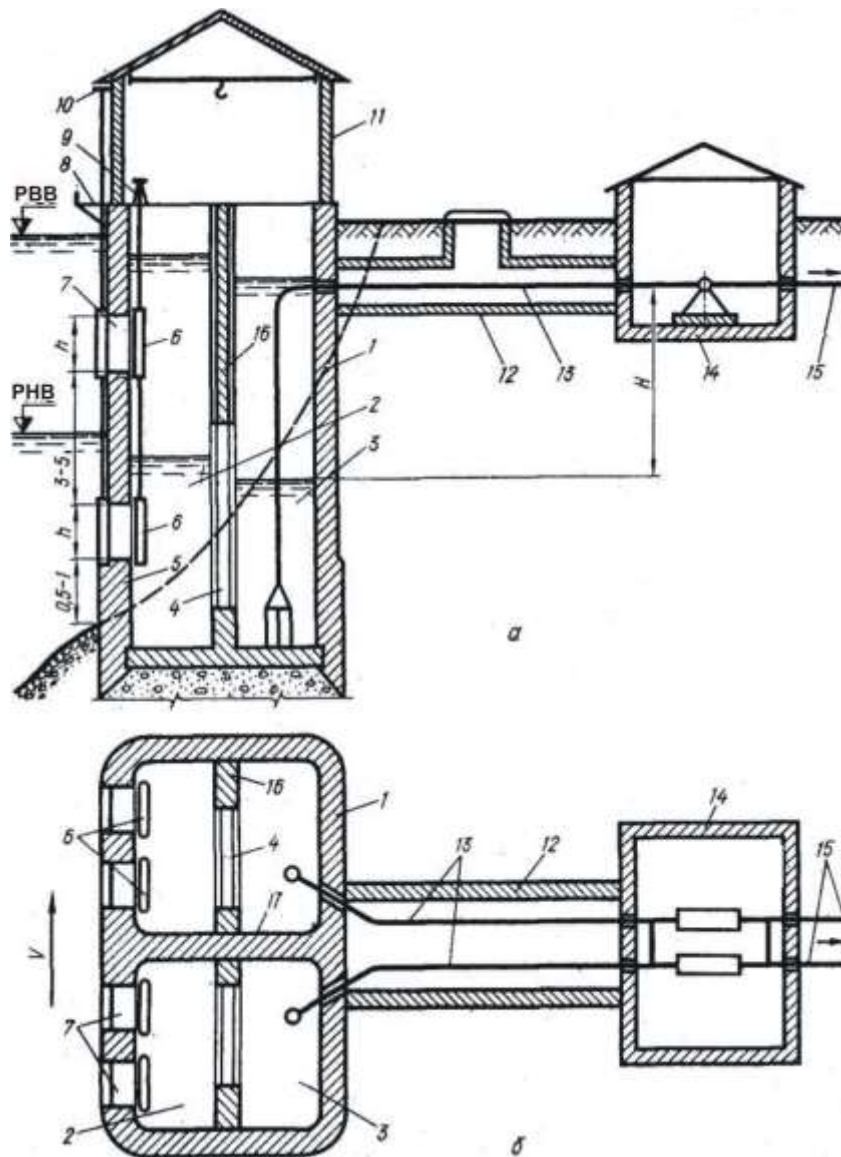


Рис. 6.1. Принципова схема берегового водозабору роздільного типу:  
 а – повздовжній переріз; б – план; 1 – залізобетонний береговий колодезь; 2 – водоприймальна камера; 3 – всмоктувальна камера; 4 – вікна, що перекриваються сітками; 5 – поріг; 6 – шибери для закриття водоприймальних вікон; 7 – водоприймальні вікна; 8 – службовий місток для обслуговування решіток; 9 – колонка управління затворами; 10 – підйомні пристрої; 11 – службовий павільйон; 12 – галерея; 13 – всмоктувальні труби; 14 – насосна станція I-го підняття (НС-I); 15 – напірні труби; 16 – поперечна перегородка; 17 – поздовжня перегородка

Береговий колодезь ділять поперечною перегородкою на дві камери – водоприймальну та всмоктувальну. Для підвищення надійності роботи водозабору і зменшення втрат напору у всмоктувальних трубах насосну станцію слід розміщувати на відстані не далі, ніж за 40 м від берегового колодезя [5].

Розміри берегового колодязя визначають гідравлічним розрахунком, а також конструктивно, виходячи з умов забезпечення зручної експлуатації водозабору. Розміри та конструкція колодязя повинні забезпечувати: забір води найкращої якості; безперервну роботу; осідання піщаних фракцій намулів, що проникають в колодязь; затримання крупних завислих речовин, водоростей і сміття, що пройшли крізь решітки водоприймальних вікон; нормальні умови роботи всмоктувальних труб; зручність під час монтажу та експлуатації обладнання.

За значного коливання рівнів води в річці водоприймальні вікна споруджують у два яруси. Верхній ярус розміщують вище від нижнього на 3-5 м. Під час повеней воду забирають крізь вікна верхнього ярусу, а під час межени – нижнього.

Для безперервної роботи водозабору береговий колодязь ділять повздовжніми перегородками на секції, що незалежно працюють, кількість яких беруть рівною кількості робочих насосів. Розміри камер колодязя повинні бути достатніми для розміщення сіток, засувок, сходів, труб, пристроїв для видалення осаду, а також для проведення огляду і ремонту обладнання. Береговий колодязь потрібно перевіряти на дію піднімальної сили води (спливання за високого рівня води в річці та спорожненого колодязя), на тиск ґрунту (перекидання за низького рівня води) і на міцність під час навантаження [5].

На рис. 6.2 показано береговий водозабір роздільного типу з еліпсоїдальною конфігурацією в плані берегового колодязя [2].

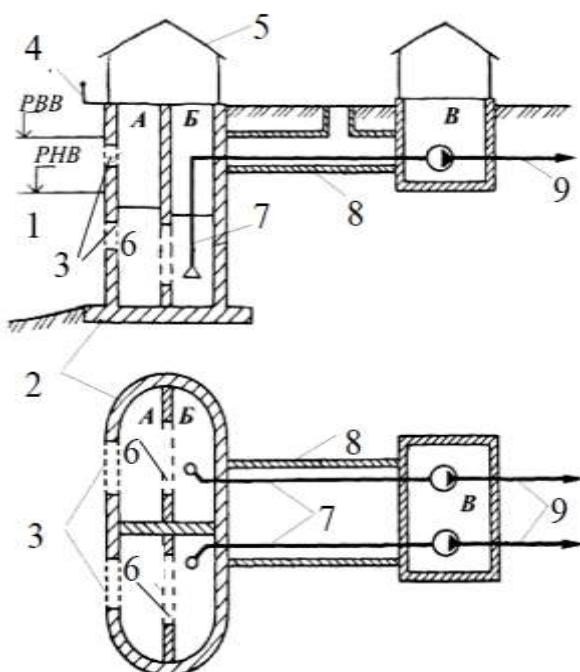


Рис. 6.2. Схема берегового водозабору роздільного типу еліпсоїдальної конфігурації:

- 1 – річка;
- 2 – береговий колодязь;
- 3 – водоприймальні вікна;
- 4 – балкон; 5 – павільйон;
- 6 – перепускні вікна;
- 7 – всмоктувальна лінія;
- 8 – галерея;
- 9 – нагнітальна лінія;
- А – приймальна камера;
- Б – всмоктувальна камера;
- В – НС-І;
- РВВ – рівень високих вод;
- РНВ – рівень низьких вод

### 6.3. Водозабори суміщеного типу

За можливості суміщення насосної станції з береговим колодязем проєктують водозабори суміщеного типу (рис. 6.3) [5].

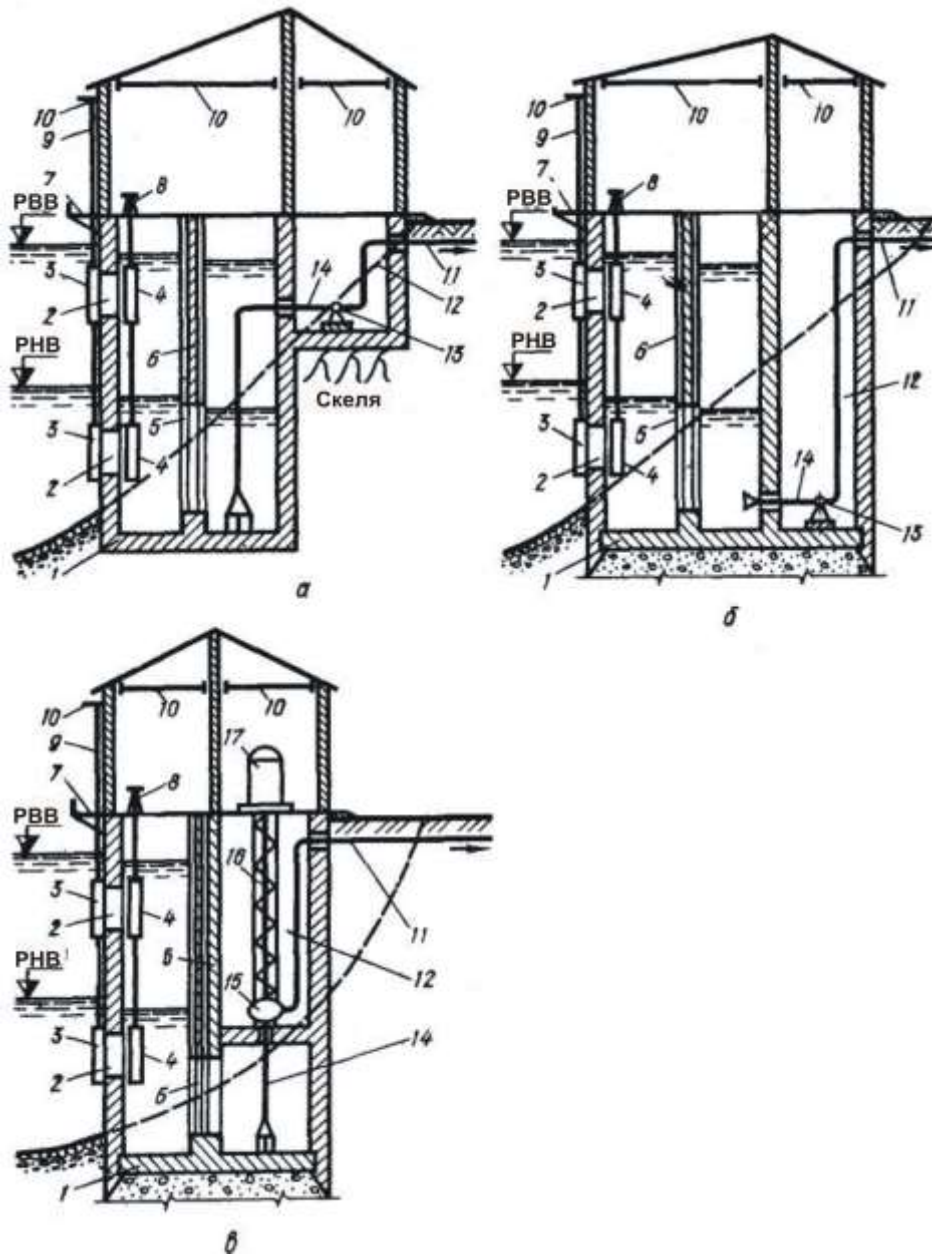


Рис. 6.3. Принципові схеми берегових водозаборів суміщеного типу:  
 а – за скельних ґрунтів; б – за будь-яких ґрунтів; в – у разі використання вертикальних насосів з подовженим валом; 1 – береговий колодязь; 2 – водоприймальні вікна; 3 – сміттєзатримувальні решітки; 4 – затвори (шибери); 5 – плоскі знімні сітки; 6 – поперечна перегородка; 7 – місток для обслуговування решіток; 8 – колонка управління затворами; 9 – сталевий трос для піднімання й опускання решіток; 10 – вантажопіднімальне устаткування; 11 – напірний водовід; 12 – насосна станція; 13 – горизонтальний відцентровий насос; 14 – всмоктувальні труби; 15 – вертикальний відцентровий насос; 16 – вертикальний вал; 17 – вертикальний електродвигун

Порівняно з береговими водозаборами роздільного типу суміщені водозабори мають менший об'єм, отже, й меншу будівельну вартість споруд, прості в експлуатації (все обладнання зосереджено в одній будівлі), більш надійні, оскільки довжина всмоктувальних труб мінімальна. Кожен насос суміщеного водозабору обладнують всмоктувальною камерою, яку можна самостійно вимикати для ремонту.

Водозабір за першою схемою (рис. 6.3, а) доцільно проектувати за достатньо міцних (скельних) ґрунтів. Об'єм споруди тут менший, проте за низького рівня води в колодязі (РНВ) насоси під час пуску потрібно заливати. Друга схема (рис. 6.3, б) можлива за будь-яких ґрунтів. Для такого водозабору збільшується об'єм споруди, проте насоси завжди залишаються під заливом і не потрібно додаткового обладнання (вакуум-насоси) для їх пуску. Водозабори за третьою схемою (рис. 6.3, в) можливі в разі використання вертикальних насосів з подовженим валом. Електродвигун встановлюють в службовому павільйоні, і насос завжди залишається під заливом.

У разі проектування водозаборів за останніми двома схемами потрібно споруджувати водонепроникну стінку із отворами для прокладання крізь неї всмоктувальних труб. Водонепроникності досягають за допомогою спеціальних сальників.

Відмітку осі насоса визначають за формулою

$$Z_0 = Z_H + H_{пр} - h_{вс} - \frac{V^2}{2g}, \text{ м}, \quad (6.1)$$

де  $Z_H$  – відмітка найнижчого рівня води у всмоктувальній камері колодязя, м;  $H_{пр}$  – припустима вакуумметрична висота всмоктування насоса, м;  $h_{вс}$  – втрати напору у всмоктувальних трубах, м;  $V$  – швидкість руху води, м/с;  $g = 9,81 \text{ м/с}^2$  – прискорення сили тяжіння.

Спрощені принципові схеми розглянутих різновидів берегових водозаборів суміщеного типу наведено на рис. 6.4. У схемі а позначка дна насосної станції є значно вищою за дно колодязя. Це зменшує вартість водозабору, але ускладнює роботу, оскільки насоси не перебувають під заливом і потребують пристроїв для пуску. Крім того, стійкість менша, ніж у схемі б. Тому схему а можна використовувати за щільних ґрунтів основи (скеля, галька). Схему б (її вартість найбільша, але немає недоліків схеми а) використовують практично без будь-яких обмежень.

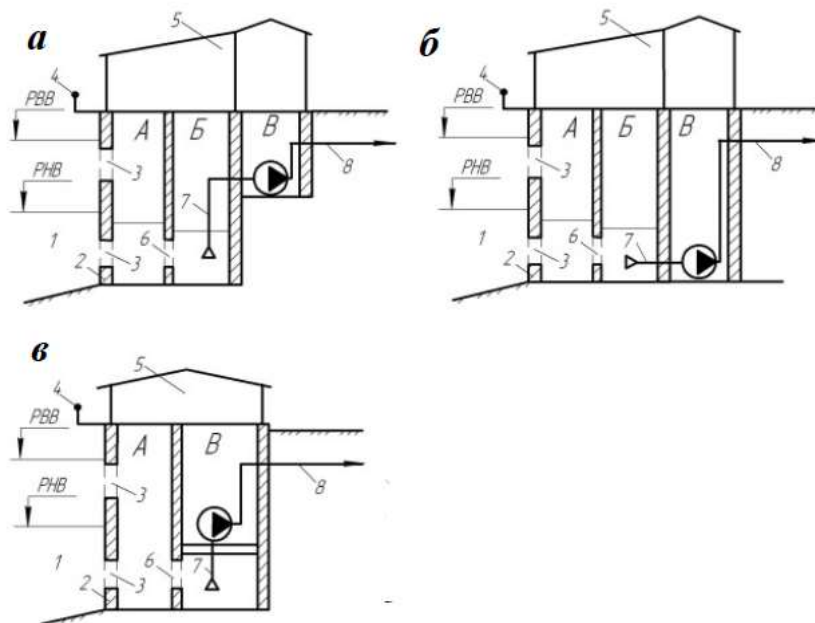


Рис. 6.4. Принципові схеми берегових суміщених водозаборів:  
 а – з напівзаглибленою НС; б – із заглибленою НС; в – з НС, обладнаною вертикальними насосами; 1 – річка; 2 – береговий водоприймально-сітковий колодязь; 3 – водоприймальні вікна; 4 – балкон; 5 – павільйон; 6 – перепускні вікна; 7 – всмоктувальна лінія; 8 – нагнітальна лінія; А – приймальна камера; Б – всмоктувальна камера; В – НС-І

Схема в забезпечує найкраще компонування насосної станції і колодязя, найменшу вартість. Проте обмежений випуск вертикальних насосів і більш складна їх експлуатація обмежують використання цієї схеми водозабору [2].

### Запитання для самоконтролю

1. На яких річках споруджують берегові водозабори? Де їх розміщують?
2. Чим відрізняються роздільний і суміщений типи водозаборів?
3. Від чого залежить суміщене чи роздільне компонування споруд?
4. В яких випадках доцільною є роздільна схема компонування споруд?
5. Коли застосовують суміщену схему компонування водозаборів?
6. Чим досягається надійність забору і подачі води в технологічних схемах водозабірних споруд?
7. Яку форму може мати в плані береговий колодязь? Як визначають його розміри?

8. На які камери розділяють береговий колодязь поперечною перегородкою?
9. З якою метою берегові колодязі розділяють поздовжніми перегородками?
10. Наведіть переваги водозаборів суміщеного типу порівняно з роздільними.
11. Опишіть можливі схеми берегових водозаборів суміщеного типу, вкажіть їх переваги, недоліки, умови застосування.

## **Тема 7. РОЗРАХУНОК ВОДОПРИЙМАЛЬНИХ ВІКОН І ВСМОКТУВАЛЬНОЇ КАМЕРИ. ТИПИ РЕШІТОК І СІТОК ПОВЕРХНЕВИХ ВОДОЗАБОРІВ**

### **7.1. Розрахунок водоприймальних вікон берегового колодязя**

Вода з поверхневого джерела надходить до берегового колодязя крізь водоприймальні вікна, площу яких для однієї секції колодязя (брутто) визначають за формулою

$$\omega = 1,25Q_p K / V , \quad (7.1)$$

де  $Q_p$  – розрахункова витрата води однієї секції колодязя, м<sup>3</sup>/с;  
 $V$  – швидкість втікання води у водоприймальні отвори, м/с;  
 $K$  – коефіцієнт стиснення площі вікна стержнями решітки

$$K = \frac{a+d}{a} , \quad (7.2)$$

де  $a$  – величина отвору між стержнями решітки, мм;  $d$  – діаметр або товщина стержнів, мм; 1,25 – коефіцієнт забруднення решітки водоростями і сміттям. У розрахунку беруть  $a = 50$  мм і  $d = 6-10$  мм.

Швидкість втікання води у водоприймальні отвори беруть (без вимог до рибозахисту) залежно від особливостей водойми і величини витрати води: в берегових незатоплених водозаборах – 0,6-0,2 м/с, в затоплених – 0,3-0,1 м/с. На водоймах рибогосподарського призначення допустима швидкість руху води в отворах решітки повинна бути не більшою за 0,25 м/с за швидкості течії в річці понад 0,4 м/с і 0,1 м/с – за швидкості течії в річці менш ніж 0,4 м/с. У дуже важких шуго-льодових умовах цю швидкість знижують до 0,05 м/с [5].

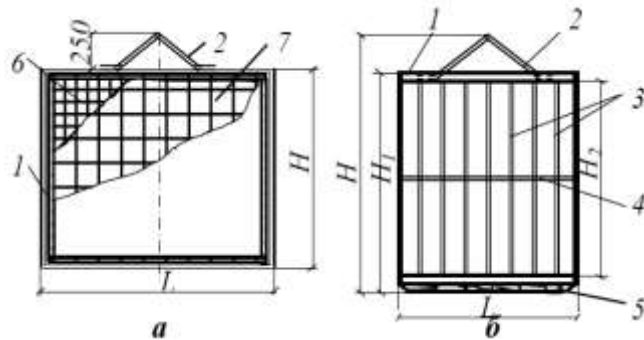
## 7.2. Сміттєзатримувальне обладнання поверхневих водозаборів

Водоприймальні вікна із зовнішнього боку колодязя перекривають *сміттєзатримувальними решітками*, на яких під час роботи водозабору затримується листя, коріння, корчі, крупне сміття тощо (рис. 7.1, б) [2].

Надійшовши в береговий водоприймально-сітковий колодязь, вода трохи відстоюється в приймальній камері, де легкі предмети спливають, а важкі осідають, а далі перепускними вікнами перетікає у всмоктувальну камеру. Для затримання дрібних плавучих предметів перепускні вікна перекривають *плоскими* (рис. 7.1, а) або *обертovими сітками*. Плоскі сітки періодично потрібно піднімати в павільйон і очищати. Осад, який випав у приймальній камері, також періодично треба видаляти гідроелеваторами або грязьовими насосами.

Рис. 7.1. Сміттєзатримувальне обладнання:

- а – плоска сітка; б – решітка;
- 1 – металева рама; 2 – скоба для монтажу;
- 3 – стержні;
- 4 – сталевая поперечина;
- 5 – дерев'яний брус;
- 6 – робоче полотно сітки;
- 7 – підтримувальна сітка



Сміттєзатримувальні решітки бувають знімними або стаціонарними. *Знімні решітки* являють собою прямокутну раму з кутової або швелерної сталі зі стержнями прямокутного (50 × 6 мм) або круглого (8-12 мм) перерізу, які розміщують один від одного на відстані 50-100 мм. До низу рами прикріплюють дерев'яний брус (рис. 7.1, б), який утримує жорсткість рамної конструкції під час опускання її у вікна, а верхню частину обладнують сталеву скобою, що дає змогу підняти й опустити решітку по напрямних швелерах, забетонуваних у стінках берегового колодязя. Уніфіковані розміри решіток наведено в табл. 7.1 [5].

За значної кількості водоростей і сміття на великих водозаборах застосовують *стаціонарні решітки* із механічним очищенням, які мають вигляд прямокутної рами, розміщеної під кутом 70° до напрямку руху потоку, в яку встановлені стержні на відстані 20-50 мм. По краях решіток розміщують шарнірно-пластинчасті ланцюги з прикріпленими планками зі щітками, які рухаються за допомогою електродвигуна та очищаються щітковим барабаном з відведенням забрудненої води за межі водоприймача.

## Розміри і маса сміттєзатримувальних решіток

Розміри, мм			Маса, кг
прохідний отвір вікна	висота	ширина	
400 x 600	850	500	20
600 x 800	1050	700	33
800 x 1000	1250	930	52
1000 x 1250	1330	1120	94
1250 x 1500	1580	1370	135
1500 x 2000	2104	1620	305
1750 x 2500	2604	1870	420
2000 x 2500	2616	2120	585

Для захисту решіток від обмерзання льодом у важких шугольодових умовах металеві стержні покривають рідким склом, гумою або виконують із гідрофобних матеріалів (дерева, каучуку, ебоніту тощо). Крім того, застосовують електрообігрів решіток до температури 0,01-0,02°C. Потребу електроенергії, кВт·год, визначають за формулою [5]

$$W = 1,16Qt, \quad (7.3)$$

де  $Q$  – розрахункова витрата води, м<sup>3</sup>/год;  $t$  – температура нагрівання, °C.

Для піднімання й опускання змінних сміттєзатримувальних решіток встановлюють вантажопіднімальне устаткування. Зусилля, потрібне для піднімання решітки,  $T$ , визначають за формулою:

$$R = (G_p + P_e f F) K, \quad (7.4)$$

де  $G_p$  – вага решітки і троса, т;  $P_e$  – тиск води на 1 м<sup>2</sup> площі решітки, який для припустимого перепаду 0,5 м дорівнює 0,5 т/м<sup>2</sup>;  $f$  – коефіцієнт тертя металу по змоченому металу, рівний 0,44;  $F$  – площа решітки, м<sup>2</sup>;  $K$  – коефіцієнт запасу, рівний 1,5.

З водоприймальної камери у всмоктувальну вода надходить крізь вікна, що перекриваються сітками, призначеними для механічного очищення води, проціджування її від водоростей та інших плавучих предметів. В системах господарсько-питного водопостачання на таких сітках виконують попереднє механічне очищення води, що знижує навантаження на водопровідні очисні споруди й підвищує експлуатаційну надійність насосів і підняття. В системах виробничого водопостачання на цих сітках, у деяких випадках, завершується очищення води.

Матеріал дроту для полотна сіток повинен бути антикорозійним (нержавіюча, оцинкована сталь, бронза, латунь). Розмір вічка сіток в кожному окремому випадку залежить від ступеня забруднення води та вимог споживачів. На водозаборах використовують переважно два типи водоочисних сіток: плоскі знімні та обертові.

Плоскі знімні сітки (рис. 7.1, а) застосовують на водозаборах продуктивністю  $Q < 1-1,5 \text{ м}^3/\text{с}$  в легких природних умовах забору води. Вони найбільш поширені, оскільки прості у виготовленні. Найчастіше плоскі знімні сітки, як і сміттєзатримувальні решітки, що являють собою рамну конструкцію, зварюють на місці з кутників або швелерів. Розміри і масу плоских сіток визначають залежно від розмірів вікна (табл. 7.2) [2].

Кожне перепускне вікно між водоприймальною і всмоктувальною камерами має дві сітки, які працюють поперемінно. Після досягнення критичних втрат напору на забрудненій сітці (20-25 см) її піднімають у службовий павільйон, де в екран-ванні очищають напірними струменями води. В цей час вікно у поперечній перегородці між камерами перекриває інша сітка, спущена по дублювальних пазах. Підвищити брудовитягувальну спроможність та запобігти сповзанню затриманих забруднень з сіток, які піднімають, можна завдяки встановленню жолобів-сміттєуловлювачів.

Таблиця 7.2

### Розміри і маса плоских знімних сіток

Розміри отвору, мм		Загальна маса сіток із дроту		
Ширина	Висота	d = 1,2 мм; вічко 2 x 2 мм	d = 1 мм; вічко 3,5 x 3,5 мм	d = 1 мм; вічко 4,5 x 4,5 мм
800	1000	53,5	49,5	48,7
800	1250	61,0	56,3	55,3
800	1500	68,7	63,0	62,0
1000	1250	68,0	62,4	61,3
1000	1500	98,8	92,0	90,7
1000	2000	107,3	98,6	97,0
1250	1500	90,0	82,0	80,0
1250	2000	119,0	92,0	89,0
1500	2000	127,5	98,9	113,0
1500	2500	170,3	115,4	152,5
2000	2500	216,0	169,0	192,0
2000	3000	260,0	204,0	232,0

Площу плоских сіток визначають за мінімального рівня води в колодязі за формулою (7.1), в якій коефіцієнт стиснення вікна сіткою визначають за формулою

$$K = \left( \frac{a+d}{a} \right)^2, \quad (7.5)$$

де  $a$  – розмір вічка сітки (просвіт між дротом у сітці), мм;  $d$  – діаметр дроту, з якого сплетена сітка, мм.

Швидкість у вічках плоских знімних сіток  $V$  беруть у межах 0,2-0,4 м/с, а найбільшу припустиму величину втрат напору – 0,1-0,2 м, оскільки за більшого перепаду рівнів води виникає загроза пошкодження полотна сітки. Деколи для збільшення міцності у плоских сітках натягують підтримувальну сітку з вічком 20 x 20 мм із дроту діаметром 3 мм, а зверху – робочу сітку з вічком 3,5 x 3,5 мм або 5 x 5 мм з дроту діаметром 1,0-1,2 мм. Зусилля, потрібне для піднімання плоских знімних сіток, як і для решіток, визначають за формулою (7.4) [5].

Стрічкові обертові сітки (рис. 7.2), які мають більшу за знімні сітки брудовитягувальну спроможність, рекомендують для встановлення в умовах високого забруднення води у джерелі та за продуктивності водозабору  $Q > 1$  м<sup>3</sup>/с. Тяговий верхній барабан, що обертається від електродвигуна, рухає безперервне сітчасте полотно, забруднена частина якого вище від рівня води у колодязі попадає під дію напірних струменів. Застосовують кілька типів стрічкових обертових сіток, що відрізняються схемою підведення до них вихідної (забрудненої) і відведення очищеної води (рис. 7.3) [2].

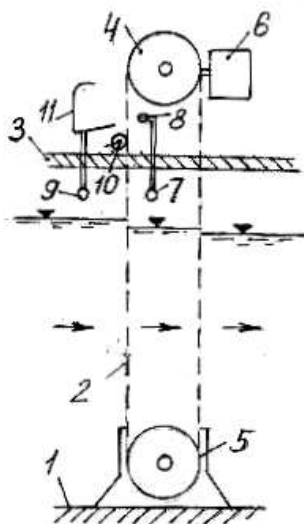


Рис. 7.2. Схема стрічкової обертової сітки:  
 1 – дно берегового колодязя;  
 2 – сітчасте полотно (розмір вічок – 0,5-5 мм);  
 3 – підлога службового павільйону;  
 4, 5 – відповідно, верхній та нижній барабани;  
 6 – електродвигун;  
 7 – трубопровід подавання промивної води;  
 8 – промивна перфорована труба;  
 9 – трубопровід для відведення промивної води;  
 10 – обертова капронова щітка;  
 11 – відбивач промивних струменів

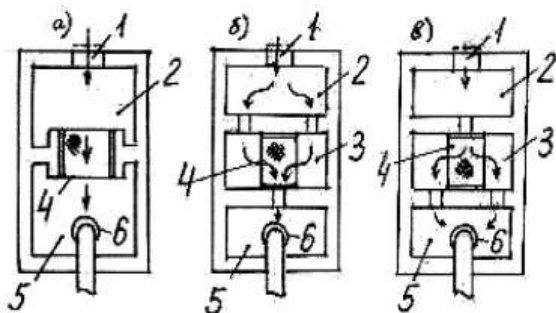


Рис. 7.3. Типи стрічкових обертових сіток за схемами підведення води:  
 а – сітка із лобовим підведенням води;  
 б – сітка з зовнішнім підведенням та внутрішнім відведенням води;  
 в – сітка з внутрішнім підведенням і зовнішнім відведенням води;  
 1 – водоприймальне вікно; 2 – приймальне відділення; 3 – сіткове відділення; 4 – сітка; 5 – всмоктувальне відділення; 6 – всмоктувальні лінії

Швидкість руху полотна становить 0,04-0,1 м/с і може регулюватись залежно від втрат напору в сітці (граничне значення втрат напору – 30-35 см). За відносно чистої води рух сітки може бути періодичним [2].

Порівняльну характеристику роботи стрічкових обертових сіток різних типів наведено в табл. 7.3 [2].

Таблиця 7.3

**Порівняльна характеристика роботи стрічкових обертових сіток**

Характеристика	Сітки типу "а"	Сітки типу "б"	Сітки типу "в"
Переваги	Хороші гідравлічні умови (відсутність поворотів у русі води); Рівномірна робота полотен сітки по всій їх ширині; Покращене очищення води (пропускається через два полотна); Просте компонування секції колодязя;	Більше використання площі сіток (весь потік ділиться на дві частини, які паралельно проходять через два полотна, що збільшує продуктивність секції і зменшує загальні розміри берегового сіткового колодязя).	Те ж саме
Недоліки	Менше використання площі сітки (весь потік проходить послідовно через два полотна, що приводить до меншої продуктивності); Можливість потраплення за сітку забруднень, які не були змиті промивним струменем.	Незадовільний гідравлічний режим через наявність поворотів у русі води; Нерівномірне використання полотна через косе набігання води на нього; Незадовільне затримання шуги з боку, де полотно рухається вниз.	Те ж саме, але в середині сітки накопичується сміття та шуга.
Можливі умови застосування	При відносно чистій воді джерела або коли якість очищення води на сітці не відіграє великої ролі.	Для водозаборів великої продуктивності при незначній кількості шуги.	Для малої продуктивності або середньої та великої продуктивності, коли необхідне якісне очищення води при відсутності шуги.

Площу зануреної під нижній рівень у колодязі частину полотна стрічкових обертових сіток визначають гідравлічними розрахунками за формулою (7.1), в якій коефіцієнт стиснення отвору вікна сіткою встановлюють згідно зі співвідношенням (7.5), а швидкість руху води в отворах сітки беруть у межах 0,4-1,2 м/с.

Витрати води на промивання сіток становлять приблизно 2-5 % від витрати, що проходить крізь них за нормального режиму роботи водозабору.

### 7.3. Забезпечення сприятливих умов роботи берегового колодязя

Розміри всмоктувальної камери визначають відповідно до вимог щодо створення сприятливих умов для підведення води до всмоктувальних труб (рис. 7.4) [5].

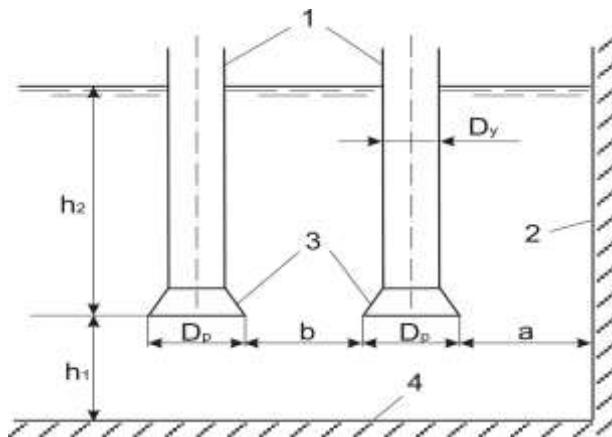


Рис. 7.4. Схема розміщення всмоктувальних труб в береговому колодязі:

- 1 – всмоктувальні труби;
- 2 – стінки колодязя;
- 3 – розтруб;
- 4 – дно колодязя

Щоб уникнути підсмоктування повітря у всмоктувальну трубу насоса, глибину занурення її вхідного отвору під найнижчий рівень води у всмоктувальній камері беруть  $h_2 \geq 2D_p$ , де  $D_p$  – діаметр розтруба, що дорівнює  $(1,3-2)D_y$  (де  $D_y$  – діаметр всмоктувальної труби). Від дна колодязя вхідний отвір повинен бути на висоті  $h_1 \geq 0,8D_p$ , але не менш ніж 0,5 м. Від стін всмоктувальні труби слід розмістити на відстані  $a \geq 0,75D_p$ . За наявності двох чи більше всмоктувальних труб в одній камері відстань між ними (для запобігання їх взаємодії) має бути  $b \geq 1,5D_p$  [5].

Для надійної цілодобової роботи й ремонту водозабори розділяють на окремі секції, які можуть працювати самостійно. Досягають цього влаштуванням запірних пристроїв у водоприймальних вікнах (щити, засувки), дублюванням трубопроводів, встановленням перегородок.

Вертикальні розміри берегового колодязя визначають згідно з коливаннями рівнів води у водоймі.

Над колодязем споруджують службовий павільйон, з якого керують обладнанням. Висоту підлоги службового павільйону влаштовують на 0,5 м вище від гребеня хвилі або на 0,6-1 м вище від рівня високих вод (РВВ).

## **Запитання для самоконтролю**

1. Як визначають площу водоприймальних вікон берегового колодязя?
2. Від чого залежить швидкість втікання води у водоприймальні отвори берегового колодязя?
3. У чому полягає призначення решіток на водоприймальних вікнах берегового колодязя?
4. Де в береговому колодязі розміщують сітки? Яке їх призначення?
5. Що собою являють сміттєзатримувальні решітки? Яких типів вони бувають?
6. Яким чином стержні сміттєзатримувальних решіток в берегових колодязях захищають від обмерзання?
7. Назвіть два основні типи водоочисних сіток водозаборів.
8. У яких випадках застосовують плоскі знімні сітки, а в яких – обертові?
9. Яким чином плоскі та обертові сітки очищають від бруду?
10. Якою є найбільша припустима величина втрат напору в плоских сітках?
11. Опишіть типи стрічкових обертових сіток за схемами підведення води, вкажіть їх переваги та недоліки.
12. Який відсоток від загальних витрат води становлять витрати на промивання сіток?
13. Як визначають розміри всмоктувальної камери берегового колодязя та положення всмоктувальних труб?
14. Яким чином забезпечують цілодобовий забір води з джерела, зважаючи на наявність періодів промивки та ремонту водозаборів?
15. Від чого залежать вертикальні розміри берегового колодязя?
16. Як призначають висоту підлоги службового павільйону?

## **Тема 8. РУСЛОВІ ВОДОЗАБОРИ**

### ***8.1. Русловий водозабір роздільного типу***

Руслові водозабори проєктують у разі пологих берегів річки, складених нескельними ґрунтами, за недостатньої глибини води безпосередньо біля берега та невеликої продуктивності споруд.

Як і берегові, руслові водозабори можуть мати суміщене або роздільне компонування, що визначається розміщенням насосної

станції відносно берегового сіткового колодезя. Часто застосовують водозабори роздільного типу (рис. 8.1), оскільки їх можна проектувати за різноманітних топографічних умов, слабких ґрунтів в основі споруд та будь-якій амплітуді коливань рівнів води в річці [5].

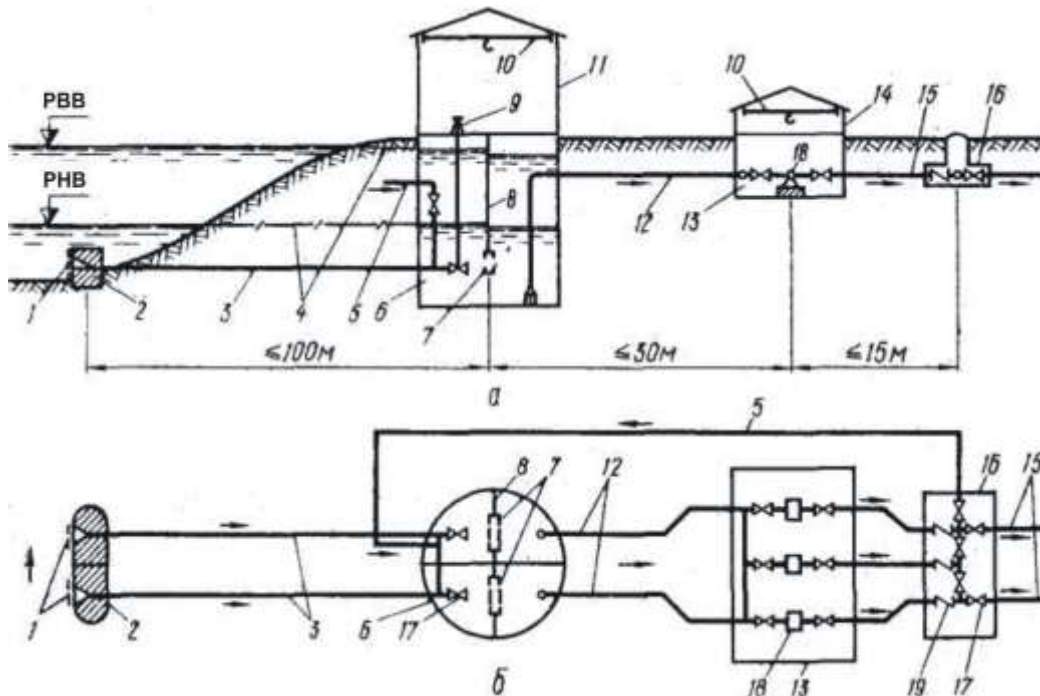


Рис. 8.1. Принципова технологічна схема руслового водозабору роздільного типу: а – повздовжній розріз; б – план: 1 – водоприймальні вікна з решітками; 2 – оголовок; 3 – самопливні лінії; 4 – п'езометричні лінії при РНВ і РВВ; 5 – трубопровід для промивання самопливних ліній зворотним рухом води; 6 – береговий колодезь; 7 – плоскі знімні сітки; 8 – поперечна перегородка; 9 – колонка керування засувками; 10 – вантажопіднімальний пристрій; 11 – службовий павільйон берегового колодезя; 12 – всмоктувальні труби; 13 – НС-I; 14 – службовий павільйон насосної станції; 15 – напірний водовід; 16 – камера перемикання; 17 – засувки; 18 – горизонтальні відцентрові насоси з електродвигунами; 19 – зворотні клапани

У руслових водозаборах водоприймальну частину, яку називають оголовком, виносять далеко в русло річки, у місця з достатніми глибинами. Вода самопливними лініями надходить у приймальну камеру берегового сіткового колодезя. На кінці кожної самопливної лінії обов'язково встановлюють засувку, що дає змогу її відключати. Таким чином, водозбір руслового типу складається з оголовка, самопливних ліній і берегового колодезя.

Оголовок призначено для розміщення водоприймальних вікон і закріплення в руслі річки кінців самопливних трубопроводів. У

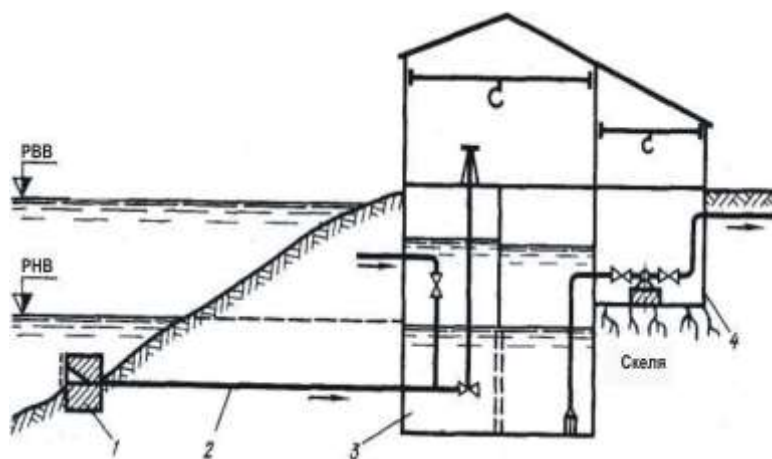
береговому колодязі, як у відстійнику, випадають з води крупні завислі речовини, а за рівнем води в ньому легко контролювати роботу самопливних і всмоктувальних труб. Оскільки планується секціонування, то в разі від'єднання однієї секції інші не перестають працювати.

Для видалення осаду із самопливних труб, який поступово накопичується під час роботи водозабору, періодично їх промивають. У такому разі одну лінію від'єднують, а решта працюють у форсованому режимі. Воду від насосів НС-І подають у лінію, яку промивають, і зворотна течія вимиває осад, який через оголовок скидається назад у річку. В усьому ж іншому руслові водозабори аналогічні береговим.

### 8.2. Русловий водозбір суміщеного типу

На міцних скельних ґрунтах доцільно проектувати напівзаглиблену насосну станцію, суміщаючи її з береговим колодязем (рис. 8.2) [5].

Рис. 8.2. Схема руслового водозабору суміщеного типу на скельних ґрунтах:  
 1 – оголовок;  
 2 – самопливні лінії;  
 3 – береговий колодязь;  
 4 – НС-І



За техніко-економічними міркуваннями руслові водозабори суміщеного типу рекомендується проектувати за амплітуди коливання рівнів води в річці понад 6 м і продуктивності водозабору до 1 м<sup>3</sup>/с, а також за будь-якої амплітуди коливань рівнів води в річці за продуктивності 1-6 м<sup>3</sup>/с та висоти всмоктування насосів менш ніж 3-4 м [5].

За сприятливих геологічних і гідрогеологічних умов можливим є влаштування заглибленої НС-І, що поліпшує умови її роботи. Варіант такої схеми наведено на рис. 8.3 [2].

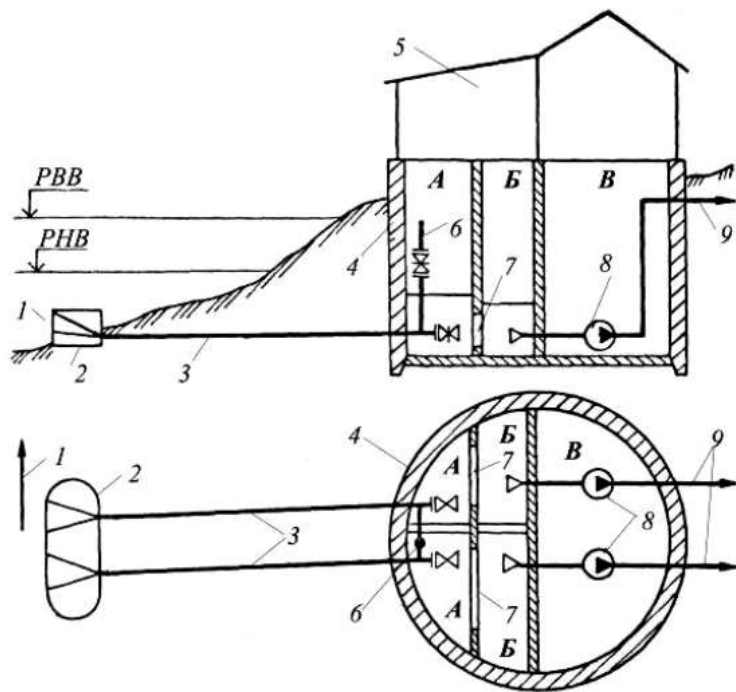


Рис. 8.3. Схема руслового водозабору суміщеного типу із заглибленою насосною станцією:

- 1 – річка; 2 – оголовок;
- 3 – самопливна лінія;
- 4 – береговий колодязь;
- 5 – службовий павільйон;
- 6 – трубопровід для промивання самопливних ліній;
- 7 – перепускне вікно;
- 8 – насос;
- 9 – нагнітальна лінія;
- А – приймальна камера;
- Б – всмоктувальна камера;
- В – НС-I

### 8.3. Водозабір із сифонними лініями

За потреби у великому заглибленні самопливних труб в несприятливих геологічних умовах їх будівництво і ремонт пов'язані з великими труднощами та значними матеріальними витратами. У такому разі замість самопливних доцільно проектувати сифонні лінії, які прокладають на меншій глибині паралельно поверхні землі (рис. 8.4) [5].

Сифонні лінії проектують з безперервним підняттям до берегового колодязя (похил не менший за 0,005).

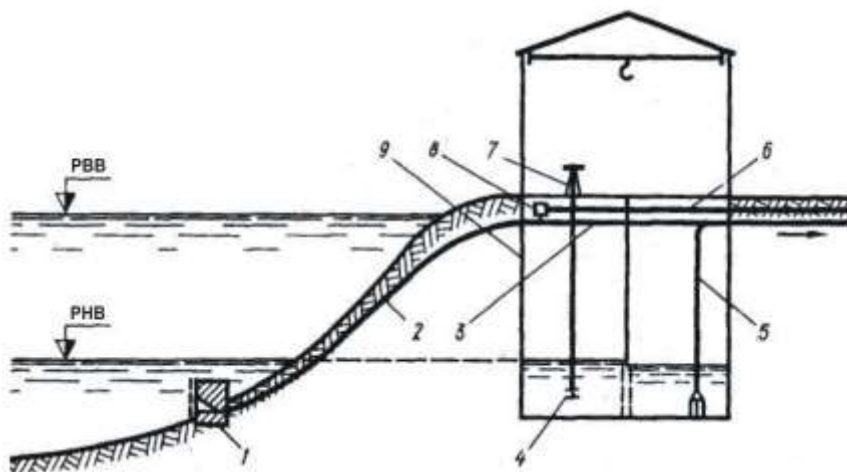


Рис. 8.4. Схема руслового водозабору роздільного типу з сифонними лініями: 1 – оголовок; 2 – сифонні лінії; 3 – труба для промивання сифонних ліній; 4 – тарічастий клапан; 5 – всмоктувальні труби НС-I; 6 – труба до вакуум-

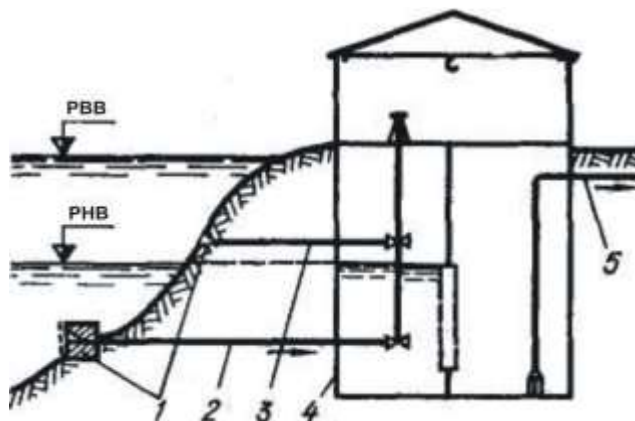
насоса; 7 – колонка керування тарілчастим клапаном; 8 – повітрозбірник; 9 – береговий колодезь

Спорудження сифонних ліній дешевше від самопливних, проте експлуатувати їх складніше. Повітря із сифонних труб видаляють з одночасним заповненням їх водою за допомогою вакуум-насосів.

#### **8.4. Двоярусний русловий водозабір**

У разі великої амплітуди коливань рівнів води у річці та великої каламутності води в період повені самопливні трубопроводи прокладають у два яруси (рис. 8.5). Під час повені забір води з річки виконують по верхньому самопливному ярусу, а під час межені – по нижньому [5].

Рис. 8.5. Схема руслового водозабору з двоярусними самопливними лініями:  
1 – оголовок;  
2 – нижня самопливна лінія;  
3 – верхня самопливна лінія;  
4 – береговий колодезь;  
5 – всмоктувальна труба насосів I-го підняття



#### **8.5. Водозабір комбінованого типу**

Комбінований (берего-русловий) річковий водозабір проєктують тоді, коли через складний профіль берега утруднюється забір води береговим водоприймачем за низьких рівнів води (РНВ) в джерелі.

У таких спорудах під час високих рівнів води (РВВ) в річці (період паводків та повеней), коли спостерігається багато мулу і завислих речовин, забір води виконують крізь водоприймальне вікно берегового колодезя, а під час низьких рівнів води в річці (період межені) забір води відбувається через оголовок по самопливних лініях до берегового колодезя (рис. 8.6) [5].

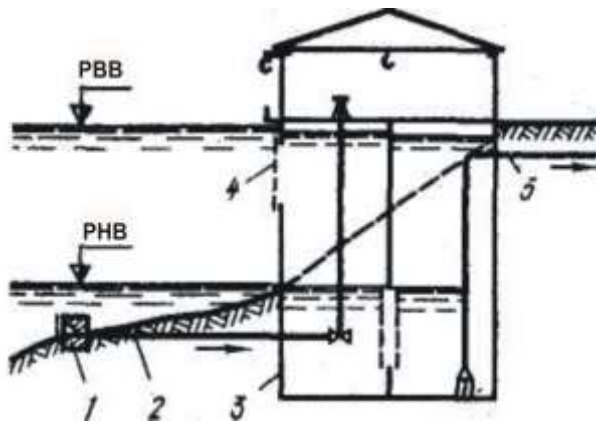


Рис. 8.6. Схема річкового водозабору комбінованого типу:

- 1 – оголовок;
- 2 – самопливна труба;
- 3 – береговий колодязь;
- 4 – водоприймальне вікно в береговому колодязі, що перекривається решіткою;
- 5 – всмоктувальна труба до насосів I-го підняття

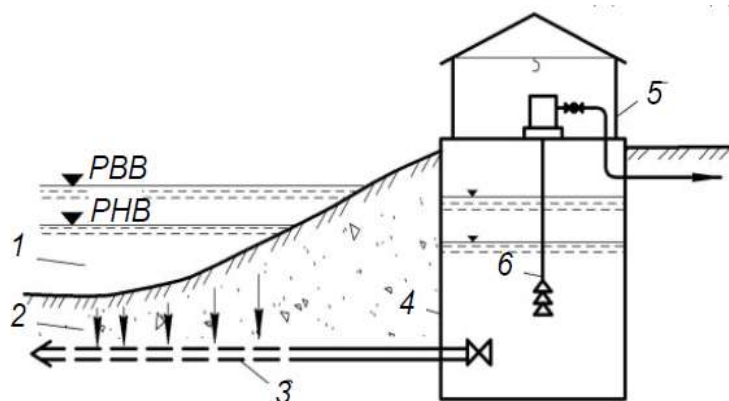
Водозабори комбінованого типу проєктують також для підвищення надійності приймання води в достатньо складних природних умовах джерела, у разі, коли водозабір повинен мати два розміщені в одному створі водоприймачі – русловий та береговий, що працюють незалежно один від одного [2].

### 8.6. Інфільтраційний (підрусловий) водозабір

Інфільтраційний (підрусловий) водозабір (рис. 8.7) рекомендують застосовувати за наявності під руслом річки порід з високими фільтраційними властивостями у складних природних умовах забору води. Це можуть бути важкі наносні або шуго-льодові умови, недостатня глибина води в річці для розміщення затопленого водоприймального оголовка тощо [2].

Рис. 8.7. Принципова схема інфільтраційного водозабору:

- 1 – русло річки;
- 2 – фільтрувальний горизонт;
- 3 – горизонтальні промені - свердловини;
- 4 – береговий колодязь;
- 5 – службовий павільйон;
- 6 – водопіднімальні лінії насосів



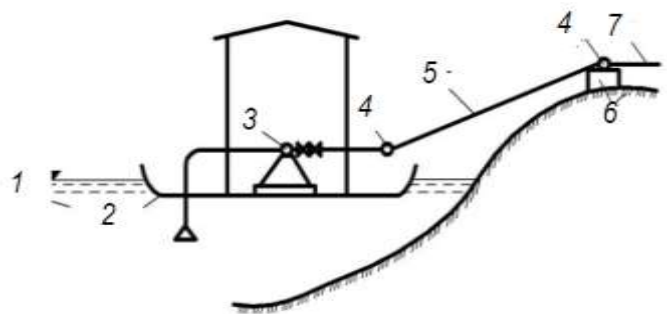
Вода, що інфільтрується з русла річки крізь фільтрувальний горизонт, захоплюється горизонтальними променями-свердловинами, що являють собою перфоровані труби, і по них самопливом надходить

у береговий колодязь, звідки насосом подається далі для подальшої обробки і використання споживачами. При цьому попереднє очищення річкової води від включень відбувається у самій товщі фільтрувального горизонту, що дає змогу не встановлювати у береговому колодязі водоочисних сіток [2].

### **8.7. Пересувний (нестационарний) водозабір**

Пересувний (нестационарний) водозабір влаштовують для невеликих тимчасових водопроводів (для будівельних майданчиків, містечок будівельників тощо), водопроводів сезонної дії (в сільському господарстві), під час реконструкції стаціонарного водозабору, а також для забору води з річок з нестійкими руслами. Одним з варіантів такого водозабору є плавучий водозабір (рис. 8.8).

Рис. 8.8. Принципова схема плавучого водозабору:  
 1 – русло річки; 2 – зашвартований та заякорений понтон;  
 3 – насос; 4 – шарнірні з'єднання; 5 – напірний водовід; 6 – берегова опора;  
 7 – трубопровід



Надійна робота водозабору багато в чому залежить від його розміщення [2].

### **Запитання для самоконтролю**

1. У яких випадках доцільно проектувати руслові водозабори? Якого компонування вони можуть бути?
2. Що таке оголовок руслових водозаборів? Де його розміщують?
3. Яким чином вода з річки надходить до берегового колодязя в руслових водозаборах?
4. Що обов'язково встановлюють на кінці кожної самопливної лінії руслового водозабору з боку берегового колодязя?
5. Як видаляють накопичений осад із самопливних труб?
6. У яких випадках доцільно проектувати руслові водозабори суміщеного типу? Наведіть можливі схеми таких водозаборів.

7. Коли застосовують русловий водозабір із сифонними лініями?
8. Як працюють двоярусні водозабори в різні періоди року?
9. У яких випадках проєктують комбіновані водозабори?
10. Коли рекомендується застосовувати інфільтраційні водозабори?
11. Як відбувається відбір води в пересувних водозаборах? У яких випадках користуються такими спорудами?

## **Тема 9. ВОДОПРИЙМАЛЬНІ ОГОЛОВКИ РУСЛОВИХ ВОДОЗАБОРІВ**

### **9.1. Типи водоприймальних оголовоків**

У господарсько-питному водопостачанні руслові водозабори на річках більш поширені, ніж берегові. Водоприймачі руслових водозаборів (оголовки), окрім забирання води з джерела, слугують для закріплення кінців самопливних та сифонних водоводів. Водоприймачі є найвідповідальнішими елементами водозаборів. Крім загальних вимог до водозаборів, розглянутих раніше, конструкція водоприймачів повинна задовольняти такі специфічні вимоги [2]:

- не порушувати суттєво режим річкового потоку і донних намулів, для чого повинна бути обтічною в плані (еліптичною або краплеподібною);
- бути захищеною від пошкодження якорями суден та плотів, плавучими предметами, кригою, великими донними намулами;
- бути доступною для огляду та обслуговування або мати допоміжні засоби для спостереження за їх роботою і станом, придатною для промивання водоприймальних поверхонь зворотним потоком води;
- бути індустріальною, простою у виготовленні та транспортуванні на місце встановлення.

Велику кількість застосовуваних нині водоприймальних оголовоків, залежно від категорії надійності водоподачі та складності природних умов забору води, можна поділити на три основні групи: постійно затоплені; затоплювані тільки під час повеней; незатоплювані.

Найбільш поширені *постійно затоплені оголовки*, які завжди залишаються нижче від мінімального розрахункового рівня води та нижньої поверхні льоду під час льодоставу. Вони мають ту перевагу перед незатоплюваними оголовками, що не заважають судноплавству, лісосплаву і не сприймають навантаження від дії льоду. Крім того, вони дешевші і менш трудомісткі під час будівництва, однак не підлягають огляду і ускладнюють очищення водоприймальних поверхонь.

Конструкції затоплених оголовок повинні мати таку форму, за якої був би мінімальним гідравлічний опір руху водного потоку і донних намулів. Водоприймальні вікна слід розміщувати так, щоб у них не надходила шуга, донні замули, сміття, а також риба. Всередині оголовка не можна допускати утворення застійних зон, де накопичується і загниває мул, сміття та органічні завислі речовини, що виділяються з води [2; 5].

Затоплений водоприймач зазвичай виготовляють на березі і транспортують до місця встановлення, використовуючи плавучу конструкцію типу понтона, а далі, заповнюючи його водою, опускають за допомогою спеціальних вертикальних напрямних на підготовлену на дні основу. Достатньої стійкості в процесі експлуатації досягають, заповнюючи внутрішні порожнини оголовка бетоном (підводне бетонування) або іншим баластом. Пазухи котловану навколо водоприймача засипають піском, гравієм, галькою й укріплюють кам'яним насипом або залізобетонними плитами. Патрубки, виведені з оголовка, з'єднують з кінцями самопливних ліній напівмуфтами з болтовими з'єднаннями або підводним зварюванням за допомогою водолазів [2].

*Затоплювані тільки під час повеней* оголовки аналогічні постійно затопленим, але за мінімальних і меженних рівнів води верх оголовка опиняється вище від поверхні води, що ускладнює експлуатацію для судноплавства і лісосплаву та призводить до різного переформування гідравлічного режиму річки, а тому такі водоприймачі досить рідко застосовують в системах господарсько-питного водопостачання [5].

*Незатоплювані оголовки (криби)* забезпечують найбільшу надійність забору води. Вони зручні в експлуатації, оскільки постійно доступні для обслуговування, але достатньо масивні, тому дорогі і складні у будівництві. Верх такого оголовка-колодязя повинен бути вище від найбільш високого рівня води у водоймі на 0,5-1,0 м. Водоприймальні вікна розміщують у два або три яруси. Такі водоприймачі застосовують на великих річках із значними коливаннями рівнів води (понад 10 м) та за середньої і великої продуктивності водозаборів у важких природних умовах, коли будівництво берегового водозабору є технічно неможливим або економічно недоцільним [5].

За матеріалом оголовки бувають дерев'яні (пальові, ряжеві), сталеві, бетонні і залізобетонні. За характером водоприймальної поверхні водоприймачі можна поділити на дві групи: водоприймачі з вікнами, перекритими сміттєзатримувальними решітками та

водоприймачі з водоприймальними поверхнями із пористого фільтрувального матеріалу (фільтрувальні водоприймачі) [2].

Сміттєзатримувальні решітки, що перекривають водоприймальні вікна оголовків, найчастіше виготовляють у вигляді металевих рам з вертикальними стержнями круглого або прямокутного перерізу. Вони слугують для затримання крупних плавучих предметів, сміття, водоростей та риби, коли швидкість забору води в 3-4 рази менша за швидкість в річці (якщо цієї умови не дотримано, то замість решіток встановлюють сітки або фільтри з пористого матеріалу) [2].

На вікнах затоплених оголовків руслових водозаборів найчастіше встановлюють стаціонарні решітки, штучне звільнення яких від затриманих ними забруднень за неглибокого розташування водоприймальних вікон можна виконувати з наплавних засобів за допомогою гаків, а за глибокого – за допомогою гідравлічного промивання. Для поліпшення умов самопромивання решіток у річковому потоці бокові грані їх стержнів, які мають прямокутний переріз, розміщують під кутом  $120-135^\circ$  до напрямку течії. Для запобігання обмерзанню внутрішньоводним льодом стержні решіток можуть бути виготовлені з гідрофобного матеріалу (ебоніт, каучук, гума) або покриті ним [2].

Площу водоприймальних вікон, перекритих сміттєзатримувальними решітками, визначають за формулою (7.1), у якій коефіцієнт стиснення площі вікна стержнями решітки розраховують за формулою (7.2).

Допустима швидкість втікання води у водоприймальні вікна без засобів рибозахисту (у разі забору води з джерел, що не мають рибогосподарського значення, а також за умови влаштування перед водоприймачем з решіткою спеціального рибозахисного пристрою) становить для середніх і важких умов забору води відповідно: для берегових незатоплюваних водоприймачів – 0,6-0,2 м/с; для затоплених водоприймачів – 0,3-0,1 м/с. У важких шуго-льодових умовах швидкість втікання води знижується до 0,06 м/с. У разі застосування заходів рибозахисту в річках зі швидкістю течії  $> 0,4$  м/с допустима швидкість втікання води – 0,25 м/с, а в річках зі швидкістю течії  $\leq 0,4$  м/с й у водоймах – 0,1 м/с. Втрати напору у решітках за нормального режиму роботи водозабору (коли паралельно діють всі секції) можна вважати  $h_{реш} = 0,03-0,05$  м [2].

У легких природних умовах забору води можна проектувати незахищені конструкції оголовків, які являють собою водоприймальні

вікна, перекриті сміттєзатримувальними решітками і сполучені з кінцями ліній розтрубними вставками. В більш складних умовах проєктують оголовки, захищені від зовнішньої дії бетонними, залізобетонними, стальними оболонками, дерев'яними зрубами, рядом паль. Основу оголовка заглиблюють на 1-1,5 м нижче від дна річки для захисту від розмивання його течією. За слабких ґрунтів закріплюють дно навколо водоприймача, а сам оголовок повинен мати обтічну форму [2; 5].

## 9.2. Схеми водоприймальних оголовоків в різних умовах забору води

Конструктивні схеми оголовоків залежно від природних умов забору води і продуктивності водозабору можуть бути різними. Так, на невеликих річках без лісосплаву і судноплавства у відносно простих природних умовах забору води за продуктивності водозабору  $Q \leq 0,2 \text{ м}^3/\text{с}$  використовують розтрубні пальові незахищені водоприймальні оголовки (рис. 9.1, а), а на лісосплавних річках з легкими або середніми природними умовами за продуктивності водозабору  $Q \leq 1 \text{ м}^3/\text{с}$  застосовують залізобетонні розтрубні захищені оголовки (рис. 9.1, б) [2].

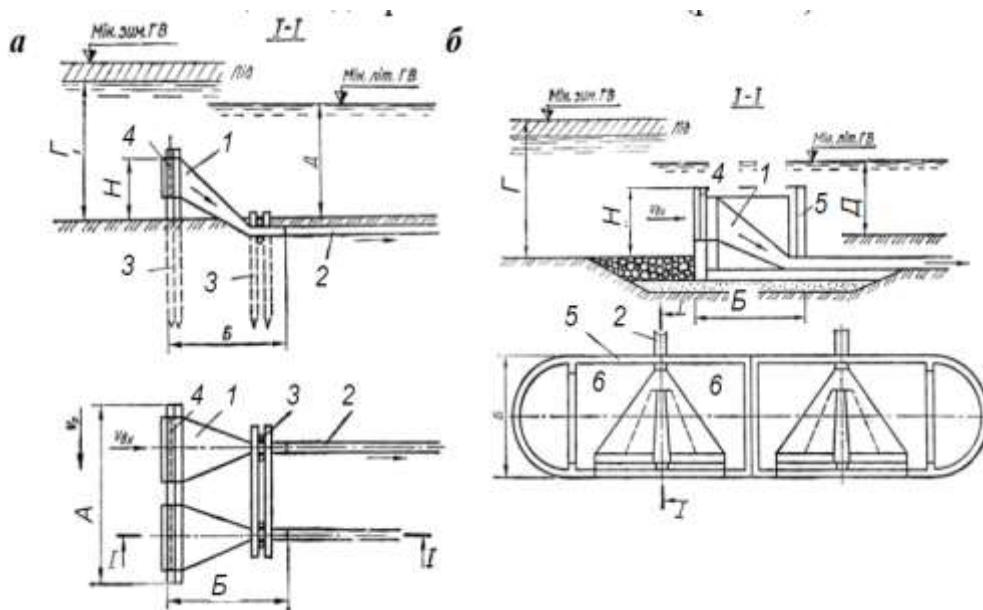


Рис. 9.1. Оголовки руслових водозаборів:

- а – розтрубний незахищений з палями; б – залізобетонний з бічним входом;
- 1 – трубчастий водоприймальний розтруб; 2 – самопливні водоводи;
- 3 – палі; 4 – сміттєзатримувальні решітки; 5 – залізобетонна камера;
- 6 – привантаження щебенем або бетоном

На річках з важкими шуго-льодовими умовами для зменшення вхідної швидкості можна застосовувати водоприймачі з розвиненими приймальними частинами і двобічним входом. Прикладом є двосекційний оголовок (рис. 9.2), який застосовують за продуктивності водозабору 1-3 м<sup>3</sup>/с [2].

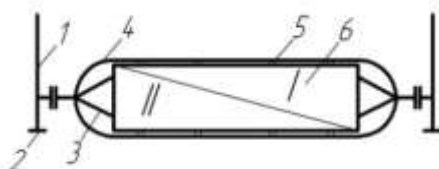


Рис. 9.2. Планова схема залізобетонного двосекційного захищеного оголовка з розвиненою водоприймальною частиною: 1 – самопливні водоводи; 2 – заглушки (для можливості очищення ліній); 3 – розтруби; 4 – залізобетонний корпус оголовка; 5 – вікна (панелі) з решітками; 6 – камери-секції

Збільшуючи поперечний переріз камер-секцій до розтрубів, створюють умови для рівномірного водовідбору по водоприймальному фронту та рівномірного промивання панелей зворотним потоком води. Розвиненням попередньої схеми є водоприймачі з вихровими камерами, які являють собою розміщені за водоприймальними отворами колектори круглої або прямокутної форми зі змінним поперечним перерізом (рис. 9.3) [2].

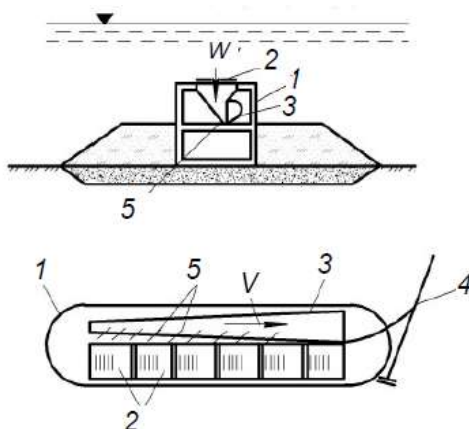


Рис. 9.3. Схема оголовка з вихровою камерою і верхнім прийманням води: 1 – корпус оголовка; 2 – вікна (до 12) з решітками; 3 – сталева зварна вихрова камера (її довжина дорівнює 6-10-кратному найбільшому діаметру); 4 – самопливні лінії; 5 – струмененапрямні діафрагми у вхідній щілині камери, які спрямовують промивні струмені під кутом 45° до площини вікон

Під час промивання вікон зворотним потоком води у водоприймачах з великим водоприймальним фронтом краще промиваються найвіддаленіші від самопливної лінії вікна, а за імпульсного промивання – найближчі. Тому для водоприймачів з вихровими камерами найбільш доцільним є комбіноване (зворотним потоком та імпульсне) промивання водоприймальних вікон. Для поліпшення умов промивання водоприймальні отвори оголовоків з вихровими камерами обладнують спеціальними конструктивними елементами (струмененапрямними виступами, діафрагмами тощо).

Основні специфічні розрахунки водоприймачів з вихровими камерами зводяться до визначення поперечних розмірів та довжини камери, а також площі щілини камери. Для конічної або циліндричної (телескопічної) вихрової камери найбільший її діаметр  $d_m$  визначають, виходячи з витрати водозабору (або секції), що забирається в кінці камери та швидкості  $V_m$ , яку беруть трохи меншою за швидкість у самопливній лінії. Найменший діаметр камери та її довжину визначають, відповідно, за співвідношенням  $d_0 \geq 0,6 d_m$  та  $l \leq (6-10) d_m$ . Отриману довжину камери поділяють на окремі панелі з таким розрахунком, щоби водоприймальні отвори, перекриті решітками, за перерізом наближались до квадратних. Площу вхідної щілини камери визначають, виходячи з витрати, яка забирається в камеру, і середньої швидкості в щілині (беруть рівною швидкості у самопливній лінії) [2].

У легких природних умовах забору води для рибозахисту на вході у водоприймач встановлюють рибозахисний пристрій типу сітчастого барабана (рис. 9.4) [2].

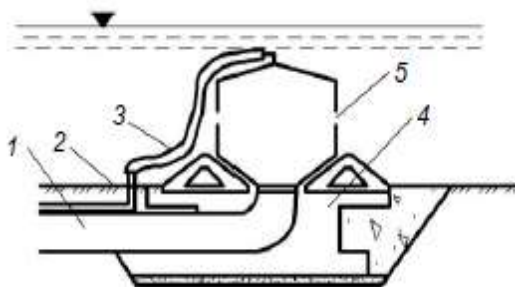


Рис. 9.4. Схема оголовка з сітчастим барабаном:

- 1 – самопливні чи всмоктувальні лінії;
- 2 – трубопровід для подавання промивної води у сітчастий барабан;
- 3 – гнучкий рукав; 4 – збірний з/б корпус;
- 5 – сітчастий барабан

Крім наведених схем оголовоків, застосовують й інші типи і способи влаштування руслових водозаборів. Проектуючи оголовки, окрім гідравлічних розрахунків, виконують їх перевірку на стійкість та міцність.

### 9.3. Характеристики затоплених оголовоків руслових водозаборів

Обираючи тип затопленого оголовка руслового водозабору, можна скористатися табл. 9.1, в якій наведено характеристики й умови застосування їх найбільш поширених конструкцій. Найпростішим є розтрубний оголовок на палях (табл. 9.1, п.1). Проектують його для водозаборів продуктивністю 20-200 л/с на м'яких ґрунтах дна річки, що дають можливість забивати палі. Зрубові оголовки призначені для закріплення в них розтрубів і кінців самопливних труб від пошкодження. Бетонні та залізобетонні оголовки мають водоприймальну камеру, куди надходить вода. До камери приєднують кінці самопливних труб [5].

Таблиця 9.1

#### Характеристики затоплених оголовоків руслових водозаборів

№ п/п	Найменування Основні елементи	Конструкція	Характеристика і випадки застосування
1	Розтрубний палевий незахищений оголовок: 1 – розтруб; 2 – самопливний або сифонний водовід; 3 – палі; 4 – сміттєзатримувальна решітка. Рекомендовані розміри, м: А = 3,5-5,0; Б = 3,6-4,1; Г = 2,5-2,7; Д = 1,6-1,8; Н = 1,3-1,5		На невеликих річках, не використовуваних для лісосплаву й судноплавства з відносно легкими природними умовами, за малої (0,02-0,2 м³/с) продуктивності водозабору. Простий, компактний, економічний. Вносить збурювання в потік, важкодоступний, боїться ударів, потребує влаштування рибозахисту
2	Сталеві незахищені оголовки: а – трубчастий; б – тарілчастий: 1 – заглушка; 2 – сміттєзатримувальна решітка; 3 – водоприймальна труба; 4 – приймальний розтруб; 5 – вертикальний патрубок; 6 – врізний з'єднувальний патрубок; 7 – фланець.		На річках, не використовуваних для лісосплаву й судноплавства з досить легкими природними умовами, за невеликої (до 0,5 м³/с) продуктивності водозабору. Прості, збірні, невеликої вартості, швидкозамінювані. Вносять значні збурення в потік, важкодоступні, потребують влаштування рибозахисту

Продовження табл. 9.1

№ п/п	Найменування Основні елементи	Конструкція	Характеристика і випадки застосування
3	<p>Дерев'яний зрубний оголовок з бічним прийманням води:                      1 – сміттєзатримувальна решітка;                      2 – водоприймальний розтруб;                      3 – кам'яний накид;                      4 – зруб;                      5 – самопливні або сифонні водоводи.                      Рекомендовані розміри, м:                      А = 6,5-17,4; Б = 2,5-3,5;                      Г = 2,7-3,1; Д = 1,8-2,2;                      Н = 1,5-1,9</p>		<p>На річках з невеликими глибинами, середніми природними умовами за невеликої (до 1 м<sup>3</sup>/с) продуктивності водозабору. Прості, невеликої вартості. Трудомісткі у виготовленні, неіндустріальні, важкодоступні для огляду й заміни сміттєзатримувальних решіток, потребують влаштування рибозахисту</p>
4	<p>Дерев'яний зрубний фільтрувальний оголовок:                      1 – зруб;                      2 – самопливні або сифонні водоводи;                      3 – кам'яний накид.                      Рекомендовані розміри, м:                      А = 10,2-17,2; Б = 3,0;                      Г = 3,3; Д = 2,4; Н = 2,1</p>		<p>На невеликих річках з важкими шуго-льодовими умовами за невеликої (до 1 м<sup>3</sup>/с) продуктивності водозабору. Прості, невеликої вартості, не потребують влаштування рибозахисту. Трудомісткі у виготовленні, неіндустріальні, важкодоступні, зазнають засмічення й замулення</p>
5	<p>Залізобетонний розтрубний захищений оголовок з бічним прийманням води:                      1 – сміттєзатримувальна решітка;                      2 – розтруб;                      3 – залізобетонний корпус оголовка;                      4 – самопливний або сифонний водовід;                      5 – кріплення русла каменем;                      6 – завантаження галечником, щебенем або бетоном.                      Рекомендовані розміри, м:                      А = 5,5-15,8; Б = 2,5-4,0;                      Г = 2,6-3,0; Д = 1,7-2,1;                      Н = 1,4-1,8</p>		<p>На невеликих лісосплавних річках з легкими й середніми природними умовами за невеликої (до 1 м<sup>3</sup>/с) продуктивності водозабору. Надійно захищають кінці самопливних або сифонних водоводів, дають змогу забирати воду з невеликими вхідними швидкостями, можуть бути виконані індустріальним способом. Громіздкі й важкі в монтажі, потребують влаштування рибозахисту, важкодоступні</p>

Продовження табл. 9.1

№ п/п	Найменування Основні елементи	Конструкція	Характеристика і випадки застосування
6	<p>Залізобетонний дво-секційний захищений оголовок конструкції ВНДІ ВОДГЕО:</p> <p>1 – водоприймальні отвори;</p> <p>2 – самопливні або сифонні водоводи;</p> <p>3 – залізобетонне днище й стінки оголовка;</p> <p>4 – водоприймальні розтруби;</p> <p>5 – з'єднувальні фланці;</p> <p>6 – оглядові люки;</p> <p>7 – заглушки</p>		<p>На лісосплавних річках з важкими шуго-льодовими умовами за середньої продуктивності (1-3 м<sup>3</sup>/с) водозабору.</p> <p>Добре обтічна форма, малі вхідні швидкості, що дає можливість забирати воду із сильно шугоносних річок. Добре промивається. Складний у монтажі, дорогий, важкодоступний, потребує влаштування рибозахисту</p>
7	<p>Водоприймач із вихровою камерою конструкції ВНДІ ВОДГЕО:</p> <p>1 – сміттєзатримувальна решітка на водоприймальному отворі;</p> <p>2 – підрешітчаста камера;</p> <p>3 – вихрова камера;</p> <p>4 – вхідна щілина;</p> <p>5 – з'єднувальні фланці;</p> <p>6 – струмененапрямний козирок</p>		<p>На річках із середніми й важкими природними умовами за малої і середньої продуктивності водозабору.</p> <p>Забезпечує невеликі, однакові по всій довжині вхідного отвору швидкості входу води в оголовок, може працювати за наявності шуги, добре промивається. Складний у використанні, недоступний для огляду, потребує влаштування рибозахисту</p>
8	<p>Бетонний оголовок у металевому кожусі конструкції «Гіпрокомунводоканалу»</p> <p>1 – металевий кожух;</p> <p>2 – водоприймальні отвори;</p> <p>3 – сміттєзатримувальна решітка з електрообігріванням;</p> <p>4 – кріплення дна річки навколо оголовка;</p> <p>5 – водоприймальні воронки;</p> <p>6 – самопливні або сифонні водоводи</p>		<p>На річках із середніми й важкими природними умовами за наявності в потоці топляка за продуктивності водозабору 1,5 м<sup>3</sup>/с. Стійкий проти ударів, добре обтічний потіком; не піддається зледенінню, сміттєзатримувальна решітка з електрообігріванням. Складний у виготовленні (бетонування під водою), важкодоступний для огляду й заміни решіток, потребує влаштування рибозахисту</p>

Закінчення табл. 9.1

№ п/п	Найменування Основні елементи	Конструкція	Характеристика і випадки застосування
9	Еліптичний монолітний залізобетонний оголовок: 1 – тіло оголовка; 2 – сміттєзатримувальні решітки на водоприймальних отворах; 3 – кріплення дна навколо оголовка; 4 – самопливні або сифонні водоводи		<p>На річках з легкими й середніми природними умовами з великими швидкостями течії води за малої продуктивності водозабору. Добре обтічний, стійкий, індустріальний. Складний у виготовленні, недоступний для огляду, потребує влаштування рибозахисту</p>
10	Круглий монолітний залізобетонний оголовок: 1 – самопливний або сифонний водовід; 2 – сміттєзатримувальні решітки; 3 – похила стійка; 4 – завантаження щебеню, галечника або каменю; 5 – верхнє кільце оголовка		<p>На річках з легкими й середніми природними умовами за нестійкого напрямку течії води з малою й середньою продуктивністю водозаборів. Добре обтічний, стійкий. Складний у виготовленні, недоступний для огляду, потребує влаштування рибозахисту</p>
11	Збірний залізобетонний оголовок конструкції «Гіпрокомунводоканалу»: 1 – верхній блок; 2 – нижній блок; 3 – самопливні або сифонні водоводи; 4 – сміттєзатримувальні решітки; 5 – консолі нижнього блоку; 6 – опорний бортик; 7 – отвори для випускання повітря		<p>На річках судноплавних і лісосплавних з легкими й середніми природними умовами та середньою продуктивністю водозаборів. Добре обтічний, стійкий, індустріальний. Складний у виготовленні й монтажі, недоступний для огляду, потребує влаштування рибозахисту</p>
12	Збірний залізобетонний оголовок краплеподібної форми: 1 – сміттєзатримувальна решітка на водоприймальних отворах; 2 – верхній блок; 3 – самопливний або сифонний водовід; 4 – нижній блок; 5 – кам'яний накид кріплення дна русла в місці встановлення оголовка		<p>На річках судноплавних і лісосплавних з легкими й середніми природними умовами та великими швидкостями течії за середньої і великої продуктивності водозаборів. Добре обтічний, стійкий, виготовлюваний у заводських умовах. Недоступний для огляду, потребує влаштування рибозахисту</p>

## **Запитання для самоконтролю**

1. Яке призначення мають оголовки руслових водозаборів?
2. Які вимоги повинна задовольняти конструкція водоприймача?
3. Назвіть групи, на які поділяють водоприймальні оголовки за особливостями їх розміщення у водному джерелі.
4. Вкажіть переваги затоплених оголовків. Як їх споруджують?
5. У чому переваги незатоплених оголовків? На яких річках їх застосовують?
6. З якого матеріалу виготовляють оголовки?
7. На які дві групи поділяють водоприймачі за характером водоприймальної поверхні?
8. Як стаціонарні решітки оголовків руслових водозаборів звільняють від затриманих ними забруднень?
9. У яких випадках використовують розтрубні пальові незахищені водоприймальні оголовки?
10. Коли застосовують залізобетонні розтрубні захищені оголовки?
11. З якою метою застосовують водоприймачі з розвиненими приймальними частинами і двобічним входом?
12. Назвіть умови використання сітчастого барабана на водоприймальних оголовках. Яку функцію він виконує?

## **Тема 10. САМОПЛИВНІ ТА СИФОННІ ТРУБОПРОВОДИ РУСЛОВИХ ВОДОЗАБОРІВ**

### **10.1. Загальні положення проєктування**

Трубопровідні лінії руслових водозаборів (самопливні та сифонні) належать до водопровідних пристроїв, призначених для транспортування води від водоприймальних оголовків до берегових колодязів. Для безперебійного подавання води споживачам кількість самопливних або сифонних ліній повинно бути не менше двох. Їх споруджують зі сталевих труб, допускається також застосування залізобетонних або пластмасових. Відстань між лініями водоводів має становити від 0,7 до 1,5 м [2, 3, 5].

Самопливні і сифонні трубопроводи намагаються укласти без поворотів у плані. Водоводи заглиблюють під дно річки не менш ніж на 0,5 м на несудноплавних річках і на 0,8-1,5 м – на судноплавних для

захисту труб від розмивання річковим потоком, стирання їх піском та пошкодження якорями суден і плотів [5].

Самопливні лінії можна прокладати горизонтально, а також з прямим або зворотним похилом.

Самопливні і сифонні труби в усіх ґрунтах, за винятком скельних, пливунних і болотистих, укладають на міцну основу непорушеної структури. В скельних ґрунтах основу під труби вирівнюють шаром піску. В пливунних, болотистих і пухких ґрунтах під труби споруджують штучну основу. Траншею з укладеними трубами засипають ґрунтом, а зверху закріплюють кам'яним накидом.

Сталеві трубопроводи зовні повинні бути покриті антикорозійною ізоляцією, а всередині – цементним або іншим покриттям. За потреби застосовують катодний або протекторний захист від корозії.

Діаметр самопливних і сифонних трубопроводів визначають гідравлічним розрахунком залежно від величини розрахункової витрати води та значення розрахункової швидкості [5].

## **10.2. Влаштування трубовідних самопливних ліній**

Конструктивне рішення самопливних ліній визначається [2]:

- величиною витрати води, яку забирають з джерела;
- топографічними умовами траси (її довжиною, глибиною виїмок, наявністю перетинів із заплавами озерами тощо);
- геологічними і гідрогеологічними умовами на трасі (характер ґрунтів, наявність і потужність потоку ґрунтових вод тощо);
- ресурсами будівельної організації і методами виконання робіт з прокладання ліній.

Сталеві самопливні лінії зварюють на березі і опускають в підводну траншею, пророблену за допомогою земснаряду. За малої довжини траси та великої глибини закладання труб у м'яких породах сталеві самопливні лінії можна споруджувати методом безтраншейного прокладання (шляхом горизонтального буріння, продавлювання) [2].

Самопливні лінії прокладають кількома нитками, кількість яких збігається з кількістю секцій водозабору, без різких поворотів в плані й у вертикальній площині, які спричиняють відкладання намулів та ускладнюють промивання ліній. Висотне положення труб визначається висотним положенням водоприймача та граничним висотним положенням ліній у місці підходу до берегового колодязя за умови пропускання заданої витрати води самопливом за РНВ в річці [2].

Якщо дно зазнає розмивання або якщо лінії прокладено на глибині, меншій за нормативну, то виконують укріплення дна і траншеї, в якій розміщено трубопроводи (рис. 10.1) [2].

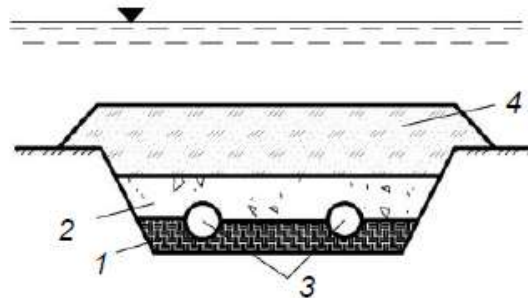


Рис. 10.1. Укріплення дна і траншеї з самопливними лініями: 1 – футирівка (підкладання) з хмизових фашин, які забезпечують пружність і якісне зчеплення труб з основою; 2 – насип зі щебеню; 3 – самопливні лінії; 4 – насип з каміння або залізобетонні плити

Якщо не відбувається розмивання русла, насип з каміння можна не влаштовувати. У разі залягання в дні річки скельної породи і транспортування річкою значної кількості донних намулів і каміння самопливні лінії захищають залізобетонними блоками (рис. 10.2). За неглибокого прокладання самопливних ліній, особливо в зоні інтенсивної дії хвиль, стійкість труб можна підвищувати, кріплячи їх до дна металевими анкерами або встановлюючи спеціальні баластні вантажі [2].

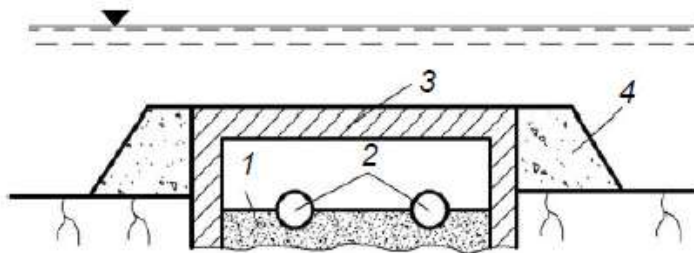


Рис. 10.2. Захист ліній залізобетонними блоками: 1 – піщана подушка; 2 – самопливні лінії; 3 – залізобетонний блок; 4 – насип з каміння

Допускається влаштування самопливних ліній водозаборів у вигляді галерей зі збірного залізобетону (рис. 10.3), які можна проектувати тільки за умови дуже великої витрати водозабору ( $Q = 5-10 \text{ м}^3/\text{с}$ ) і лише на підставі техніко-економічного обґрунтування доцільності їх використання [2].

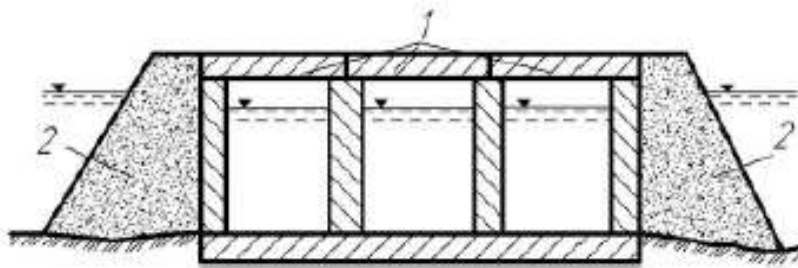


Рис. 10.3. Переріз самопливних ліній у вигляді збірних залізобетонних галерей: 1 – галереї; 2 – обсіпка камінням

### 10.3. Основи гідравлічних розрахунків

Гідравлічними розрахунками встановлюють діаметр самопливних ліній водозабору та втрати напору в них.

Діаметр ліній визначають, виходячи з пропуску ними розрахункових витрат секцій  $q_c$  за нормального режиму роботи водозабору зі швидкістю  $V_{c.в}$ , за формулою

$$d_{c.в} = 1,13 \sqrt{\frac{q_c}{V_{c.в}}} \quad (10.1)$$

Швидкість руху води в самопливних і сифонних водоводах залежить від категорії надійності водозабору та діаметра труб. Її рекомендується визначати згідно з табл. 10.1 [3]. Причому більші значення швидкості беруть для більших витрат води, за більшого вмісту завислих речовин у воді і за невеликої довжини самопливних ліній.

Таблиця 10.1

#### Швидкість руху води в самопливних і сифонних водоводах водозабірних споруд

Діаметри водоводів, мм	Швидкість руху води, м/с, при категорії водозабірних споруд	
	I	II і III
300-500	0,7 – 1,0	1,0 – 1,5
500-800	1,0 – 1,4	1,5 – 1,9
Понад 800	1,5	2,0

**Примітка.** За можливості внутрішнього біологічного обростання водоводів розрахунок втрат напору у водоводі виконується при значенні коефіцієнта шорсткості 0,02.

Ця швидкість повинна забезпечувати незамулення ліній за розрахункової мінімальної швидкості води в річці  $V_{p.min}$ , тобто повинна дотримуватись умова:

$$V_{c.в} \geq V_{p.min} \quad (10.2)$$

Для запобігання замуленню труб за підвищеної каламутності води в паводок воду пропускають з підвищеною швидкістю, вимкнувши з роботи одну лінію і секцію водозабору. В межінь, у період низьких рівнів води в річці і її невеликої каламутності, працюють всі лінії руслового водозабору.

У разі збільшення швидкості руху води самопливні лінії пропускають збільшені витрати води  $q_{c.o}$  (особливий режим роботи водозабору), які становлять [2]:

- для водозаборів I категорії  $\frac{Q}{n-1}$  ;

- для водозаборів II та III категорій  $\frac{0,7Q}{n-1}$ ,

де  $Q$  – продуктивність водозабору;

$n$  – кількість секцій водозабору.

При цьому швидкість води в лінії повинна задовольняти умову

$$V_{c.в} \geq V_{p.max} . \quad (10.3)$$

Втрати напору у трубопроводних лініях руслового водозабору визначають для випадків як нормального, так і особливого режиму його роботи. При цьому слід брати до уваги наявність всіх місцевих опорів на шляху руху води [2].

Втрати напору в самопливних трубопроводах визначають за формулою

$$\sum h = i \cdot l + \sum \xi \frac{V^2}{2g} , \text{ м} , \quad (10.4)$$

де  $i$  – гідравлічний похил, тобто втрати напору на одиницю довжини трубопроводу;  $l$  – розрахункова довжина трубопроводу, м;  $\xi$  – коефіцієнт гідравлічного опору, який беруть залежно від виду місцевої перешкоди для руху води [5]:

Вхід у трубу без розширення	0,5
Плавно окреслений вхід в трубу	0,1
Приймальна сітка без клапана	2-3
Приймальний клапан із сіткою	5-10
Зворотний клапан	1,7
Коліно за сортаментом	1
Зварне коліно	1,5
Відвід за сортаментом з кутом 45°	0,25-0,3
Зварний відвід з кутом 45°	0,45

Перехід, що звужується	0,25
Перехід, що розширюється	0,46-0,9
Трійник у прямому напрямку	0,1
Трійник у напрямку відгалуження	2
Трійник при розділенні потоку	1,5
Дросельний клапан, повністю відкритий	0,24
Вихід з труби в резервуар	1
Засувка (залежно від ступеня відкриття)	0,1-97,8

На підставі розрахунку втрат напору визначають відмітки рівнів води в береговому колодязі за розрахункових горизонтів води у річці.

#### 10.4. Очищення трубопроводів від намулів

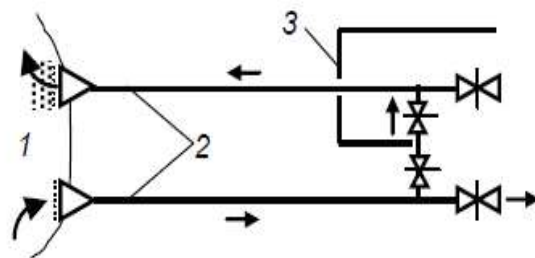
Основним способом звільнення внутрішнього перерізу самопливних ліній від намулів є гідравлічний, який має кілька варіантів.

З ліній водозаборів достатньо великої продуктивності намули можуть видалятися *прямим потоком* шляхом збільшення швидкостей руху води в трубах.

Для водозаборів невеликої продуктивності і водозаборів, які працюють в легких природних умовах джерела, достатньо ефективним засобом очищення самопливних ліній від намулів є *зворотне промивання* напірною водою, що подається від насосної станції (рис. 10.4), за якого намули видаляються назад у водне джерело [2].

Рис. 10.4. Схема гідравлічного промивання лінії зворотним потоком напірної води:

- 1 – водне джерело;
- 2 – самопливні лінії;
- 3 – трубопроводи для підведення промивної води від насосної станції



Через суттєву різницю між площею водоприймальних вікон оголовка, перекритих решітками та фільтрами, і площею перерізу трубопроводних ліній очищення водозабору зворотним потоком води не завжди дає достатній ефект.

Для більш ефективного очищення сміттєзатримувальних засобів водоприймальних вікон застосовують *імпульсне промивання*. Під час

такого промивання створюється змінна за напрямком дії хвиля тиску, яка розуцільнює затримані решіткою забруднення і полегшує їх подальше змивання в джерело. Імпульсне промивання, як правило, доповнює промивання зворотним потоком води [2].

У разі похилої самопливної лінії у бік джерела імпульсне промивання можна виконувати за схемою, наведеною на рис. 10.5.

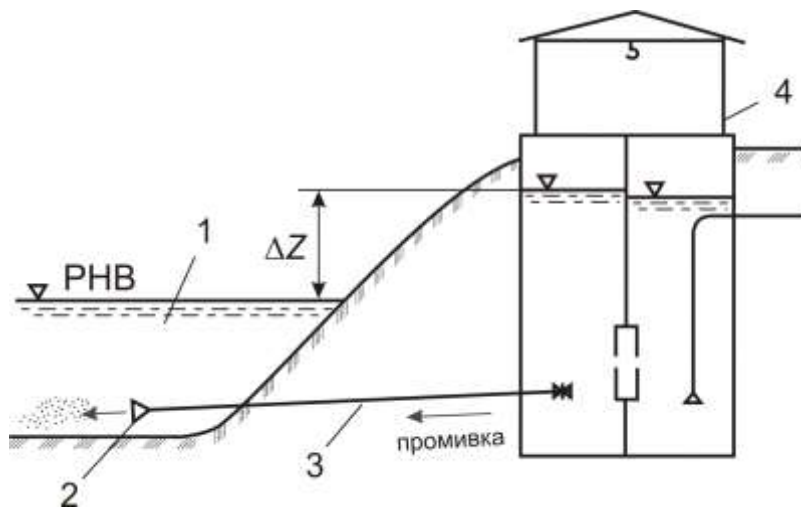


Рис. 10.5. Схема проведення імпульсного промивання під час руху першої хвилі у напрямку джерела:  
 1 – водне джерело;  
 2 – оголовок;  
 3 – самопливна лінія;  
 4 – береговий сітковий колодезь

За закритої засувки на кінці самопливної лінії штучно підвищують рівень води в секції берегового колодезя (воду подають спеціальним трубопроводом від НС-І), досягаючи початкового перепаду рівнів у колодезях і джерелі  $\Delta Z$ . Потім відкривають засувку на водоводі, і вода з великою швидкістю починає рухатись у напрямку водоприймача, розуцільнює та відштовхує від решітки затримані нею забруднення. Рівень води в колодезях здійснює згасальні коливання навколо рівня води в джерелі, а рух води в самопливній лінії при цьому змінює свій напрям. У разі потреби, цикл промивання повторюють кілька разів, а потім виконують промивання лінії зворотним потоком води.

Ефекту імпульсного промивання досягають за певної величини перепаду рівнів води у колодезях та джерелі (звичайно  $\Delta Z \geq 5$  м), що забезпечує потрібну швидкість промивного потоку, достатню для розуцільнення забруднень та видалення їх з решітки [2].

Витрату у разі імпульсного промивання визначають за формулою

$$q_{пр} = \mu \omega \sqrt{2g\Delta Z}, \quad (10.5)$$

де  $\mu$  – коефіцієнт витрати,  $\omega$  – площа перерізу водоприймальних вікон.

За похилу самопливних ліній у бік берегового колодезя використання енергії першої хвилі води для змивання намулів з ліній

може проводитись під час РВВ в джерелі за схемою, наведеною на рис. 10.6 [2].

Початкового перепаду рівнів  $\Delta Z$  досягають штучним зниженням рівнів води в колодязі за закритої засувки на кінці самопливної лінії, яку для проведення промивання потім відкривають.

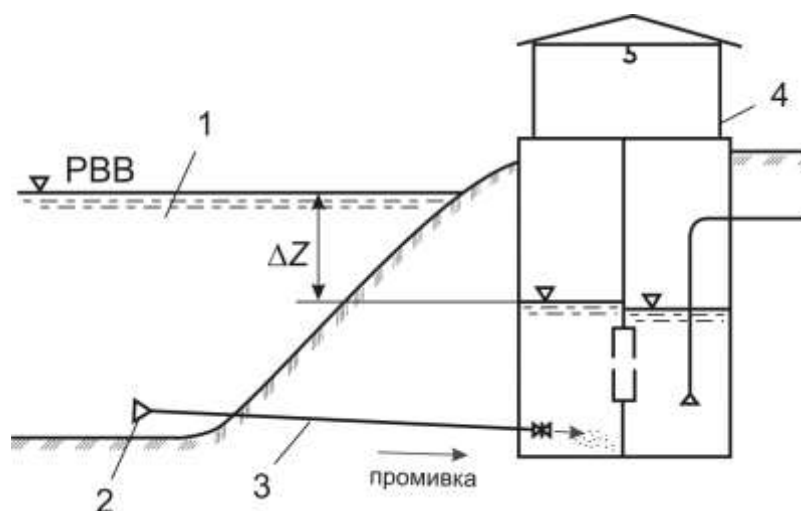


Рис. 10.6. Схема виконання імпульсного промивання під час руху першої хвилі у напрямку берегового колодязя:

- 1 – водне джерело;
- 2 – водоприймач;
- 3 – самопливна лінія;
- 4 – береговий сітковий колодязь

Для проведення імпульсного промивання на кінці самопливних ліній може бути встановлена спеціальна вакуум-колона, рівень в якій піднімається завдяки створенню у ній вакууму за допомогою вакуум-насосів (рис. 10.7). Для створення руху води в колоні зривають вакуум відкриттям спеціального вентиля. При цьому рівень води у вакуум-колоні починає коливатись навколо рівня води у джерелі, а амплітуда коливань поступово згасає [2].

У влаштуванні імпульсного промивання важливим завданням є визначення величини максимальної швидкості руху води у самопливній лінії  $V_{max}$  та величини найбільшого занурення рівня води у вакуум-колоні під рівень води у джерелі  $Z_{min}$ .

За наявності замулення і корозійних відкладень на внутрішніх стінках самопливних ліній великих діаметрів, які не відмиваються під час зворотного та імпульсного промивання, можна вдаватися до *гідропневматичного промивання* ліній, яке відбувається внаслідок подачі стиснутого повітря у промивний водний потік у лінії [2].

На самопливних лініях великого діаметра, які неможливо промити від забруднень зазначеними способами, влаштовують спеціальні оглядові колодязі для спостереження за їх замулюванням та очищення спеціальними пристроями (розпушниками та совками).

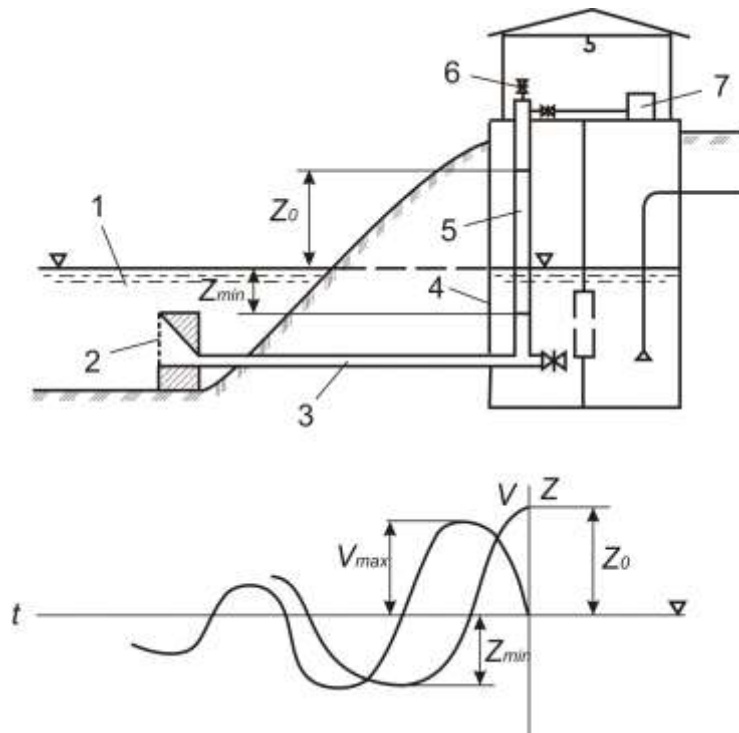


Рис. 10.7. Обладнання водозабору вакуум-колонами і графіки коливання в часі швидкості руху води у самопливній лінії та рівня у вакуум-колоні: 1 – водне джерело; 2 – водоприймач; 3 – самопливна лінія; 4 – колодязь; 5 – вакуум-колона; 6 – вентиль для зриву вакууму; 7 – вакуум-насос

### 10.5. Влаштування сифонних ліній

Сифонні лінії (рис. 10.8) рекомендується проектувати лише на руслових водозаборах II та III категорії надійності. Для водозабірних споруд I категорії сифонні водоводи допускаються у разі обмеженої можливості застосування інших технічних рішень [2; 3].

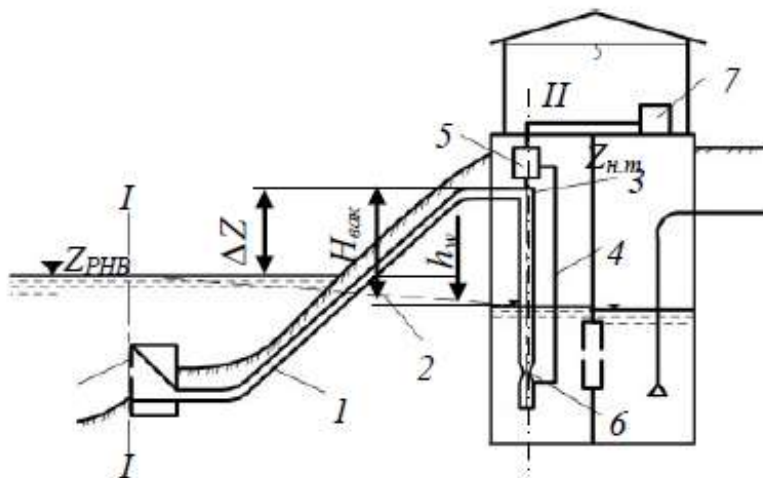


Рис. 10.8. Схема сифонної лінії руслового водозабору: 1 – висхідна гілка сифона; 2 – п'єзометрична лінія на шляху руху води в сифонній лінії; 3 – найвища точка сифона; 4 – низхідна гілка сифона; 5 – повітрозбірник; 6 – вставка Вентурі; 7 – вакуум-насос

Влаштування сифонних ліній може бути доцільним в складних геологічних умовах (якщо берег складається зі скельної та міцної породи або з пісків-пливунів), коли прокладання самопливних ліній є утрудненим або економічно невиправданим.

За умовою герметичності сифонні лінії проєктують зі сталевих труб, які прокладають з безперервним підняттям у бік берегового колодязя з похилом  $i \geq 0,001$  до найвищої точки сифона, де відбувається збір та видалення повітря. В межах надводної частини берега сифонні лінії повинні бути заглиблені в ґрунт на глибину його промерзання [2].

Відкачування повітря для заряджання сифона виконують вакуум-насосом. Для того, щоб разом з повітрям у вакуум-насос не потрапила вода, в найвищій точці сифона встановлюють повітрозбірник. Повітря, що виділяється з води в процесі роботи сифона, надходить у повітрозбірник і видаляється з нього по трубці, яка з'єднує повітрозбірник зі вставкою Вентурі, внаслідок різниці тисків у заповненому повітрозбірнику та вставці в низхідній частині сифона. На сифонних лініях, як і на самопливних, за потреби відокремити під час ремонту та огляду секцію колодязя від джерела за РНВ в ньому (якщо позначка РНВ вища за позначку найвищої точки сифона) та під час промивання сифонних ліній зворотним потоком води, встановлюють засувки. Імпульсне промивання сифонних ліній виконують шляхом зриву вакууму в них [2].

Розраховують діаметр сифонних ліній та втрати напору в них так само, як і для самопливних ліній.

Під час влаштування сифонної лінії треба перевірити її працездатність за прийнятого висотного розміщення. Для нормальної роботи сифона потрібно, щоб вакуум у його найвищій точці не перевищував допустимої величини для місцевості, тобто повинна бути дотримана умова [2]

$$H_{\text{вак.н.т.}} \leq H_{\text{вак.доп.}} \quad (10.6)$$

Вакуум у найвищій точці сифона, м, визначають за формулою:

$$H_{\text{вак}} = \Delta Z + \frac{V^2}{2g} + h_w = \Delta Z + (1 + \sum \xi) \frac{V^2}{2g}, \quad (10.7)$$

де  $\Delta Z$  – різниця позначок найвищої точки сифона та РНВ, м;  $V$  – швидкість у лінії, м/с;  $h_w$  – загальна сума втрат напору на шляху руху води від входу у водоприймач до найвищої точки сифона, м;  $\sum \xi$  – сума

коефіцієнтів місцевих опорів на шляху руху води від входу у водоприймач до найвищої точки сифона.

Допустимий вакуум у сифоні орієнтовно призначають в межах 7-8 м.

Для сифонних ліній розрахункову швидкість руху води беруть рівною  $V = 0,6-0,75$  м/с [5].

Таким чином, максимальне перевищення найвищої точки сифонної лінії над найнижчим рівнем води в річці, м, визначають за формулою

$$\Delta Z_{max} = H_{вак} - h_w. \quad (10.8)$$

Витрату повітря, що виділяється з води в сифонах, визначають як

$$Q_{пов} = \frac{Q_p P}{100}, \text{ л/с}, \quad (10.9)$$

де  $Q_p$  – розрахункова витрата води на сифонних лініях, л/с;  $P$  – об'єм повітря, що виділяється з води в % від загального об'єму води, який беруть залежно від величини вакууму в трубах [5]:

$H_{вак}$ , м	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$P$ , %	1,5	1,67	1,87	2,14	2,5	3	3,75	5	7,5	15

### **Запитання для самоконтролю**

1. Чим з'єднують водоприймальні оголовки та берегові колодязі в руслових водозаборах?
2. Назвіть типи трубопровідних ліній руслових водозаборів за характером руху води.
3. У скільки трубопровідних ліній проєктують руслові водозабори, щоб забезпечити безперебійну подачу води споживачам?
4. З яких матеріалів виготовляють труби для руслових водозаборів?
5. Якою має бути відстань між лініями водоводів в руслових водозаборах?
6. На яку відстань водоводи заглиблюють під дно річки? З якою метою це роблять?
7. До яких заходів вдаються для захисту сталевих трубопроводів від корозії?
8. Яким чином встановлюють діаметр самопливних і сифонних труб руслових водозаборів?
9. Що є підставою конструктивного рішення самопливних ліній? Як їх захищають від пошкоджень залежно від ґрунтів основи?
10. Коли допускається влаштування самопливних ліній водозаборів у вигляді галерей зі збірного залізобетону?

11. Від чого залежить швидкість руху води в самопливних і сифонних водоводах?
12. Назвіть заходи для запобігання замуленню труб за підвищеної каламутності води під час паводку?
13. Як визначають втрати напору в самопливних трубопроводах та відмітки рівнів води в береговому колодязі?
14. Опишіть можливі варіанти промивання трубопроводів від намулів. Назвіть умови використання кожного з варіантів.
15. У яких випадках застосовують сифонні лінії руслових водозаборів?

## **Тема 11. КОНСТРУЮВАННЯ БЕРЕГОВИХ КОЛОДЯЗІВ**

### ***11.1. Основи конструювання берегових колодязів***

Конструктивні особливості берегових водоприймально-сіткових колодязів залежать від типу та конструювання водозабору, способу спорудження, природних умов забору води. В них відбувається осідання піщаних фракцій намулів та затримання на сітках крупних завислих часток та сміття, що пройшли крізь решітки водоприймальних вікон [2].

Берегові колодязі обладнують пристроями для видалення осаду, наприклад, гідроелеваторами, які працюють за принципом водострумних насосів, або всмоктувальними лініями піщаних насосів, розміщених в НС-І, а також засобами для вимірювання рівнів води.

На основних (самопливних, сифонних, всмоктувальних) та допоміжних (промивних, перепускних тощо) лініях встановлюють запірну арматуру – засувки та дискові затвори. Для перекриття водоприймальних вікон всередині колодязів влаштовують щитові затвори (шандори), а для опускання обслуговчого персоналу в колодязь – драбини [2].

Берегові колодязі споруджують у відкритому котловані з водовідливом, опускають способом, способом стіна в ґрунті. Матеріалом виготовлення колодязів найчастіше є залізобетон (рідше – бетон) [2].

Форма в плані колодязів залежить від способу їх спорудження, ґрунту основи, розміщення, продуктивності водозбору, кількості секцій, розмірів обладнання. У відкритому котловані можна споруджувати

колодязі будь-якої форми в плані, а опускним способом, як правило, влаштовують колодязі круглої форми. Колодязі, висунуті в русло річки, повинні мати обтічну форму в плані – круглу або овальну (за значної кількості секцій, великої продуктивності, широких водоприймальних вікон). На скельному ґрунті влаштовують прямокутні в плані колодязі. У разі суміщеного компонування водозабору берегові колодязі можуть мати складну в плані форму. Принципові конструктивні рішення водоприймально-сіткових колодязів берегових водозаборів роздільного і суміщеного типів наведено, відповідно, на рис. 11.1, 11.2 [2].

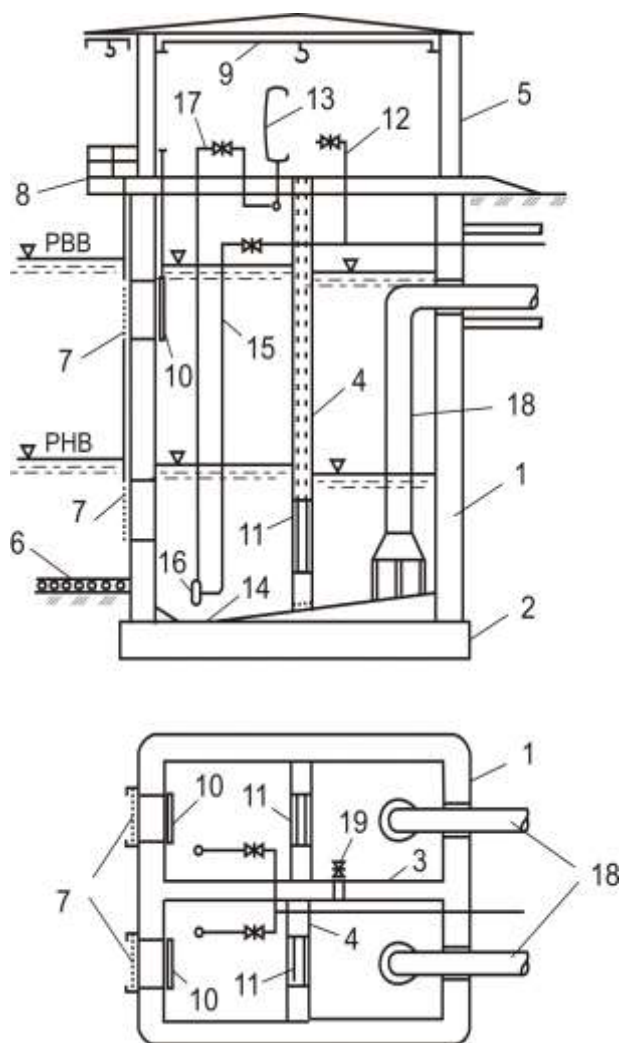
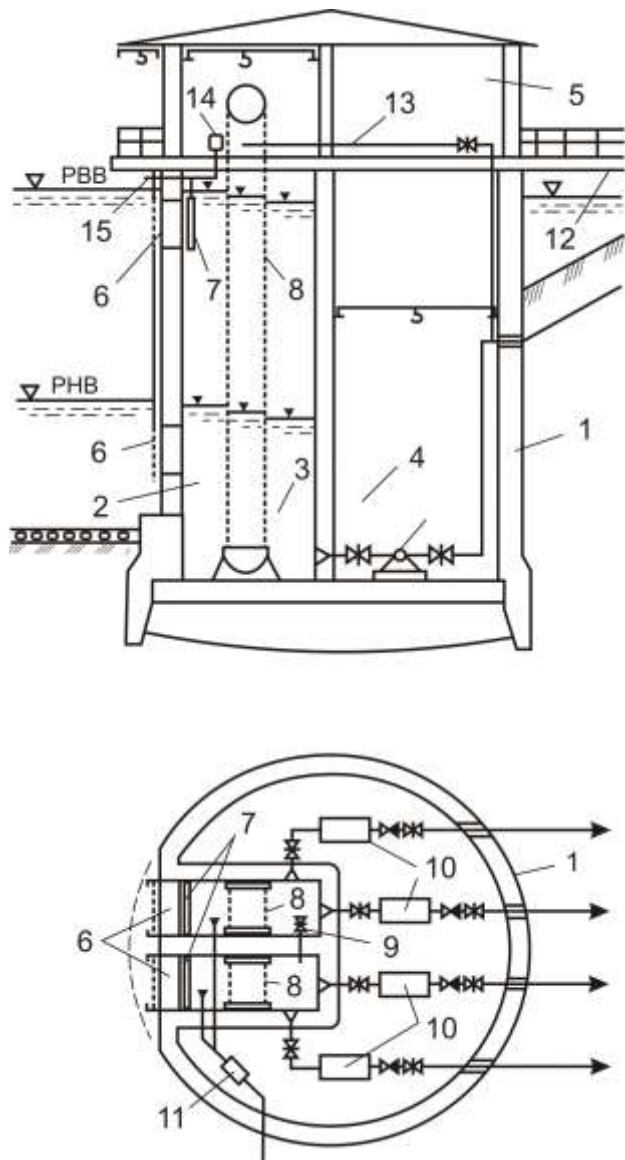


Рис. 11.1. Колодязь берегового водозабору роздільного типу:

- 1 – стінки колодязя;
- 2 – залізобетонне днище;
- 3 – поздовжня перегородка;
- 4 – поперечна перегородка;
- 5 – стінки службового павільйону;
- 6 – кріплення дна біля колодязя;
- 7 – водоприймальні вікна;
- 8 – службовий балкон;
- 9 – піднімальне обладнання;
- 10 – щитові затвори для перекриття водоприймальних вікон;
- 11 – перепускні вікна з пазами для плоских знімних сіток;
- 12 – трубопровід для промивання сіток;
- 13 – екран-ванна для промивання сіток;
- 14 – приямок для осаду;
- 15 – подавання води до гідроелеватора;
- 16 – всмоктувальний циліндр гідроелеватора;
- 17 – трубопровід відведення пульпи;
- 18 – всмоктувальні лінії НС-І;
- 19 – перепускна засувка

Рис. 11.2. Колодязь берегового водозабору суміщеного типу:

- 1 – стінки колодязя;
- 2 – приймальне відділення;
- 3 – всмоктувальне відділення;
- 4 – НС-I;
- 5 – службовий павільйон;
- 6 – водоприймальні вікна;
- 7 – затвори;
- 8 – стрічкові обертові сітки;
- 9 – перепускна засувка;
- 10 – основні насоси;
- 11 – пісковий насос;
- 12 – службовий місток;
- 13 – трубопровід для подавання води на промивання сіток;
- 14 – відбивач промивного струменя;
- 15 – трубопровід для відведення промивної води



У поздовжньому за рухом води напрямку берегові колодязі розділяють перегородками на відсіки відповідно до запланованої кількості секцій водозабору, а в поперечному напрямку – на приймальне (до сітки) та всмоктувальне (після сітки) відділення [2].

За суміщеного компонування водозабору додається поперечна перегородка, яка відділяє приміщення насосної станції I-го підняття (НС-I). Над колодязем споруджують наземний службовий павільйон для управління роботою водозабору [2].

У разі проектування водозабору руслового типу під час конструювання берегового водоприймально-сіткового колодязя не планують влаштування водоприймальних вікон, натомість до колодязя заводять самопливні лінії із засувками на кінцях та трубопровід для подавання промивної води. Одну з можливих схем такого водозабору роздільного компонування наведено на рис. 11.3 [2].

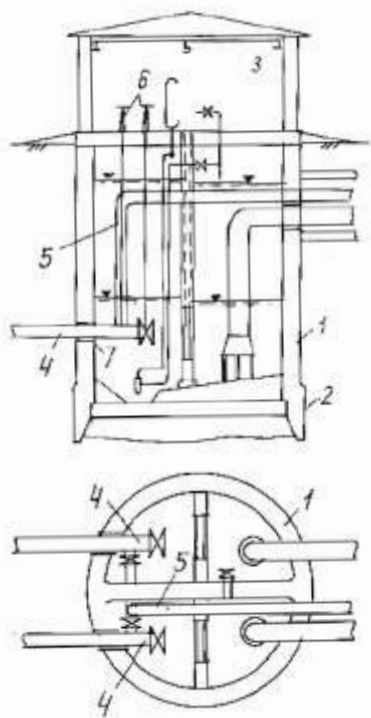


Рис. 11.3. Колодязь руслового водозабору роздільного типу:

- 1 – стінки колодязя;
- 2 – низова частина колодязя;
- 3 – наземний службовий павільйон;
- 4 – кінці самопливних ліній із засувками;
- 5 – трубопровід для подавання промивної води у самопливні лінії;
- 6 – колонки керування засувками;
- 7 – сальник

## 11.2. Визначення розмірів берегових колодязів

Планові розміри водоприймально-сіткових колодязів залежать від запланованої кількості секцій, наявності та розмірів водоприймальних вікон, перекритих решітками та затворами, водоочисних сіток, діаметра всмоктувальних ліній НС-І та іншого обладнання. Планові розміри колодязів узгоджують з розмірами службового павільйону, в якому можуть бути допоміжні приміщення (побутові кімнати, майстерні, санвузли, трансформаторні), та з розмірами будівельних конструкцій. Висотні габарити колодязя (від підлоги службового павільйону до дна колодязя) повинні забезпечувати нормальне заглиблення кінців самопливних, сифонних та всмоктувальних ліній під рівні води в колодязі, а також об'єм води в кожній секції всмоктувального відділення при РНВ у водному джерелі, що дорівнює 30-35 кратній секундній подачі одного насоса. Кількість ярусів водоприймальних вікон в берегових водоприймально-сіткових колодязях проектують два або три [2].

Габаритні розміри споруд визначають на перспективу, а обладнання – на розрахунковий період. Товщина плити днища  $\delta$  та зовнішніх стінок водоприймального колодязя – 0,6-1,5 м, а внутрішніх стінок – 0,4-0,8 м. Залежно від величини водозабору внутрішній діаметр водоприймального колодязя зазвичай становить: до 180 л/с – 6 м; від 180 до 1000 л/с – 7,5 м; від 1000 до 2000 л/с – 9 м [11]. Мінімальний внутрішній діаметр у плані водоприймального сіткового колодязя може дорівнювати й 4,0-4,5 м у разі руслового водозабору роздільного типу.

Мінімальна позначка незатоплюваного берега у місці встановлення водоприймального сіткового колодязя [11]:

$$Z_{\text{б}} = Z_{\text{max}} + h_{\text{x}} + 0,5, \text{ м}, \quad (11.1)$$

де  $Z_{\text{max}}$  – найвища позначка рівня води в річці, м;  $h_{\text{x}}$  – висота хвилі (для річок за даними багаторічних спостережень 0,3-1,2 м).

Позначки рівнів води у приймальній  $Z_{\text{пк}}$  та всмоктувальній  $Z_{\text{вк}}$  камерах берегового колодязя:

$$Z_{\text{пк}} = Z_{\text{min}} - h_{\text{р}} - \Sigma h_{\text{т}}; \quad (11.2)$$

$$Z_{\text{вк}} = Z_{\text{пк}} - h_{\text{с}}, \quad (11.3)$$

де  $\Sigma h_{\text{т}}$  – сума втрат напору (повздовжних і на місцевий опір) під час руху води трубопроводом від решітки до сітки, м;  $h_{\text{р}}$  – втрати напору під час руху води крізь решітку, м;  $h_{\text{с}}$  – втрати напору в сітці, м.

Позначку дна берегового колодязя, обладнаного плоскими сітками (рис. 11.4), м, визначають за формулами

$$Z_{\text{д}} = Z_{\text{пк}} - H_{\text{с}} - h_{\text{п}}; \quad (11.4)$$

$$Z_{\text{д}} = Z_{\text{вк}} - h_{\text{роз}} - h_{\text{д}} - h_{\text{б}}, \quad (11.5)$$

де  $H_{\text{с}}$  – запроектована висота сітки під мінімальним рівнем води, м;

$h_{\text{п}} \geq 0,7$  м – глибина приямка для накопичення осаду;

$h_{\text{роз}} = (1,5-2,0)D_{\text{роз}}$  – допустиме занурення розтруба всмоктувальної труби діаметром  $D_{\text{у}}$  під мінімальний рівень води у колодязі (не менше 0,6-1,0 м);

$h_{\text{д}} \geq 0,8D_{\text{роз}}$  – відстань від низу розтруба до дна (не менш як 1 м);

$h_{\text{б}} = h_{\text{п}} + (0,15-0,25)$  – висота шару бетону для влаштування укосу і забезпечення сповзання осаду до приямка, м.

З двох отриманих розрахунком значень дна колодязя  $Z_{\text{д}}$  обирають менше.

Найменшу позначку дна берегового колодязя, м, обладнаного обертовими сітками (рис. 11.5), визначають за формулами

$$Z_{\text{д}} = Z_{\text{пк}} - H_{\text{с}} - R - h_{\text{д}}'; \quad (11.6)$$

$$Z_{\text{д}} = Z_{\text{вк}} - h_{\text{роз}} - D_{\text{роз}} - h_{\text{д}} - h_{\text{п}}, \quad (11.7)$$

де  $H_{\text{с}}$  – глибина занурення сіткового полотна під розрахунковий рівень води до центра заокруглення напрямного пристрою, м:

- для сіток з лобовим підведенням води  $H_{\text{с}} = \omega_{\text{с}} / B$ ,  $\omega_{\text{с}}$  – площа сітки, м<sup>2</sup>;

- для сіток із зовнішнім та внутрішнім підведенням  $H_{\text{с}} = 0,5(\omega_{\text{с}} / B - \pi R)$ ;

$B$  – ширина сіткового полотна (табл. 11.1), м;

$R = 0,75$  або 1 м – радіус нижнього заокруглення напрямного пристрою сітки;

$h_{\text{д}}'$  – відстань від низу сітки до дна колодязя, що залежить від конструкції сітки, беруть в межах 0,4-0,8 м [11].

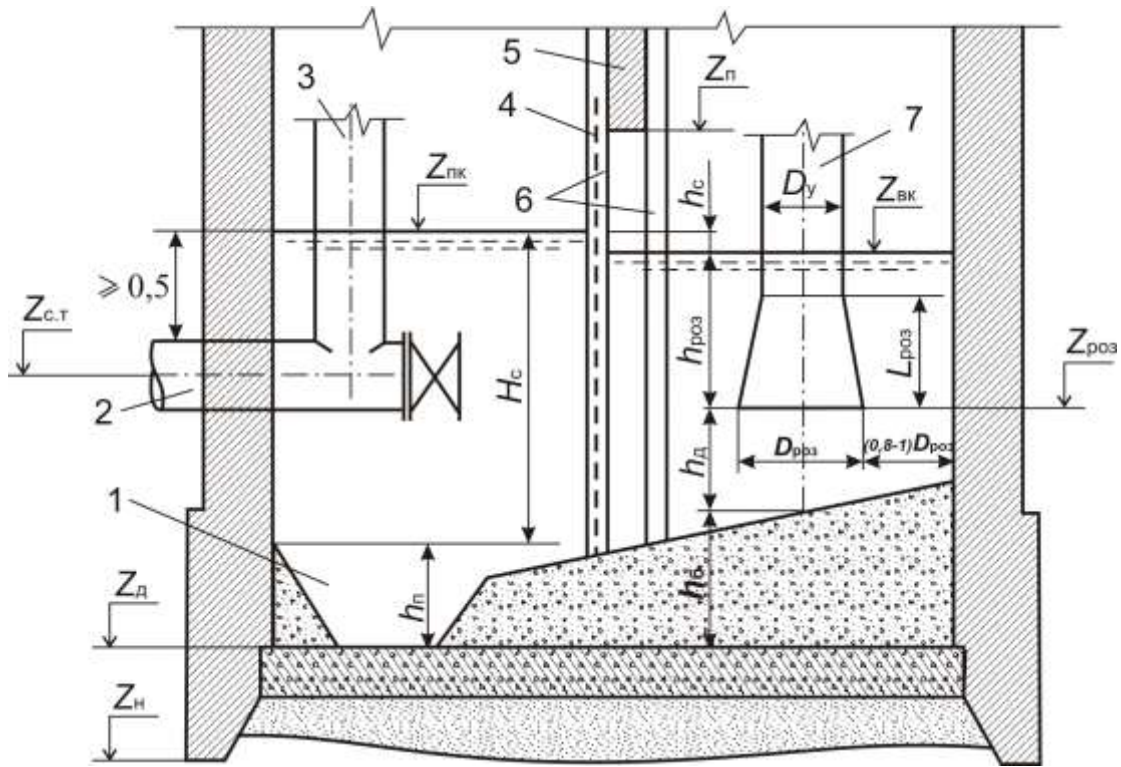


Рис. 11.4. Схема до визначення позначки дна берегового колодезя, обладнаного плоскими сітками: 1 – приямок для накопичення осаду; 2 – самопливна труба; 3 – вакуум-стояк для імпульсного промивання; 4 – сітка; 5 – поперечна перегородка; 6 – напрямні для сіток; 7 – всмоктувальна труба

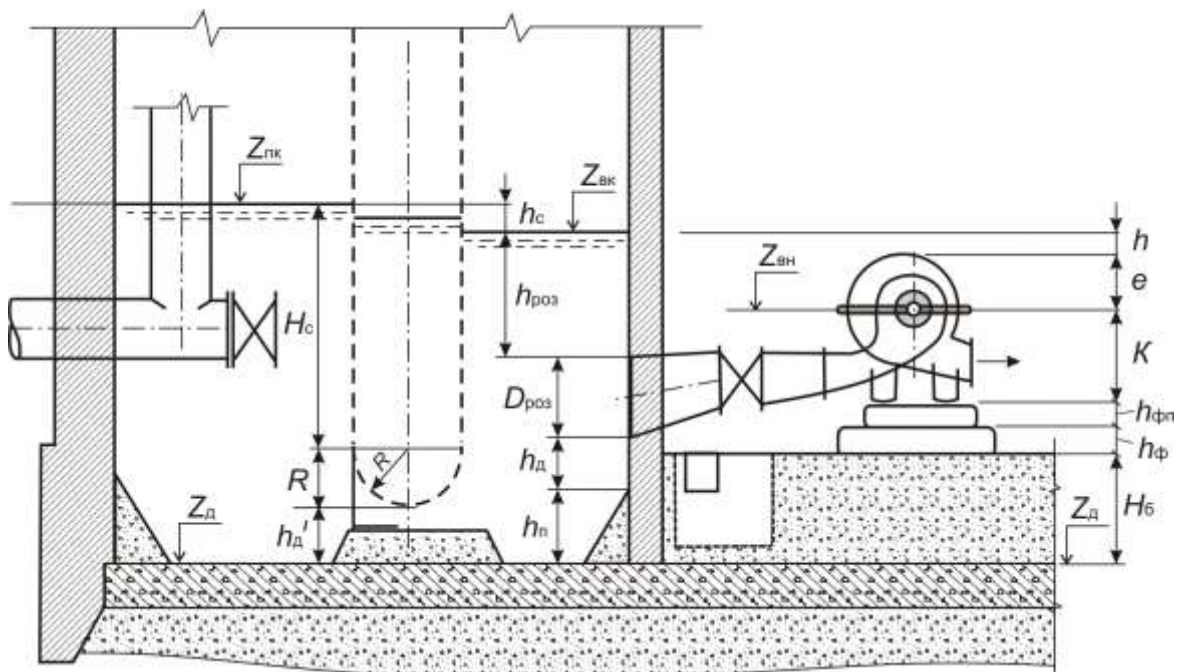


Рис. 11.5. Схема для визначення позначки дна берегового колодезя, обладнаного обертливими сітками та насосами під залив

## Основні технічні характеристики обертових сіток

Тип сітки	Потужність, м <sup>3</sup> /с	Ширина полотна сітки, м	Швидкість руху полотна, м/хв	Потужність електродвигуна, кВт
1а. З лобовим підводенням води: - каркасного типу конструкції «Водоканалпроекту» - те ж, конструкції «Гідропроєкту» - безкаркасного типу конструкції «Водоканалпроекту»	1,3-1,7	1,84-2,24	4	2
	5,5	3,1	5,25	4,5
	1,5-2,5	2	4	4
2б. Із зовнішнім підводенням води каркасного типу «Гідростальпроекту»	2,6-4	2	4	2-3,6
3в. Із внутрішнім підводом води каркасного типу конструкції «Гідромонтаж»	1,5-8	1,5-3	4	2,8-4,5
4г. З лобово-зовнішнім підведенням води	1-3	1,84-2,24	4	2

Найвищу позначку осі насосів  $Z_{BH}$ , у разі їх розміщення вище від рівня води у всмоктувальній камері (рис.11.4), м, визначають за формулою [11]

$$Z_{BH} = Z_{\min} + H_{\text{доп}}^{\text{бак}} - \sum h - \frac{V^2}{2g}, \quad (11.8)$$

де  $Z_{\min}$  – мінімальна позначка рівня води у джерелі;  $H_{\text{доп}}^{\text{бак}}$  – допустима висота всмоктування насоса, яку беруть з довідкової літератури;  $\sum h$  – сумарні втрати напору під час руху води від водоприймальних отворів до насоса в аварійному режимі, коли по одній нитці водоводу подають витрату  $Q_a = 0,7Q_{\text{роз}}$ ;  $V$  – швидкість руху води, м/с, за пропускання однією ниткою водоводу аварійної витрати  $Q_a$ .

Подачу вакуум-насосів, м<sup>3</sup>/хв, для пуску основних насосів, влаштованих за схемою рис. 11.4, визначають за формулою

$$Q = \frac{Wk}{T \left( 1 - \frac{H_s}{H_a} \right)}, \quad (11.9)$$

де  $W$  – об'єм повітря в насосі, всмоктувальному трубопроводі до засувки на напірному трубопроводі, м<sup>3</sup>;  $k = 1,05-1,1$  – коефіцієнт запасу;  $T = 3-5$  хв – тривалість пуску основного агрегата;  $H_s$  – геометрична висота всмоктування насоса, від осі насоса до мінімального рівня води у всмоктувальній камері, м;  $H_a = 10$  – напір, відповідний барометричному тиску, м [11].

Якщо глибина підземної частини берегового колодязя менша за 10 м, влаштовують заглиблену насосну станцію, застосовуючи насоси з горизонтальним валом, що завжди перебувають під заливом і не потребують встановлення вакуум-насоса (рис. 11.5). В такому разі позначку осі насоса знаходять за формулою [11]

$$Z_{ВН} = Z_{ВК} - h - e, \quad (11.10)$$

де  $h = 0,2-0,3$  м – висота шару води над верхом корпусу насоса;  $e$  – відстань від осі насоса до його верхньої частини, м, яку встановлюють за довідковою літературою.

Висоту шару бетону над залізобетонним дном (рис. 11.5), м, визначають за формулою

$$H_б = Z_{ВН} - Z_д - K - h_{фп} - h_ф, \quad (11.11)$$

де  $K$  – відстань від осі насоса до лопатей, яку визначають за довідковою літературою, м;  $h_{фп}$  – висота фундаментної плити або висота зварної рами, м;  $h_ф$  – висота фундаменту, яку беруть в межах 0,15-0,2 м [11].

Напір насосів I-го підняття, м, визначають за формулою

$$H_н = H_г + h_{вс} + h_{наг} + 1,5, \quad (11.12)$$

де  $H_г$  – геодезична висота підняття води (статичний напір), м;  $h_{вс}$  – сумарні (повздовжні і місцеві) втрати напору у всмоктувальних трубах, м;  $h_{наг}$  – сумарні втрати напору у нагнітальних трубах, м; 1,5 – запас на вільний вилів, м [11].

Для підвищення надійності водозабору роздільного типу і зручності його експлуатації всмоктувальні лінії від колодязя до насосної станції можуть бути прокладені всередині залізобетонних галерей з люками.

Для зменшення розмірів насосної станції обладнання напірних трубопроводів (засувки, зворотні клапани, водоміри) можна виносити за її межі в спеціальну камеру перемикання, яку влаштовують на відстані 5-15 м від будівель НС-I у вигляді водонепроникних колодязів, верх яких виводять на 0,5-1 м вище за РВВ в річці [2].

Нагнітальні лінії від НС-I до камери перемикання влаштовують, як і всмоктувальні лінії, зі сталевих труб і прокладають в галереях.

Самопливні, всмоктувальні і нагнітальні лінії уводять в споруди через сальники.

Для захисту берегових споруд від розмивання течією та хвилями водного джерела біля водозабору планують укріплення берега. Протяжність берегоукріплення в обидва боки від створу споруд

становить 50-100 м. У разі розміщення водозабору на увігнутому березі, складеному ґрунтами, що легко розмиваються, берегоукріплення виконують в напрямку проти течії – до місця переходу увігнутого берега в опуклий. Сплановані укуси берегів у цьому місці мостять камінням крупністю 20-25 см в один або два шари по щебеновій підготовці з влаштуванням біля підніжжя укусу кам'яної призми для надання кріпленню стійкості [2].

У місцях можливого розмивання насипу його слід укласти у плетені з хмизу клітини, закріплені кілками, або на зварну сітку з арматурної сталі. В надводних місцях (вище РВВ), де укуси берегів зазнають тільки атмосферного впливу, можна влаштовувати укріплення дерном [2].

### ***Запитання для самоконтролю***

1. Від чого залежать конструктивні особливості берегових колодязів?
2. Чим перекривають водоприймальні вікна всередині колодязів берегових водозаборів?
3. Що використовують для перекриття самопливних ліній всередині колодязів руслових водозаборів?
4. Назвіть способи спорудження берегових колодязів.
5. Якої форми в плані можуть бути колодязі? Від чого вона залежить?
6. На підставі чого встановлюють планові розміри водоприймально-сіткових колодязів?
7. Які вимоги мають задовольняти висотні габарити берегового колодязя?
8. В яких межах беруть товщину плити днища водоприймального колодязя, товщину його зовнішніх та внутрішніх стінок?
9. Від чого залежить внутрішній діаметр водоприймального колодязя?
10. Як встановлюють найменшу позначку дна берегових колодязів, обладнаних плоскими та обертовими сітками?
11. Яким чином визначають напір насосів I-го підняття?
12. З якою метою планують укріплення берега біля водозабору? Яка його протяжність?

## Тема 12. ОБЛАДНАННЯ БЕРЕГОВИХ КОЛОДЗІВ. СТАТИЧНІ РОЗРАХУНКИ

### 12.1. Обладнання колодязів

Для видалення фільтраційної води, що потрапила в будівлю через нещільність стін та дна станції (за розміщення підлоги станції нижче максимального рівня води у джерелі), вилитої з внутрішньої порожнини трубопроводів під час ремонту обладнання, в машинній залі насосної станції встановлюють дренажний насос. Його витрату визначають так [11]:

- для насосних станцій малої продуктивності – 1,0 л/с;
- середньої продуктивності – 3,5-5,0 л/с;
- великої продуктивності – 8,0-10,0 л/с.

Зазвичай встановлюють самовсмоктувальні вихрові насоси (один робочий і один резервний).

Для видалення осаду з водоприймальної камери берегового колодязя застосовують водострумні насоси (гідроелеватори), які можуть бути стаціонарними (рис. 12.1) і переносними (рис. 12.2).

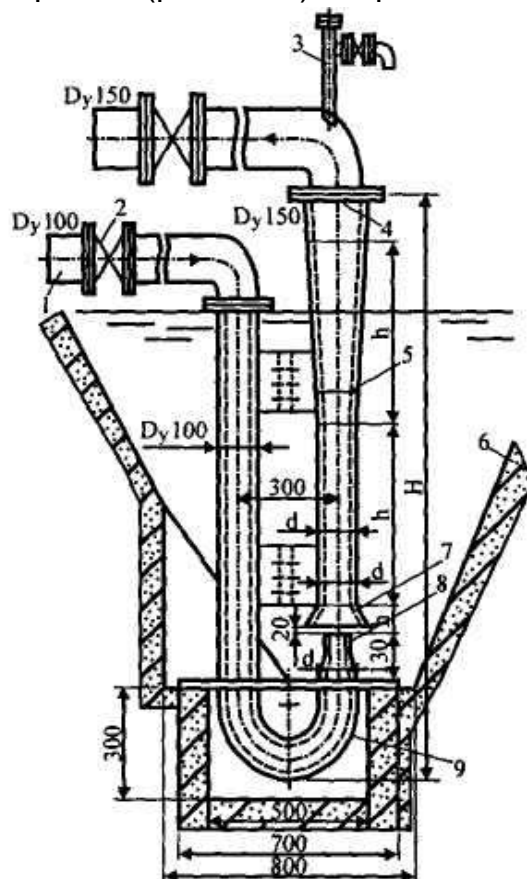


Рис. 12.1. Стаціонарний стальний гідроелеватор:  
1 – напірний водовід; 2 – засувка; 3 – патрубок для прочищення; 4 – патрубок для відведення пульпи; 5 – дифузор; 6 – водоприймальна камера; 7 – змішувальна камера; 8 – сопло напірного патрубку; 9 – напірний патрубок

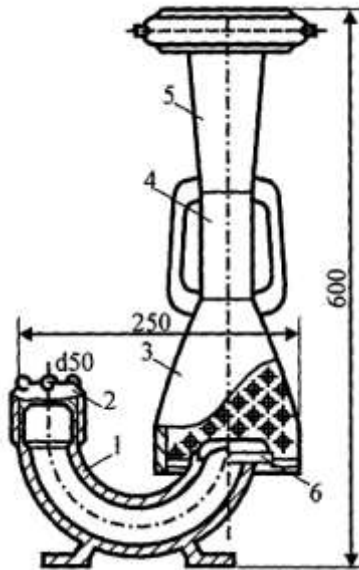


Рис. 12.2. Переносний чавунний гідроелеватор марки ВСН-50:  
 1 – коліно; 2 – з'єднувальна частина; 3 – всмоктувальний циліндр;  
 4 – горловина; 5 – дифузор; 6 – бронзове сопло

У переносного гідроелеватора дно і стінка циліндра мають отвори 8 мм, розміщені у шаховому порядку. Гідроелеватори виготовляють переважно як нестандартне обладнання за кресленнями проєктних організацій. Технічні характеристики гідроелеваторів наведено в табл. 12.1. та 12.2 [5].

Таблиця 12.1

**Технічна характеристика стаціонарних гідроелеваторів**

Тип	Діаметр сопла, мм	Напір на виході, м	Витрата води, л/с	Напір води, м	Витрата осаду, л/с	Розміри, мм				ккд	Маса, кг
						H	h <sub>1</sub>	h <sub>2</sub>	h <sub>3</sub>		
I	30	20	25	70	20	1570	55	330	670	0,24	65
II	40	15	39	55	30	1575	80	480	500	0,23	67

Таблиця 12.2

**Технічна характеристика переносного гідроелеватора ВСН -50**

Характеристика	Одиниці вимірювання	Величина
Продуктивність	м <sup>3</sup> /год	40-60
Напір на виході	м	4-8
Витрата води	м <sup>3</sup> /год	22-36
Напір води	м	50-80
ККД		0,19
Маса	кг	9

Продуктивність гідроелеватора для видалення осаду, м<sup>3</sup>/с, визначають за формулою

$$Q_{ел} = \frac{W_{ос}}{t}, \quad (12.1)$$

де  $W_{ос}$  – об'єм осаду, що дорівнює об'єму секції однієї частини берегового сіткового колодязя за висоти шару осаду 0,75-1,0 м;  $t$  – тривалість видалення осаду, 1200-1800 с [11].

Діаметр трубопроводів подавання робочої води та, відповідно, пульпи визначається за швидкістю руху води – 1,5-2,0 м/с.

Витрата води, що підводиться до гідроелеватора, м<sup>3</sup>/с, визначається за формулою

$$Q_e = \frac{Q_{ел} h}{\eta(H-h)}, \quad (12.2)$$

де  $Q_{ел}$  – продуктивність гідроелеватора, м<sup>3</sup>/с;  $h$  – висота підняття води гідроелеватором, м;  $H$  – напір води, що підводиться до гідроелеватора, м;  $\eta$  – ККД гідроелеватора (0,1-0,25) [11].

У службових павільйонах над колодязями встановлюють вантажопідйомне обладнання (мостові крани, кран-балки, талі), колонки керування запірною арматурою, пристрої для промивання водоочисних сіток. В насосних станціях I-го підняття, крім основного, встановлюють допоміжне насосне обладнання: вакуум-насоси (для заливання основних насосів за додатної висоти їх всмоктування та для обслуговування сифонних ліній) і дренажні насоси. Всмоктувальні лінії влаштовують зі сталевих труб з безперервним підйомом ( $i \geq 0,005$ ) до насосу.

Висоту службового павільйону визначають відповідно до розміщення і типу підйомно-транспортного обладнання. Схему до визначення висоти службового павільйону наведено на рис. 12.3 [2].

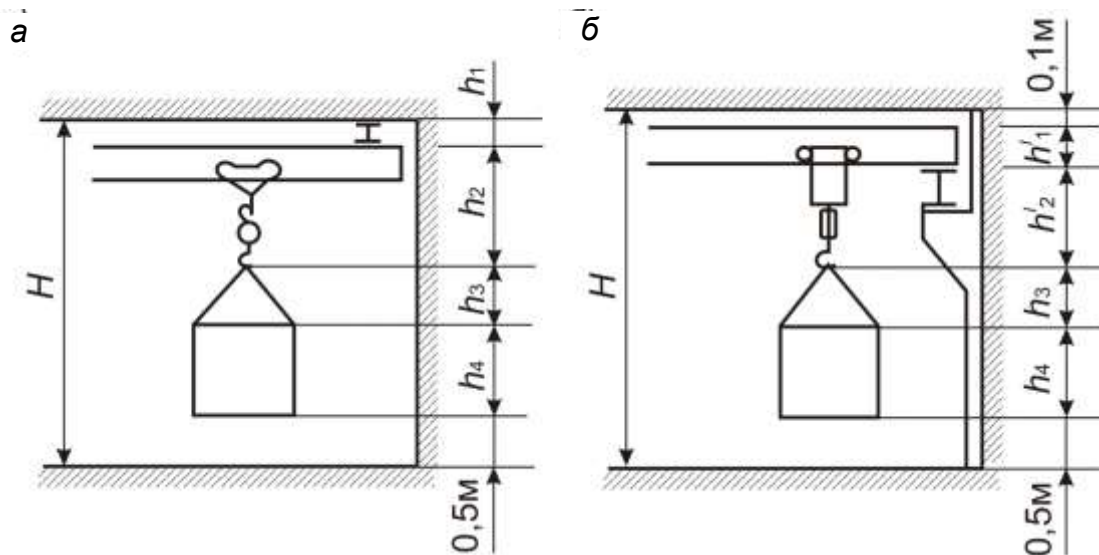


Рис. 12.3. Схема до визначення висоти службового павільйону в разі його обладнання підвісною кран-балкою (а) та мостовим краном (б)

Тут  $h_1$  – висота монорейки крана-балки з урахуванням конструкції підвіски його до перекриття;  $h_2$  – мінімальна висота від гака до монорейки;  $h_3$  – висота стропування вантажу ( $h_3 = 0.5-1$  м);  $h_4$  – висота вантажу;  $h'_1$  – висота крана над головою підкранової рейки;  $h'_2$  – мінімальна висота від головки підкранової рейки до гака.

Тип та привід вантажопідйомного устаткування обирають залежно від маси найважчого вантажу, зусилля на його піднімання, висоти підняття та довжини підкранового шляху. Розрахункове зусилля, яке потрібне для підняття решітки, сітки або затвору, т, визначають за формулою [11]

$$F = (G_p + P_e f \omega) k_3, \quad (12.3)$$

де  $G_p$  – власна маса решітки і троса, т;  $P_e$  – тиск води на  $1 \text{ м}^2$  площі обладнання, який для решітки за допустимого перепаду  $0,5$  м дорівнює  $0,5 \text{ т/м}^2$ ; для сітки за допустимого перепаду рівнів  $0,15$  м становить  $0,15 \text{ т/м}^2$ ; для плоского затвора –  $P_e = \rho_v H$ , де  $H$  – заглиблення центра ваги затвора під найвищий рівень води у джерелі, м;  $f$  – коефіцієнт тертя металу по змоченому металу ( $f = 0,44$ );  $\omega$  – площа решітки, сітки або затвора,  $\text{м}^2$ ;  $k_3$  – коефіцієнт запасу ( $k_3 = 1,5$ ).

Якщо глибина підземної частини дає змогу розмістити технологічне та підйомно-транспортне обладнання (рис. 12.4), то мінімально допустиме заглиблення, за якого можливе таке конструктивне рішення насосної станції, визначають за формулою

$$H_{\text{загл}} \geq h_{\text{об}} + h_{\text{в}} + h_{\text{с}} + h_1 + H + H_N + H_{\text{п}} + 0,5, \quad (12.4)$$

де  $h_{\text{об}}$  – висота встановленого обладнання, через яке потрібно перенести вантаж, м;  $h_{\text{в}}$  – висота вантажу, який переносять, м;  $h_{\text{с}} = 0,5-1,0$  м – висота стропування вантажу;  $h_1 + H$  – розміри підйомно-транспортного обладнання за максимального підняття гака, м;  $H_N$  – висота підкранового шляху, м;  $H_{\text{п}}$  – висота перекриття (беруть 0,1 від їх прогону, товщина плити – 0,1-0,2 м); 0,5 – висота від вантажу до підлоги або встановленого устаткування, м [11].

Габарити та вантажопідйомність автомобілів, що транспортують обладнання до місця монтажу, а також технічні характеристики вантажних кранів містяться в довідковій літературі.

У випадку, коли заглиблення машинної зали є невідповідним наведеному співвідношенню і розміщення підйомного обладнання в підземній частині неможливе, обирають напівзаглиблений тип насосної станції.

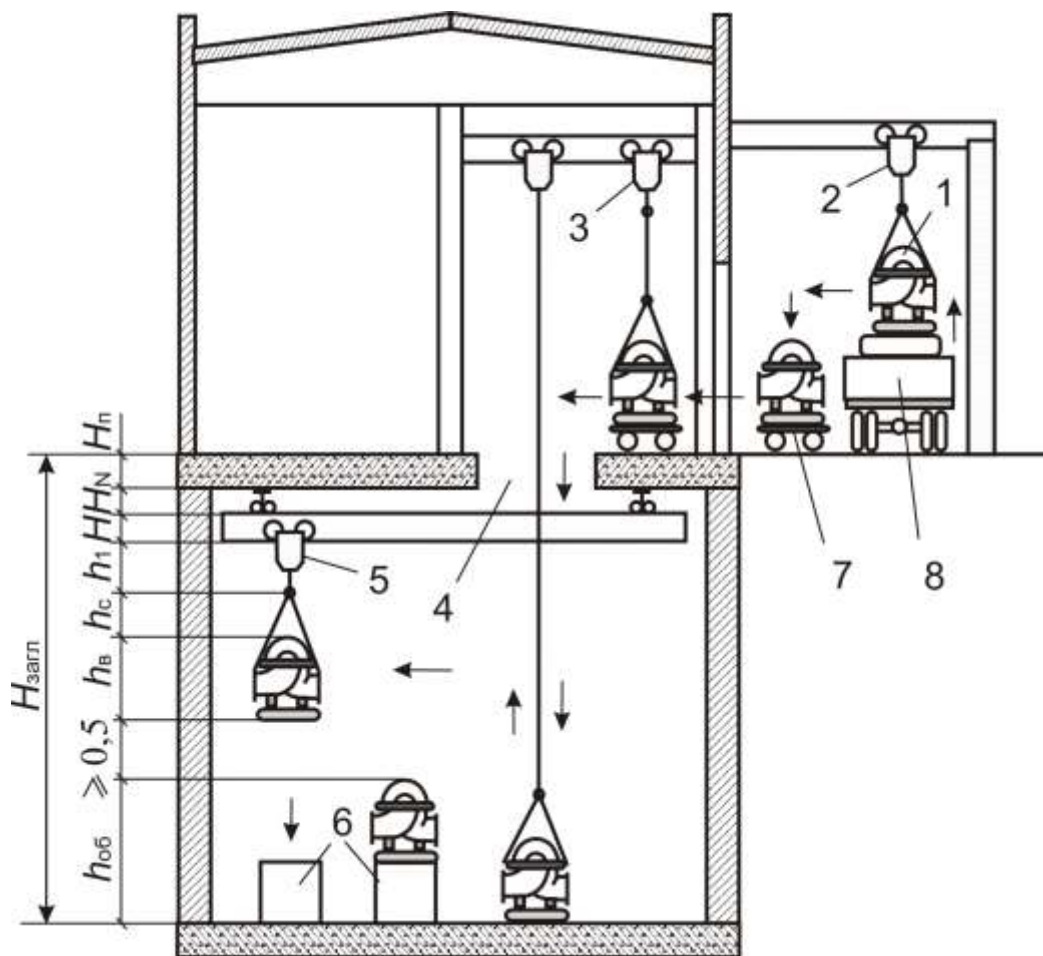


Рис. 12.4. Схема підйомно-транспортних операцій в заглиблених насосних станціях: 1 – насос; 2 – тельфер; 3 і 5 – вантажні візки крана; 4 – монтажний проріз; 6 – фундамент під насос; 7 – візок; 8 – автомобіль

## 12.2. Статичні розрахунки

Сконструйований водоприймально-сітковий колодезь потрібно перевіряти на спливання, а для берегового типу водозабору – і на зсув.

Оголовок руслового водозабору слід перевіряти на зсув і перевертання, а в окремих випадках – і на спливання.

Для кожного розрахункового випадку викреслюють розрахункову схему з позначками землі, води, розмірів конструкцій, напрямків дії сил на споруди.

Можливі відхилення розрахункових навантажень на споруди від нормальних значень враховують, вводячи коефіцієнт перевантаження (табл. 12.3) [11].

Таблиця 12.3

### Коефіцієнти перевантаження для різних видів навантажень

Навантаження	Коефіцієнт перевантаження
Власна вага споруди	$K_1 = 1,05(0,95)$
Боковий тиск ґрунту	$K_2 = 1,2(0,80)$
Гідростатичний тиск	$K_3 = 1$

**Примітка.** Вказані у дужках коефіцієнти перевантаження стосуються випадків, коли застосування мінімального значення коефіцієнтів приводить до невивідного навантаження споруди.

**Розрахунки колодезя на спливання** виконують як для будівельного, так і для експлуатаційного періодів (рис. 12.5) [11].

#### Будівельний період

Для будівельного періоду водоприймальний колодезь перевіряють на спливання, оскільки після занурення конструкції колодезя до проєктної позначки, влаштування бетонної основи та припинення водопониження, колодезь може спливати під дією гідростатичного тиску води на його дно.

Стійкість колодезя буде забезпечена, коли коефіцієнт спливання

$$K_B = \frac{K_1 g (M_{CT} + M_{П}) + 0,5 K_2 T_{CT}}{K_3 \rho_B H_{ГВ.Б} F_K g} \geq 1,25, \quad (12.5)$$

де  $K_1, K_2, K_3$  – коефіцієнти перевантаження (табл. 12.3);  $g$  – прискорення вільного падіння,  $m/s^2$ ;  $M_{CT}$  та  $M_{П}$  – відповідно маса стін та подушки з днищем опускаючого колодезя, т:

$$M_{CT} = \frac{\pi}{4} (D_3^2 - D_{BH}^2) H_{CT} \rho_b; \quad (12.6)$$

$$M_{\Pi} = \frac{\pi D_3^2}{4} \delta \rho_b, \quad (12.7)$$

де  $D_3$  і  $D_{BH}$  – відповідно, зовнішній та внутрішній діаметри колодязя, м;  
 $H_{CT}$  – висота стіни колодязя, м;  $\rho_b$  – щільність бетону, т/м<sup>3</sup>;  $\delta$  – товщина  
 плити днища колодязя, м;

$T_{CT}$  – сила тертя ґрунту по боковій поверхні стін колодязя, кН:

$$T_{CT} = f_0 D_3 (H_K - 1,5), \quad (12.8)$$

$f_0$  – питома сила тертя ґрунту залежно від глибини занурення колодязя,  
 що визначається за табл. 12.4, кН/м<sup>2</sup>;  $H_K = H_{CT} + \delta + h_N$  – глибина  
 занурення колодязя від рівня землі до позначки ножа, м;  $h_N$  – висота  
 ножа, 0,6-1,5 м;  $\rho_b$  – щільність води, т/м<sup>3</sup>;  $H_{ГВ.Б}$  – висота ґрунтових вод  
 під час будівництва від підшови колодязя до РГВ,  $H_{ГВ.Б} = Z_{ГВ10\%} - Z_N$ , м;  
 $F_K$  – площа колодязя по зовнішньому краю ножа, м<sup>2</sup> [11].

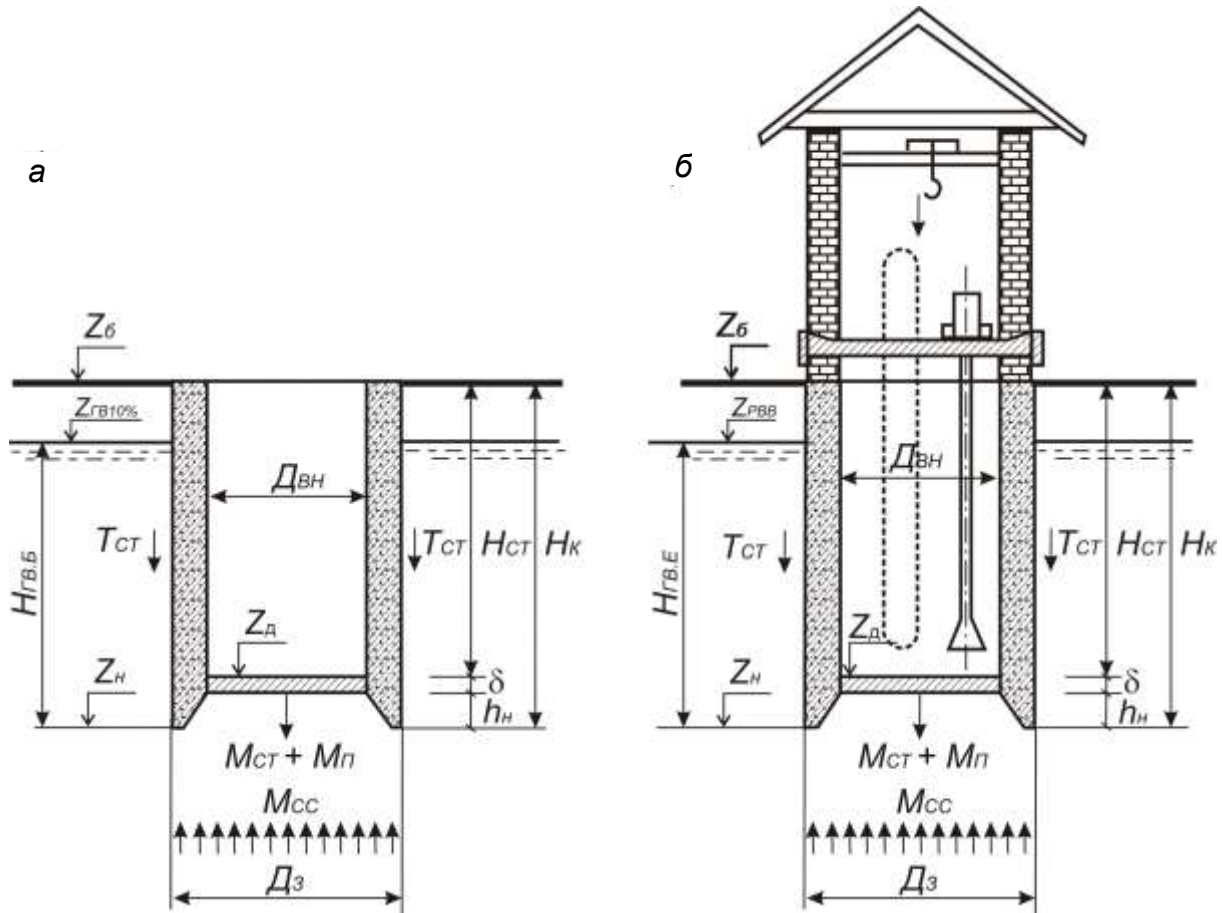


Рис. 12.5. Розрахункові схеми на спливання берегового водоприймально-сіткового колодязя: а – будівельний період; б – експлуатаційний період

**Питома сила тертя ґрунту для різних типів ґрунтів  
та глибини занурення колодязя**

Ґрунти	Значення $f_0$ , кН/м <sup>2</sup> , при висоті колодязя	
	до 10 м	до 15 м
Піски гравелисті	33	40
Глина та суглинки	30	35
Супіски та суглинки	25	30
Піски пілуваті	22	28
Мулисті ґрунти	10	15

Якщо отриманий за розрахунком коефіцієнт спливання  $K_b < 1,25$ , то вказують, що період водопониження повинен бути збільшений до установлення технологічного обладнання в колодязь та будівництва надземної його частини [11].

*Експлуатаційний період*

Для експлуатаційного періоду під час перевірки водоприймального колодязя на спливання, окрім маси стін, дна і сили спливання, беруть до уваги масу перекриття та інших будівельних конструкцій, зокрема й підземної частини [11].

Стійкість колодязя буде забезпечена, коли коефіцієнт спливання

$$K_b = \frac{K_1 g (M_{CT} + M_{\Gamma} + M_{\text{ПЕР}} + M_{\text{КО}}) + 0,5 K_2 T_{CT}}{K_3 \rho_B H_{\Gamma B.E} F_K g} \geq 1,2, \quad (12.9)$$

де  $M_{\text{ПЕР}}$  – маса перекриття, т, (може дорівнювати 0,2 маси підземної частини);  $M_{\text{КО}}$  – маса інших будівельних конструкцій, т (може бути взята такою, що дорівнює 0,5 маси підземної частини);  $H_{\Gamma B.E}$  – максимальне перевищення рівня ґрунтових вод над дном, м (рівень ґрунтових вод може дорівнювати максимальному розрахунковому рівню води у водоймі).

**Розрахунки колодязя на зсув** виконують для експлуатаційного періоду. Перевірку стійкості колодязя на зсув виконують для водозаборів берегового типу за відсутності води в колодязі та максимального рівня води у водоймі (рис. 12.6) [11].

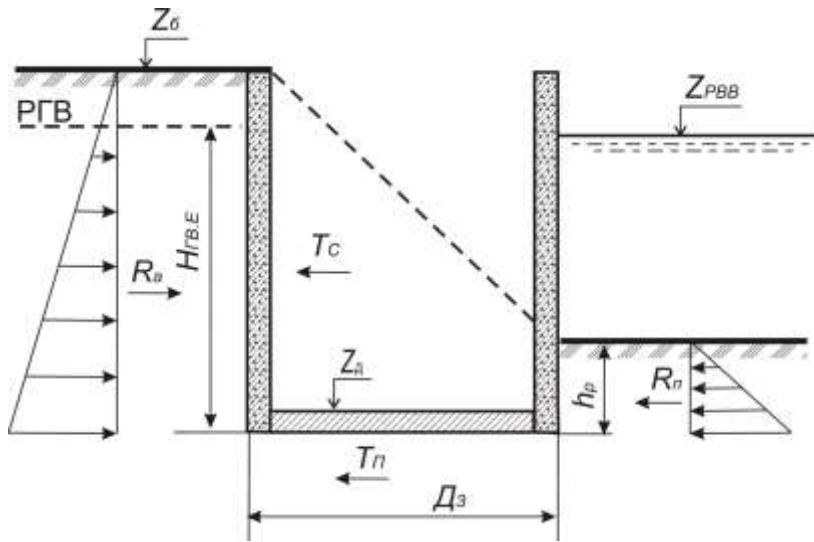


Рис. 12.6. Схема для розрахунку колодезя на зсув

Коефіцієнт запасу стійкості визначається за формулою

$$K_{CD} = \frac{T_{п} + R_{п} + 2T_{с}}{R_{a}} \geq 1,2 \dots 1,3, \quad (12.10)$$

де  $T_{п}$  – повна сила тертя дна колодезя по ґрунту, кН:

$$T_{п} = [1,7K_1(M_{сТ} + M_{п}) - K_3\rho_{зав}H_{ГВ.Е}F_K]gf_{\delta}, \quad (12.11)$$

$f_{\delta}$  – коефіцієнт тертя в разі зсуву по основі споруди (беруть 0,2-0,25 для глинистих ґрунтів і 0,45-0,55 – для піщаних);  $R_{п}$  і  $R_{a}$  – відповідно сила пасивного і активного тиску ґрунту, кН:

$$R_{п} = \frac{\mu_{п}K_2\rho_{зав}gh_p^2D_з}{2}, \quad (12.12)$$

$\mu_{п}$  – коефіцієнт пасивного тиску ґрунту:

$$\mu_{п} = \text{tg}^2(45 + \phi/2), \quad (12.13)$$

$\phi$  – кут внутрішнього тертя ( $\phi = 20-30^\circ$ );

$\rho_{зав}$  – щільність завислого ґрунту, т/м<sup>3</sup>;  $h_p$  – глибина землі з боку річки, м;

$$R_{a} = \frac{\mu_{a}K_2\rho_{зав}gH_K^2D_з}{2}, \quad (12.14)$$

$\mu_{a}$  – коефіцієнт активного тиску ґрунту:

$$\mu_{a} = \text{tg}^2(45 - \phi/2), \quad (12.15)$$

$T_{с}$  – сила тертя бічних поверхонь споруди, кН:

$$T_{с} = R_{ГР}^{\delta}f_{\delta}, \quad (12.16)$$

$R_{ГР}^{\delta}$  – рівнодійна тиску ґрунту на бічні стіни, кН:

$$R_{ГР}^{\delta} = \mu_a K_2 \rho_{зав} g \left( \frac{H_k + h_p}{2} \right) D_3. \quad (12.17)$$

### **Запитання для самоконтролю**

1. Навіщо в машинній залі насосної станції встановлюють дренажний насос? Як визначають його витрату?
2. Що таке гідроелеватор? Назвіть різновиди гідроелеваторів. Як визначають продуктивність гідроелеватора і витрату підведеної до нього води?
3. Яке обладнання встановлюють у службових павільйонах над колодязями? Вкажіть його призначення.
4. Що слугує вантажопідйомним обладнанням?
5. З якою метою на насосних станціях використовують вакуум-насоси?
6. Вкажіть фактори, які беруть до уваги у визначенні висоти службового павільйону.
7. Від чого залежить тип та привід вантажопідйомного устаткування?
8. Які підйомно-транспортні операції виконують в заглиблених насосних станціях? Як визначають мінімально допустиме заглиблення споруди?
9. Яку перевірку водоприймально-сіткових колодязів різного типу виконують для статичних розрахунків?
10. Для яких періодів виконують розрахунки колодязя на спливання? За яких умов стійкість колодязя вважають досягнутою?
11. Назвіть тип водозаборів і умови, для яких виконують перевірку стійкості колодязя на зсув.

## **Тема 13. ВОДОЗАБІРНО-ОЧИСНІ СПОРУДИ**

### **13.1. Призначення і види водозабірно-очисних споруд**

Поверхневі водойми (річки, канали, ставки, озера), які є основними джерелами водопроводів і систем зрошення, постійно забруднюються органічними і неорганічними домішками та мікроорганізмами, що відбувається внаслідок скидання в них неочищених або недостатньо очищених стічних вод. Ці стоки стають харчовим субстратом для розвитку водних організмів і є причиною

цвітіння водойм. Домішки, що знаходяться в поверхневих водах та зумовлюють каламутність і кольоровість води, утворюють з водою стійкі системи. Процес видалення грубодисперсних домішок (завислих речовин з розмірами частинок 0,01-1,0 мм) відбувається у разі безреагентного освітлення води досить повільно і потребує великих площ очисних споруд (відстійників, мікрофільтрів тощо).

У наш час переважна більшість систем водопостачання мають у своєму складі окремо розміщені водозабірні та водоочисні споруди, а їх функції розмежовані. Водозабірні споруди призначені для забору розрахункової витрати води і затримання у водоймі великих плавучих предметів, риби та великих намулів, а на водоочисних спорудах ведуть підготовку води до якості вимог споживачів.

За такого розмежування функцій споруд крупні завислі речовини (пісок, мул, глина) накопичуються в береговому колодязі, дрібніші, з розмірами частинок 0,001-1,0 мм, проходять крізь сітки колодязя, що мають більші за них отвори (як правило, 2 x 2 мм), а далі насосами I-го підняття подаються на водоочисні споруди. Це призводить до абразивного спрацювання насосів і трубопроводів, замулення берегових колодязів, відстійників і фільтрів водоочисної станції. Крім того, виникає потреба в періодичному очищенні та промиванні цих споруд з відносно великими витратами промивної води. Тому доцільним в багатьох випадках може бути рішення попереднього видалення завислих речовин із вихідної води безпосередньо у водному джерелі, що дає можливість не тільки збільшити продуктивність водоочисної станції, а й значно зменшити її будівельну вартість, спростити експлуатацію споруд і зменшити експлуатаційні витрати [5].

Слід зазначити, що завислі речовини, які знаходяться у водоймах, відіграють важливу роль в біологічних процесах поверхневих джерел. Після їх видалення з води реагентними методами на станціях водопідготовки утворюється екологічно шкідливий осад, який потребує обробки та утилізації, що викликає певні труднощі. На багатьох водоочисних станціях цей осад скидають назад у водойми, що завдає істотної шкоди довкіллю. Крім того, під час забору поверхневих вод можуть виникнути значні проблеми, пов'язані з попаданням мальків риб у всмоктувальні камери насосних станцій та їх подальшим надходженням на очисні споруди, що, з одного боку, призводить до загибелі мальків риб, з другого – до погіршення якості очищеної води.

Усі наведені фактори свідчать про доцільність застосування нових типів водозабірно-очисних споруд з таким призначенням [5]:

- зменшення брудозатримувального навантаження на очисні споруди;
- підвищення надійності захисту мальків риб від їх попадання в насоси й очисні споруди;
- зменшення вартості станцій водопідготовки й обробки осаду;
- покращення екологічного стану водойм у місцях розміщення водозабірно-очисних споруд.

Відповідно до основних вимог, які ставлять до водозабірно-очисних споруд, вони повинні [5]:

- виконувати захисно-бар'єрні й водоочисні функції;
- не погіршувати якість води у водоймі;
- не впливати негативно на гідрологічний режим водотоків;
- мати високу ефективність очищення води і простоту експлуатації споруд;
- мати високі техніко-економічні показники, тобто невелику вартість споруд та річних експлуатаційних витрат.

Водозабори з фільтрувальними водоприймачами або фільтрувальними матеріалами в інших своїх елементах (наприклад, у береговому колодязі), називають *водозаборами фільтрувального типу*. Фільтри таких споруд під час забору води з джерела повинні затримувати плавучі й завислі речовини різних типів і походження (листя, рослинність, сміття, намули, водорості, планктон, внутрішньоводний мул, шугу тощо).

Іноді влаштування фільтрувальних водоприймачів дає змогу не встановлювати водоочисні сітки у береговому колодязі, що зменшує його розміри і вартість. Однак при цьому треба забезпечити надійну регенерацію фільтрувального матеріалу зворотним током води [2].

Водозабори фільтрувального типу бувають різних видів і конструкцій. Вибір залежить від гідрологічних режимів водного джерела і якості води в ньому, зарегульованості стоку, вимог щодо дотримання рибозахисту і правил охорони водойми від забруднення, вимог споживачів до якості води, технічних можливостей та економічної доцільності дотримання заданої ефективності очищення води.

У річках та водоймах рибогосподарського значення зі складними шуго-льодовими умовами й засміченістю води доцільно використовувати фільтрувальні водоприймачі, конструктивним елементом яких є поруватий фільтрувальний матеріал у насипному або монолітному вигляді. Такі споруди забезпечують невеликі вхідні швидкості (до 0,03-0,04 м/с), що істотно зменшує захоплення в них включень, які містяться у воді [2].

Фільтри з важким завантаженням виконують різної потужності в один або кілька шарів з природних або штучних матеріалів. Це може бути кам'яний накид, щебінь, гравій, галька, їх суміші з крупнозернистим піском, керамзит, скло тощо.

У практиці проєктування, будівництва й експлуатації водозаборів використовують фільтрувальні водоприймачі, які поділяються на дві групи: *корпусні* та *безкорпусні* [2].

У корпусних фільтрувальних водоприймачах виділяють три основних елементи: несучий каркас у вигляді дерев'яного зрубу або залізобетонного чи металевого корпусу, водоприймальний фільтр з підтримувальними решітками, водозбірний колектор (перфоровані труби, короби, вихрові камери щілинного типу). Як фільтрувальний матеріал у водоприймачах можна використовувати не тільки важке завантаження (кам'яний насип, щебінь, гравій, керамзит), а й гумові та пластмасові кульки, пінополістирол, пористий бетон, пороеласт тощо [2].

### **13.2. Фільтрувальні оголовки з верхнім забором води**

Фільтрувальні водоприймачі руслових водозаборів з горизонтально розміщеним фільтром і забиранням води зверху можуть бути рекомендовані для встановлення у важких шуго-льодових умовах за малих глибин води під потужним льодяним покривом. Оголовок з конічною вихровою камерою або колектором постійного перерізу зі змінною шириною щілини (рис. 13.1) є прикладом такого водоприймача [2].

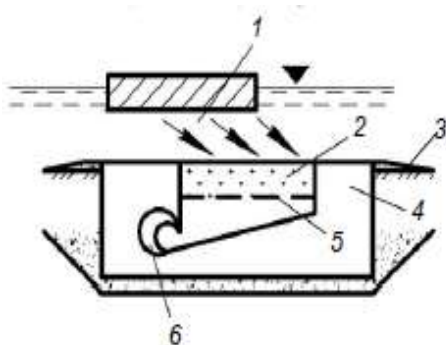


Рис. 13.1. Схема оголовка з конічною вихровою камерою:  
1 – шар води; 2 – дво- або тришаровий фільтр завтовшки 0,6-0,75 м з крупністю часток верхнього (робочого) шару 25-50 мм; 3 – вимощення; 4 – корпус; 5 – підтримувальна решітка; 6 – вихрова камера

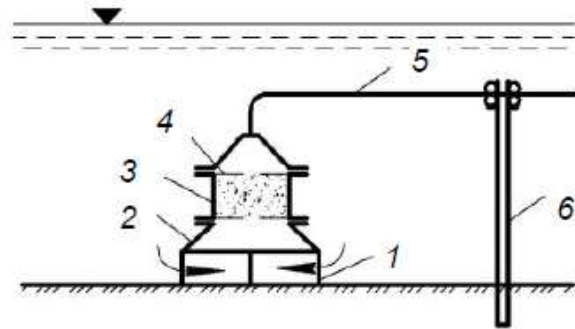
### **13.3. Фільтрувальні оголовки з нижнім забором води**

Фільтрувальний водоприймач у вигляді трубного фільтрувального оголовка з нижнім забором води (рис. 13.2) використовують як рибозахисний та водоочисний пристрій на річках і водоймах з достатніми глибинами в умовах підвищеного забруднення води завислими речовинами, намулами, водною рослинністю, сміттям тощо.

Таку конструкцію оголовка застосовують на руслових водозаборах, які проєктують у разі пологих берегів річки й потреби виносити точку прийому води до місць водойми з достатніми глибинами [2].

Рис. 13.2. Схема трубного фільтрувального оголовка:

1 – опорні стояки; 2 – розтруб;  
3 – плавуче фільтрувальне завантаження з пінополістиролу;  
4 – підтримувальна сітка; 5 – самопливна лінія; 6 – пальовий ростверк



Застосування трубних фільтрувальних оголовків (рис. 13.3) дає можливість захистити водоприймальні отвори від обмерзання глибинним льодом та закупорювання їх шугою, а також виконати попереднє очищення води від намулів і крупних завислих речовин. Забруднення, накопичені у фільтрувальному завантаженні 5 та розтрубі 2 оголовка треба періодично видаляти зворотним током води по самопливному трубопроводу 7, керуючи для цього засувками 9 й використовуючи заглибний насос 10 та промивний трубопровід 12. Плавуче завантаження під час промивання розширюється, але завдяки розтрубу уникає винесення у водне джерело за межі оголовка [5].

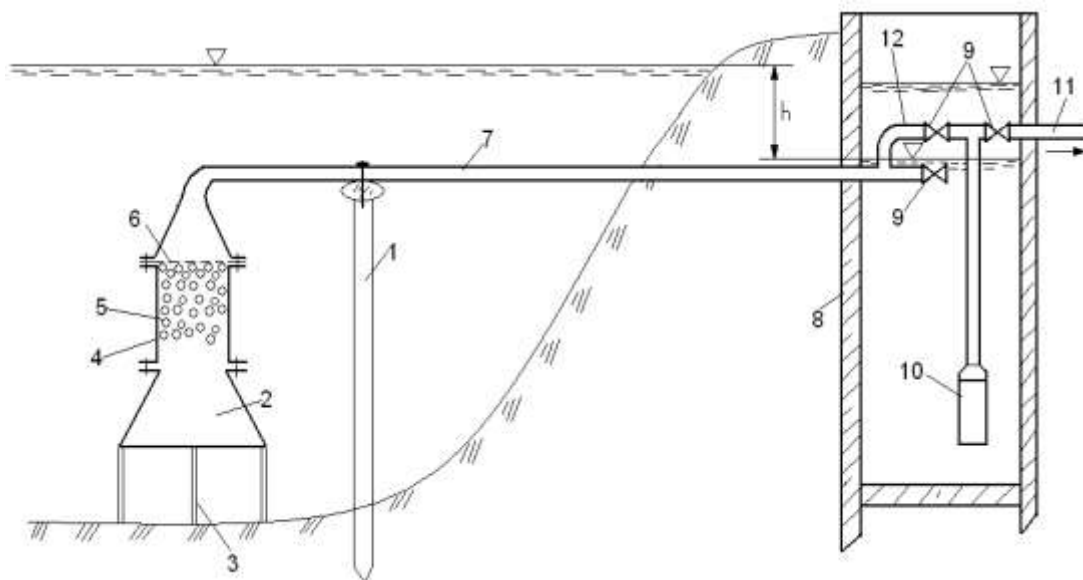


Рис. 13.3. Схема роботи руслового водозабору з трубним фільтрувальним оголовком: 1 – пальова опора; 2 – розтруб; 3 – стояки; 4 – кожух; 5 – плавуче фільтрувальне завантаження; 6 – сітка; 7 – самопливний трубопровід; 8 – береговий колодезь; 9 – засувки; 10 – заглибний насос; 11 – напірний трубопровід; 12 – промивний трубопровід

### 13.4. Береговий сифонно-фільтрувальний водозабір

Фільтри для затримання забруднень безпосередньо у водному джерелі можна використовувати не тільки у водоприймальних оголовках руслових водозаборів, але й у конструкціях водозаборів берегового типу. Прикладом може слугувати береговий сифонно-фільтрувальний водозабір за схемою (рис. 13.4) [5]. До його складу належать водоприймальний сифон 8, приймально-всмоктувальна камера 9 та службовий павільйон 7. Зверху висхідної лінії сифону 8 влаштовують фільтр з плавучим пінополістирольним завантаженням 13, гранули якого сіткою 14 утримуються від винесення фільтрованою водою до камери 9. Під час пуску водозабору в експлуатацію заглушкою 1 закривають оглядове вікно 2, а низхідну лінію сифону 8 заповнюють водою. Для цього закривають шибером 12 вікно 11 і відкривають засувку на трубопроводі 4, а за допомогою вакуум-насоса відкачують повітря з сифона, заповнюючи його водою. Вихідна вода рухається знизу догори через висхідну лінію сифона, проходить плавуче фільтрувальне завантаження 13, і сифон заряджається. Коли вода заповнює весь сифон, засувку на тубі 4 закривають, а шибер 12 піднімають. Сифон працює автоматично.

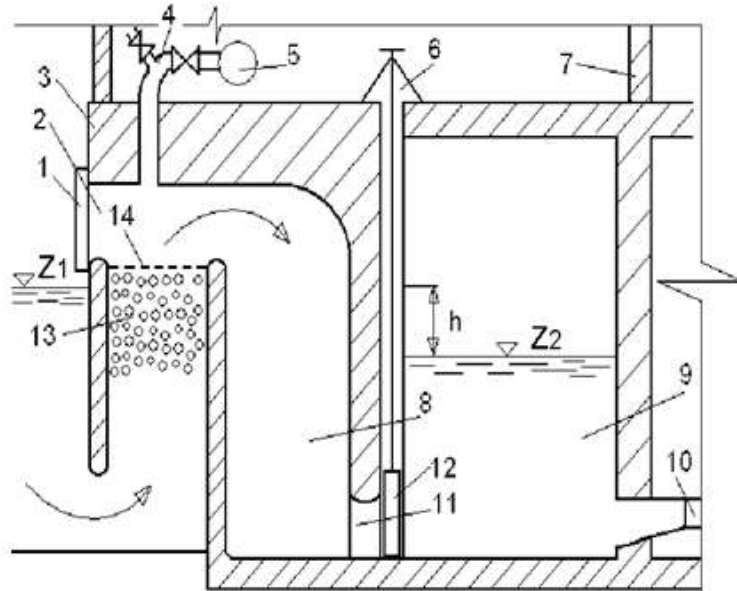


Рис. 13.4. Схема роботи берегового сифонно-фільтрувального водозабору: 1 – заглушка; 2 – оглядове вікно; 3 – береговий водоприймач; 4 – трубопровід до вакуум-насоса; 5 – промивний трубопровід; 6 – колонка для управління роботою шибера; 7 – службовий павільйон; 8 – водоприймальний сифон; 9 – приймально-всмоктувальна камера; 10 – всмоктувальний трубопровід; 11 – вікно на виході з сифона; 12 – шибери; 13 – плавуче фільтрувальне завантаження; 14 – утримувальна сітка

Приймально-всмоктувальна камера 9 призначена для накопичення попередньо освітленої води. З неї насоси I-го підняття по всмоктувальному трубопроводу 10 забирають воду та подають її на подальше очищення або безпосереднє використання в системах технічного водопостачання чи зрошення.

Під час фільтрування води крізь плавуче завантаження 13 відбувається накопичення забруднень на його нижній поверхні, що призводить до зростання гідравлічного опору руху води, а отже, і зниження рівня води в камері 9 на величину втрат напору у фільтрі h.

Для видалення забруднень з фільтрувального завантаження 13 виконують його промивання зворотним рухом води, для чого шибером 12 перекривають вікно 11 і відкривають засувку на промивному трубопроводі 5. Під час промивання плавуче фільтрувальне завантаження розширюється, а завислі речовини легко виштовхуються промивною водою в річку і виносяться її течією. Висхідна лінія сифона 8 повинна бути відповідної висоти, щоб за розрахункової інтенсивності промивання фільтрувальне завантаження не виходило із сифона і не було його втрат. Після промивання секцію водоприймача знову під'єднують для роботи.

Така конструкція водозабору має певні переваги [5]:

- 1) полегшується робота водоприймача в зимовий час, особливо на річках з важкими шуго-льодовими умовами;
- 2) зменшується вартість водозабору і водоочисної станції, оскільки крупні завислі речовини затримуються під час висхідного руху води крізь плавуче фільтрувальне завантаження і не надходять до споруд, отже не потрібні сітки і відстійники;
- 3) спрощується експлуатація споруд, оскільки відпадає потреба в промиванні сіток, зменшуються обсяги осаду, який потрібно видаляти чи утилізувати.

### ***13.5. Плавучі фільтрувальні водозабори***

Плавучі водозабори належать до нестационарних водозабірних споруд, у яких точка приймання води із джерела не є постійною, а змінюється залежно від рівня води у водоймі.

Плавучі водозабори, які очищують воду безпосередньо у водоймі, бувають з плавучим фільтрувальним завантаженням (рис. 13.5) або з тонкошаровими модулями (рис. 13.6) [5].

Вихідна вода з водойми (рис. 13.5) рухається знизу догори крізь плавуче фільтрувальне завантаження 3, яке утримується від спливання й винесення з корпусу решітками 4, надходить у бак 2, звідки по гнучкому шлангу 5 подається на берег. Водозабір утримується на плаву завдяки понтонам 1.

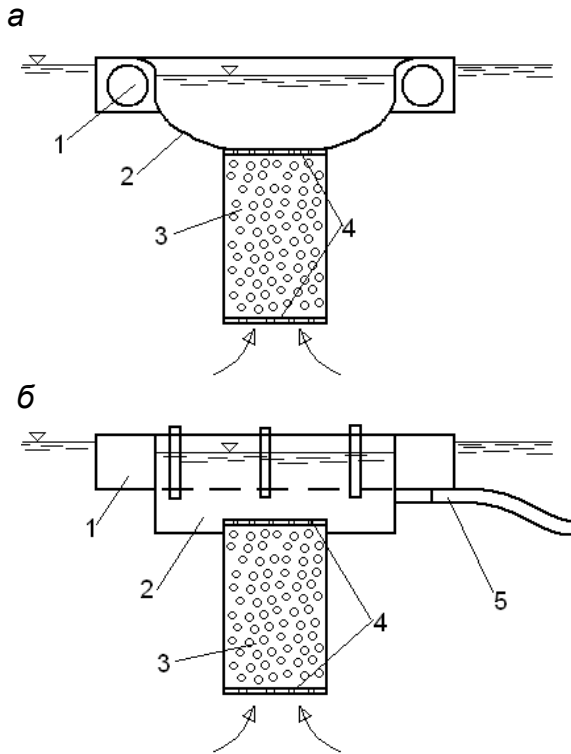


Рис. 13.5. Схема плавучого водозабору з плавучим фільтрувальним завантаженням:

- а – поперечний переріз;
- б – поздовжній переріз;
- 1 – понтони;
- 2 – бак для приймання фільтрованої води;
- 3 – фільтр з плавучим завантаженням;
- 4 – решітки;
- 5 – гнучкий шланг для відведення фільтрованої води

Водозабори за схемою рис. 13.6 застосовують на річках зі значними коливаннями рівнів та великою каламутністю води, тобто у разі великої кількості крупних завислих речовин, які затримуються у тонкошарових модулях 2 під час висхідного руху вихідної води по них. Вода надходить у водоприймальні резервуари 3, звідки насосами забирається і подається на берег, а осад сповзає по нахилених поверхнях тонкошарових модулів на дно водойми [5].

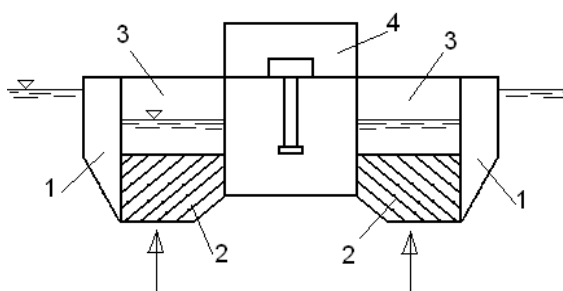


Рис. 13.6. Схема плавучого водозабору з тонкошаровими модулями:

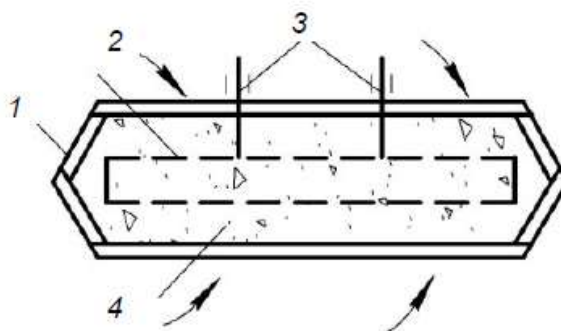
- 1 – понтони;
- 2 – тонкошарові модулі;
- 3 – водоприймальні резервуари;
- 4 – насосна станція

### 13.6. Водозабір з дерев'яним зрубним фільтрувальним оголовком

З метою рибозахисту й запобігання захопленню транзитної шуги на водозаборах продуктивністю до  $1 \text{ м}^3/\text{с}$  водоприймачем може бути дерев'яний зрубний фільтрувальний оголовок (рис. 13.7) [2].

Рис. 13.7. Планова схема дерев'яного зрубного фільтрувального оголовка:

- 1 – дерев'яний зруб;
- 2 – водозбірний колектор;
- 3 – самопливні лінії;
- 4 – фільтрувальне завантаження (каміння крупністю 15-20 см)



Значного поширення на водоприймачах фільтрувального типу набули фільтрувальні блоки – *касети*, які являють собою решітчасті та сітчасті призматичні оболонки, заповненні насипним фільтрувальним матеріалом, або жорсткі водопроникні плити з пакета рейок чи монолітного фільтрувального матеріалу. Наближено товщину насипних касет визначають із співвідношення  $t = (3-5) d_{сер}$ , де  $d_{сер}$  – середній розмір часток матеріалу ( $d_{сер} < 25 \text{ мм}$ ). Фільтрувальні касети, встановлені в пазах водоприймачальних вікон затоплених оголовків, промивають від забруднень зворотним током води (особливо ефективним є імпульсне промивання). У разі застосування берегових незатоплюваних водоприймачів касети для їх очищення піднімають на службовий балкон колодязя [2].

### 13.7. Водозабори з кам'яно-щебневим оголовком

Різновидом безкорпусних водоприймачів є інфільтраційні водозабори, які споруджують з дреною або системою дрен, покладених на постіль і покритих фільтрувальним матеріалом. Цей тип водоприймачів можна застосовувати на водоймах за межами прибіжної зони за незначної міграції наносів. Можливим варіантом такого водоприймача є кам'янонакидна дамба з водозбірним колектором всередині (рис. 13.8), яку доцільно використовувати на великих водозаборах [2].

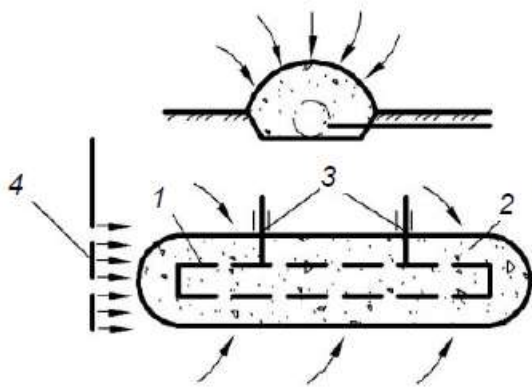


Рис. 13.8. Кам'янонакидна  
фільтрувальна дамба:

- 1 – водозбірний колектор у вигляді дірчастої або щілинної труби;
- 2 – призматичний насип з каміння округлої форми діаметром 15-30 см;
- 3 – самопливні лінії;
- 4 – трубопровід для підведення теплої води під час шугоходу

На рис. 13.9 показано схему забору води з невеликих водотоків (каналів) за допомогою фільтрувального водоприймача у вигляді кам'яно-щебневих дамб, які розташовані в руслі водотоку, паралельно його берегам [5].

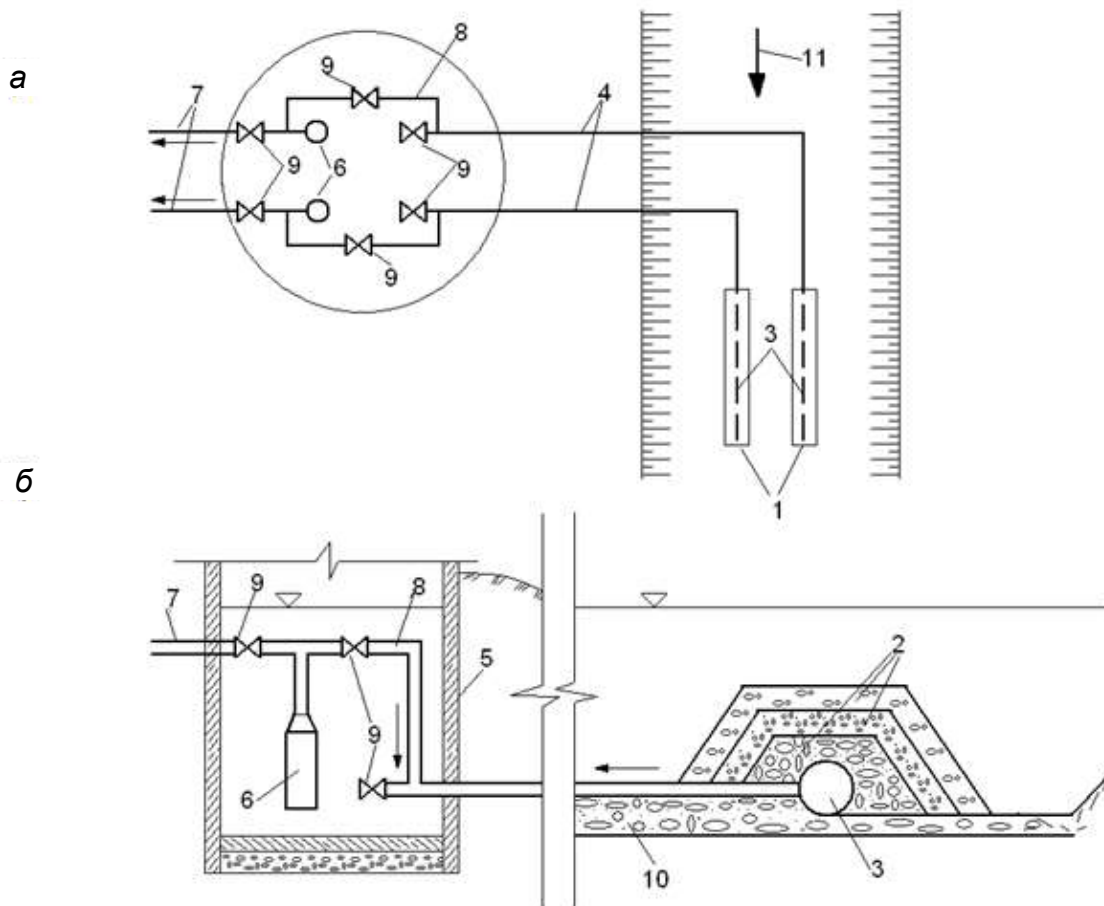


Рис. 13.9. Схема забору води з каналу з використанням фільтрувального водоприймача: а – у плані; б – у розрізі; 1 – фільтрувальна дамба; 2 – шари фільтрувального завантаження; 3 – дрена; 4 – самопливний трубопровід; 5 – береговий колодязь; 6 – заглибний електронасос; 7 – напірні трубопроводи; 8 – промивний трубопровід; 9 – засувки; 10 – укріплення дна каналу; 11 – напрямок руху води в каналі

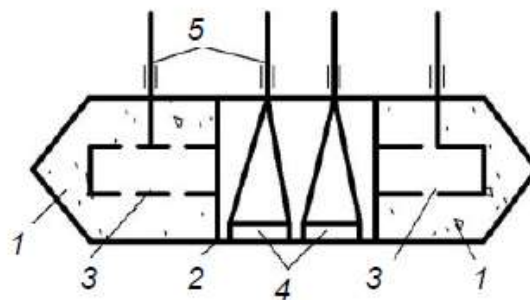
Фільтри 1 складаються із трьох шарів фільтрувального завантаження 2 з послідовним збільшенням середніх діаметрів фракцій від водного джерела до водоприймальної дрени 3. Дрену, виготовлену з перфорованої труби, під'єднано до самопливного трубопроводу 4, яким попередньо фільтрована вода надходить у береговий колодязь 5, звідки вона заглибним насосом 6 подається споживачам або на подальше, більш глибоке очищення. Влаштування тришарової фільтрувальної обсіпки 2 навколо водоприймальної дрени 3 потрібне для затримання дрібних фракцій завислих речовин, що є у водоймі, й унеможлиблює кольматацію дрени, перфоровану з великими отворами.

У процесі експлуатації водозабору відбувається кольматація верхнього шару обсіпки, а отже, збільшення гідравлічного опору руху води і зниження рівня у береговому колодязі 5. Для промивання воду від напірного трубопроводу 7 подають промивним трубопроводом 8 і самопливним трубопроводом 4 у зворотному напрямку, вимиваючи забруднення з фільтрувального завантаження 2 [5].

### 13.8. Комбіновані фільтрувальні водоприймачі

Водоприймачі фільтрувального типу достатньо ефективно працюють у важких шуго-льодових умовах (особливо після скидання перед ними теплої води), але значно гірше – за великого вмісту у водному джерелі намулів, які кольматують фільтрувальне завантаження. Тому для влаштування водозаборів на річках, що характеризуються важкими шуго-льодовими умовами в зимовий період та значним вмістом наносів у повінь, доцільно використовувати *комбіновані* водоприймачі, які складаються з різних типів водооприймальних секцій (рис. 13.10). У різні періоди року забір води здійснюється по-різному: фільтрувальні секції мають працювати під час шугоходу, а відкритий водоприймач – у решту періодів року [2].

- Рис. 13.10. Планова схема комбінованого водоприймача:
- 1 – фільтрувальні водоприймачі;
  - 2 – відкритий оголовок;
  - 3 – водозбірні колектори;
  - 4 – водоприймальні вікна, перекриті сміттєзатримувальними решітками;
  - 5 – самопливні лінії



### 13.9. Розрахунок фільтрувальних водоприймачів

Розрахунок площі робочої поверхні фільтра виконують за тією самою формулою, котру використовують для розрахунку площі вікон, перекритих решітками, у якій швидкість втікання у фільтрувальне завантаження беруть до 0,05-0,1 м/с, а коефіцієнт стиснення визначають як

$$K_{cm}=1/P, \quad (13.1)$$

де  $P$  – поруватість фільтрувального матеріалу (для гравію, гальки, каміння – 0,4, для щебеню – 0,5) [2].

У проектуванні фільтрувальних водоприймачів слід визначити довжину водозбірного колектора, його поперечні розміри, перфорацію водоприймальної частини.

Довжину колектора визначають відповідно до довжини фільтрувального фронту водоприймача, визначеного, виходячи з відомої площі робочої поверхні фільтра та його конструктивних особливостей.

Поперечні розміри колектора залежать від витрат води та швидкості руху води в ньому. У разі великої довжини трубчастих колекторів їх діаметр визначають за телескопічною схемою, збільшуючи у бік місця під'єднання самопливних ліній. Діаметр круглих отворів у колекторі беруть у межах 1-1,5 см, а ширину щілини – 0,5-1 см [2].

Сумарна площа отворів,  $\omega$ , у водоприймальній частині колектора:

$$\omega = \frac{Q}{\mu \sqrt{2g\Delta H}}, \quad (13.2)$$

де  $Q$  – витрата води, що надходить у колектор,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;  $\mu$  – коефіцієнт витрати, який для зрубових оголовків беруть залежно від ступеня стиснення входу в колектор ( $\mu = 0,25-0,7$ ), а для всіх інших типів оголовків беруть  $\mu \approx 0,62$ ;  $\Delta H$  – перепад напору на вході в колектор, м [2].

Рівномірне живлення водоприймача по його водоприймальному фронту, тобто надходження однакової питомої витрати вздовж колектора, може бути досягнуто різним ступенем перфорації вздовж водозбірного колектора. Сумарна площа отворів на частині колектора з більшим напором на вході в колектор повинна бути меншою, і навпаки [2].

## **Запитання для самоконтролю**

1. Чим зумовлена доцільність застосування водозабірно-очисних споруд? Поясніть їх призначення.
2. Які вимоги мають задовольняти водозабірно-очисні споруди?
3. Що впливає на вибір типу і конструкції водозабірно-очисних споруд?
4. На які дві групи поділяють фільтрувальні водоприймачі?
5. Що використовують як фільтрувальний матеріал у водоприймачах?
6. За яких умов рекомендують застосовувати водоприймачі з верхнім забором води?
7. Опишіть будову й принцип роботи трубного фільтрувального оголовка. Як його промивають?
8. З яких основних частин складається береговий сифонно-фільтрувальний водозабір? У чому його переваги?
9. Назвіть типи плавучих фільтрувальних водозаборів. Як вони працюють?
10. Що являє собою водозабір з дерев'яним зрубним фільтрувальним оголовком? За яких умов його використовують?
11. Опишіть конструкцію водозаборів з безкорпусним кам'яно-щобеновим оголовком.
12. На яких річках застосовують комбіновані фільтрувальні водоприймачі?
13. Як розраховують водоприймачі фільтрувального типу?

## **Тема 14. ВОДОЗАБОРИ НА КАНАЛАХ І ГІРСЬКИХ РІЧКАХ. МОРСЬКІ ВОДОЗАБОРИ**

### **14.1. Забір води з каналів**

Канали являють собою штучні водотоки з руслами переважно правильної форми у поперечному перерізі, найчастіше трапецеїдальної. Вони відіграють важливу роль у водопостачанні регіонів з дефіцитом природної вологи для забезпечення потреб у воді населення, промисловості та зрошувального землеробства [2].

Рівень і витрати води в каналі за наявності головних споруд регулюються ними відповідно до вимог експлуатації каналу. Якщо головних споруд немає, рівень і витрати води в каналі залежать від водного режиму джерела живлення каналу.

Каламутність води в каналі великою мірою залежить від якості води, що надходить з водного джерела, і конструкції головної споруди. Якісні показники води в каналах на шляху її руху змінюються – збільшується бактеріальне забруднення, підвищується окиснюваність, зростає вміст солей. Уздовж водопровідних каналів створюють зону санітарної охорони завширшки 40-50 м з обох боків [2].

Порівняно з річками більшість каналів мають такі переваги: усталений рух води, не буває льодоходу, незначні коливання рівнів води (зазвичай близько 1,5 м; на каналах, що працюють цілий рік, взимку – 1 м). Зрошувально-обводнювальні канали транспортують обсяги води, що, як правило, значно перевищують потреби у водопостачанні. Це забезпечує належний санітарний стан каналу під час відбирання з нього розрахункової кількості води на водопостачання об'єктів. Однак такі канали часто працюють лише в період зрошувального сезону, що потребує влаштування для об'єкта водопостачання альтернативного джерела (наливні водойми або свердловини) [2].

Забір води з каналів може здійснюватися спорудами різних типів. Обирають технологічну схему водозабору та місце його влаштування в кожному окремому випадку залежно від особливостей цих водотоків.

Найпростішими для забору води з метою водопостачання є постійні канали. Це пояснюється тим, що більшість каналів мають плавний гідравлічний режим з достатньо стабільними рівнями води. Крім того, режимом роботи каналу можна керувати. Здебільшого вода в них менш каламутна, ніж у річці, з якої забирається вода, практично немає льодоходу, хоча буває шуга.

З каналів рекомендується відбирати не більш ніж 25% води. Водозабірні споруди на каналі можна розміщувати в будь-якому місці. У виборі важливо, щоб була дотримана безперебійність подавання води споживачам у всіх можливих випадках експлуатації каналу (промивання з метою видалення намулів через спеціальні промивні споруди, встановлені в окремих місцях каналу, скидання води тощо).

У місці влаштування водозабору повинні бути [2]:

- достатні витрати та глибина води;
- стійке русло;
- сприятливі умови для транзиту каналом намулів, шуги і льоду;
- належна якість води (без шкідливих забруднень).

Найдоцільнішим на каналах є береговий водозабір роздільного типу з незаглибленою насосною станцією, але його влаштовують тільки біля шлюзів-регуляторів.

Незначна глибина в каналах (як правило, до 3-4 м) спричиняє прогрівання води і розвиток фітопланктону, а також потребує встановлення компактних водоприймачів [2].

Конструкція водоприймачів не повинна порушувати гідравлічний режим у каналі. Якщо треба забирати воду в різних місцях вздовж каналу, то краще влаштовувати руслові водозабори.

За достатньої глибини води рекомендується використовувати оголовки укісного типу (рис. 14.1, а, в), а за малої глибини – донного (рис. 14.1, б). Якщо вода досить чиста, то її можна забирати безпосередньо з каналу осьовим прямоточним насосом капсульного типу [2].

Для забору води з каналів для систем водопостачання III категорії надійності доцільно влаштовувати спільний зі зрошувальною системою водозабір. В такому разі проектують водозабірно-очисні споруди, де відбувається попереднє очищення води для систем питного водопостачання й остаточне – для зрошувальних систем.

За належної якості води в каналах з технологічних схем водозаборів можна вилучати береговий сітковий колодязь і кінці всмоктувальних ліній насосів виводити в канал [2].

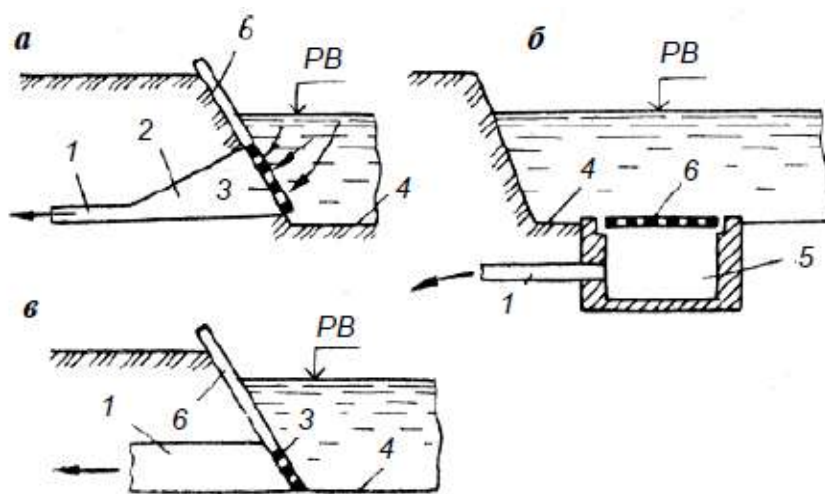


Рис. 14.1. Типи оголовків на каналах:

- а – розтрубний укісний; б – донний; в – трубчастий укісний;  
1 – самопливні лінії 2 – водоприймальний розтруб; 3 – сміттєзатримувальна решітка; 4 – дно каналу; 5 – донна камера; 6 – напрямні для встановлення решіток

## 14.2. Використання води гірських річок

Оскільки гірські річки в природному стані через крутизну рельєфу характеризуються значним похилом русел, а отже, великою швидкістю потоку, різким коливанням рівнів води під час рясних опадів і високою каламутністю, то особливістю водозаборів з гірських річок є включення до їх складу споруд для попереднього освітлення води, таких як горизонтальні та радіальні попередні відстійники, піскоуловлювачі, фільтри. Відведення води споживачам або на водопровідні очисні споруди, по можливості, здійснюється самопливом.

Оскільки витрати води в гірських річках протягом року дуже нерівномірні, в певні періоди вони можуть не забезпечити потрібні споживачам обсяги води. Тому обирають тип споруд та схеми водопостачання населених пунктів і промислових підприємств залежно від коефіцієнта водовідбору [2]:

$$K_e = Q_e / Q_{p.min}, \quad (14.1)$$

де  $Q_e$  – розрахункові витрати водозабору;  $Q_{p.min}$  – розрахункові мінімальні витрати води в річці.

Можливими є такі схеми й умови відбору води [2]:

- за побутового гідрологічного режиму річки;
- з використанням водопідйомних гребель;
- з влаштуванням водоймищ.

Якщо  $K_e < 0,3$  використовують гірські річки за їх *побутового гідрологічного режиму*, тобто без регулювання стоку греблями.

Для забору води з малих гірських річок, русло яких утворене валунно-галечниковими або крупнопіщаними відкладеннями, можуть бути застосовані підруслові інфільтраційні водозабори горизонтального типу (променеві водозабори, горизонтальні водозбори), водозабірні свердловини або комбіновані водозабори, в складі яких є інфільтраційні водоприймачі та відкриті водоприймачі з донною решіткою.

На передгірських ділянках відносно великих гірських річок застосовують безгребельний відкритий водозабір, технологічна схема якого залежно від місцевих умов (рельєфу дна, наявності шуги, глибин тощо) може мати такі споруди: береговий водоприймач, суміщений з НС-І, водоприймальний ківш, шпору або відкритий канал (рис. 14.2), для бокового відведення води з річки [2].

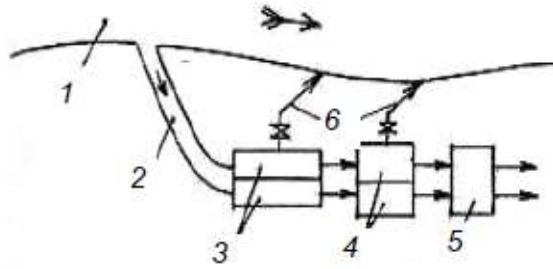


Рис. 14.2. Схема влаштування безгребельного відкритого водозабору з відвідним каналом: 1 – русло річки; 2 – відвідний канал; 3 – піскоуловлювачі; 4 – фільтри з насипним фільтрувальним матеріалом; 5 – НС-І; 6 – трубопроводи для скидання промивної води від піскоуловлювачів та фільтрів

Якщо коефіцієнт водовідбору  $K_v$  обчислюється в межах 0,3-1, то до складу водозаборів з гірських річок, що несуть значну кількість намулів крупних фракцій та шугу, включають *низьконапірні водопідйомні греблі* з напором  $H < 3-5$  м. Варіант такого водозабору з греблею, підпір на якій створюють затвори на водозливі, наведено на рис. 14.3. Намули, які потрапляють у намулоперехоплювальну галерею, разом з потоком води видаляються в нижній б'єф. Решітки, що перекривають входи в галереї, влаштовують, укладаючи залізничні рейки із зазором 10 мм. Для запобігання обмерзанню решіток внутрішньоводним льодом перед ними скидають теплу воду. Для захисту від шуги водоприймальна галерея може бути заповнена фільтрувальним матеріалом (камінням) [2].

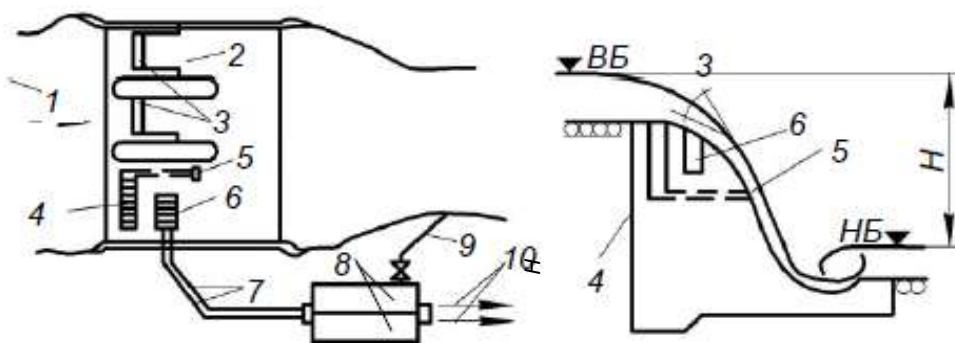


Рис. 14.3. Пригребельний водозабір з донною решіткою: 1 – русло річки; 2 – глуха (водозливна) частина греблі; 3 – затвори; 4 – намулоперехоплювальна галерея з решіткою; 5 – випуск намулів у нижній б'єф; 6 – водоприймальна галерея з решіткою; 7 – трубопроводи для відведення води; 8 – попередні відстійники; 9 – трубопровід скидання промивної води з відстійників; 10 – водоводи подавання попередньо очищеної води

За  $K_e \geq 1$ , коли треба регулювати стік гірських річок для їх можливого використання у водопостачанні достатньо великих об'єктів, влаштовують *водоймища*. В умовах гірських річок це потребує значних затрат на боротьбу зі швидким замулюванням. Крім того, у зв'язку з великими похилами гірських річок, влаштування водоймищ з достатніми об'ємами потребує будівництва високих гребель. Принципова схема водоймища балково-річкового типу наведена на рис. 14.4 [2].

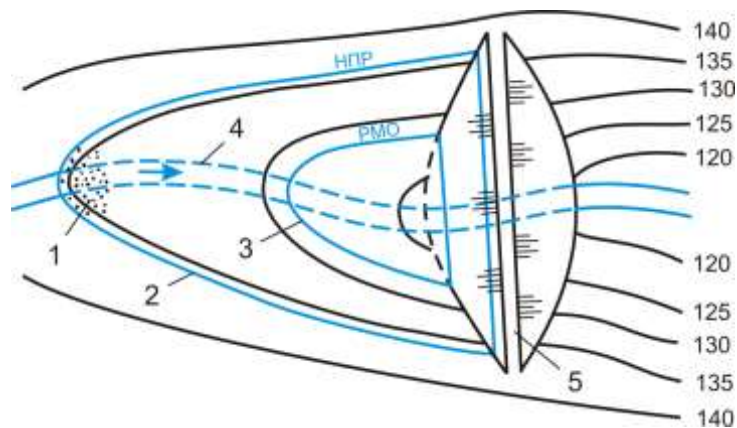


Рис. 14.4. Принципова схема водоймища балково-річкового типу:  
 1 – хвостова ділянка водоймища з осадженням крупних намулів; 2 – уріз води у водоймищі за нормального підпірного рівня (НПР); 3 – уріз води у водоймищі за рівня мертвого об'єму (РМО); 4 – русло річки в незарегульованому стані; 5 – водопідйомна гребля

До складу гребельного вузла належать водозлив для пропуску води у нижній б'єф та водоспуск для повного або часткового спорожнення водоймища, а також залежно від призначення у складі гідровузла можуть бути водозабірні і рибопропускні споруди, ГЕС, судноплавний шлюз.

На малих гірських річках доцільним є регулювання стоку з живленням водозабору з водоймища, розміщеного на невеликій притоці з малою кількістю намулів (рис. 14.5) [2].

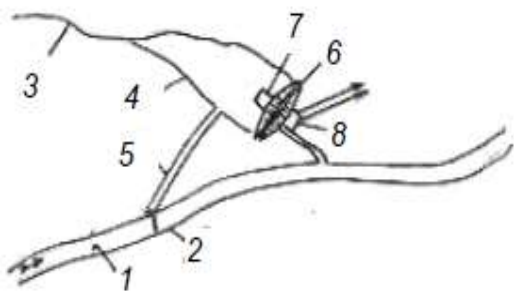


Рис. 14.5. Схема розміщення водоймища на притоці річки з малою кількістю наносів:

1 – гірська річка; 2 – вузол забору води в канал зі звільненням потоку від донних наносів; 3 – притока; 4 – водоймище; 5 – самопливний канал, що живить водоймище водою гірської річки;

6 – гребля; 7 – донний водоспуск; 8 – НС-1

За особливого поєднання природних умов для збільшення витрати гірської річки, яку планують використовувати для водопостачання, можливим є перекидання в неї частини стоку сусідньої річки самопливними каналами, а в разі високих відміток вододілу – тунелями.

Тип і схема водозабірних споруд на водоймі визначаються гідрологічними, топографічними, геологічними, гідрогеологічними, санітарними та іншими умовами, різними для верхньої, середньої та нижньої частини водойми [2].

### **14.3. Морські водозабори**

У проектуванні і будівництві морських водозаборів, крім місцевих топографічних, геологічних, гідрогеологічних і гідрологічних умов, слід приділяти увагу впливу на споруди специфічних явищ, до яких належать хвильові явища, агресивна дія води, інтенсивний розвиток гідробіонтів тощо.

Конструкція морських водозаборів повинна бути масивною. Будівельні матеріали (бетон, залізобетон) обирають підвищеної щільності, водонепроникності, водостійкості, морозостійкості. Вони мають добре протистояти хвильовим діям, агресивності морської води, періодичному і багаторазовому замерзанню і розмерзанню, стиральній та руйнівній дії льоду й морських намулів. Труби, арматура, насоси та інше металеве обладнання повинні бути виготовлені з чавуну. У разі застосування сталі вони повинні мати значну товщину стінок, труби виконують з антикорозійним захистом. Крім того, слід застосовувати спеціальні покриття поверхонь, які запобігають обростанню [2].

Технологічна схема морського водозабору залежить від його розміщення на узбережжі. Основною умовою вибору місця для морського водозабору є мінімальна відстань від нього до об'єкта водопостачання. Найбільш економічними і сприятливими для розміщення водозабірних споруд є штучні або природні акваторії, захищені від хвильових дій. Проте й вони мають певні недоліки, до яких належать підвищена замулюваність, ймовірність забруднення води нафтопродуктами і оліями від суден, а також стічними водами промислових підприємств та побутовими стоками [2].

У захищених акваторіях з достатньою глибиною споруджують берегові водозабори роздільного чи суміщеного компонування, а в

мілководних бухтах, затоках, лиманах – берегові водозабори з підвідним каналом, острівні та руслові водозабори (рис. 14.6) [2].

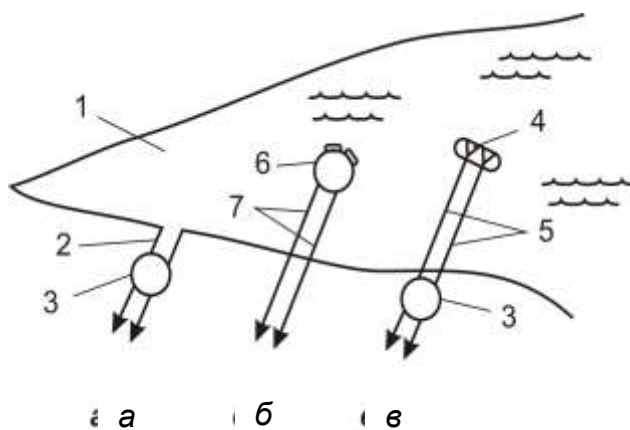


Рис. 14.6. Схеми водозаборів у мілководних захищених акваторіях:  
 а – берегові з підвідним каналом;  
 б – острівні; в – руслові;  
 1 – захищена акваторія;  
 2 – підвідний канал, відритий у дні;  
 3 – береговий колодязь;  
 4 – русловий оголовок;  
 5 – самопливні лінії;  
 6 – острівний водозабір з НС-I;  
 7 – напірні водоводи, прокладені по мосту-галереї

На відкритих узбережжях за достатніх глибин біля берега влаштовують берегові водозабори із захисною дамбою (рис. 14.7), а за недостатніх глибин біля берега споруджують руслові водозабори з затопленими оголовками, розміщеними за межами зони руйнування хвиль, на глибині  $H > H_{крит}$ , де  $H_{крит} = (0,7-2,5) H_{хе}$  [2].

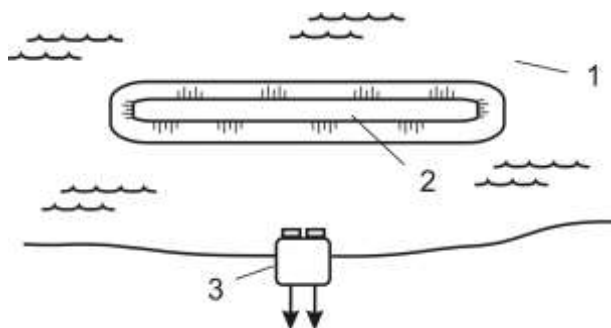


Рис. 14.7. Береговий водозабір із захисною дамбою:  
 1 – відкрита акваторія;  
 2 – захисна дамба (хвилелом);  
 3 – береговий водоприймач

У складних шуго-льодових умовах за великої продуктивності споруд влаштовують ківшовий водозабір із захисними дамбами з різних боків від водоприймальних вікон (рис. 14.8, а) [2].

Якщо дно акваторії складено крупнопіщаними чи гравійно-галечниковими відкладеннями в складних шуго-льодових умовах або за небажаних біологічних факторів (значне цвітіння води, колонії живих організмів, які викликають біобростання споруд), доцільно влаштовувати інфільтраційний водозабір, у якому вода забирається через горизонтальні свердловини, прокладені в дні у вигляді променів-дрен (рис. 14.8, б) [2].

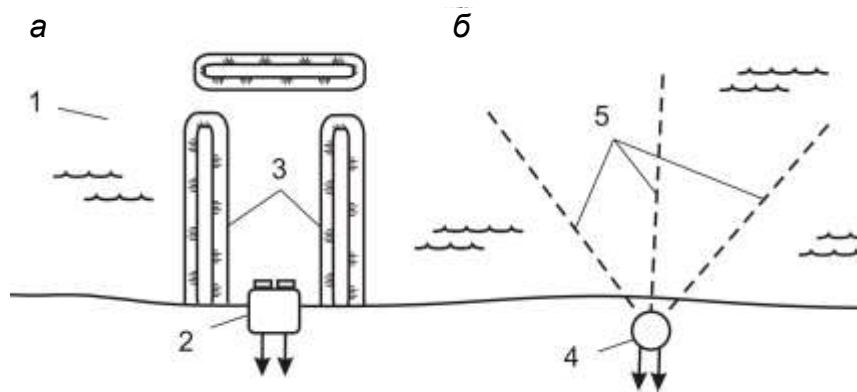


Рис. 14.8. Водозабори в складних шуго-льодових умовах:  
 а – ківшовий із захисними дамбами; б – інфільтраційний;  
 1 – акваторія; 2 – береговий водозабір; 3 – захисні дамби; 4 – водозбірний колодязь (шахта); 5 – промені (свердловини)

### **Запитання для самоконтролю**

1. Що являють собою канали? З якою метою їх споруджують?
2. Від чого залежать витрати води в каналах?
3. Як змінюються якісні показники води в каналах на шляху її руху?
4. У чому переваги каналів порівняно з річками?
5. Які вимоги ставлять до місця влаштування водозабору на каналах?
6. Назвіть особливості гірських річок і водозаборів на них.
7. Що таке коефіцієнт водовідбору? Як його визначити?
8. Вкажіть можливі схеми й умови відбору води з гірських річок.
9. Коли використовують гірські річки в їх побутовому гідрологічному режимі?
10. У яких випадках до складу водозаборів з гірських річок включають низьконапірні водопідйомні греблі?
11. Назвіть умови, за яких для регулювання стоку гірських річок влаштовують водоймища. У чому їх особливості?
12. Що належить до складу гребельного вузла?
13. Які специфічні явища беруть до уваги у проєктуванні морських водозаборів?
14. Назвіть загальні вимоги, які ставлять до конструкцій і обладнання морських водозаборів для протидії специфічним явищам.
15. Що є основною умовою вибору місця для морського водозабору?
16. Назвіть акваторії, які є найбільш економічними і сприятливими для розміщення водозабірних споруд. У чому їх недоліки?
17. Які схеми морських водозаборів застосовують у захищених акваторіях та на відкритих узбережжях з достатніми і недостатніми глибинами?

## Тема 15. ВОДОЗАБОРИ НА ВОДОСХОВИЩАХ І ОЗЕРАХ

### 15.1. Особливості забору води з водосховищ

У разі зарегулювання стоку великих річок під час вирішення питання водопостачання великих населених пунктів і промислових підприємств виникає потреба в заборі води з водосховищ, тобто штучних водойм, ємкість яких за нормального підпірного рівня (НПР) становить не менш ніж 1 млн м<sup>3</sup>. Умови забору води з великих водосховищ на річках суттєво відрізняються від умов забору води з річок у їх природному стані. Специфічними особливостями водосховищ є такі [2]:

- керування водним режимом і постійна зміна рівнів води (особливо на водосховищах, утворених біля гідроенергетичних вузлів);
- велика площа дзеркала і наявність хвилювання водної поверхні (висота хвиль 0,5-2,5 м), складне сполучення стічної течії з вітрохвильовою, вздовжбереговою та іншими течіями, що утворюються внаслідок хвилювання;
- слабкі процеси самоочищення води від скинутих стічних вод через повільні течії, утворення застійних ділянок і цвітіння води;
- наявність стратифікації, тобто розшарованості води, зумовленої непостійністю за глибиною температури, солоності, каламутності.

Влаштуваючи водозабори на водосховищах, треба брати до уваги такі фактори, як переформування узбережжя під дією течій та хвиль, шуго-льодовий режим водойми, показники якості води, біологічні умови [2].

Водосховище по суті є великим відстійником з малими швидкостями течії, а тому *каламутність* води в ньому, як правило, значно нижча, ніж у річці. Величина каламутності є різною і залежно від часу, і по акваторії водосховища, вона зменшується у міру віддалення від верхів'я та від прибіжної зони.

Фізичні, хімічні та бактеріологічні показники якості води водосховища залежать від таких чинників [2]:

- склад та санітарний стан ґрунтів на площі чаші водосховища й водозбірного басейну;
- характер і обсяг заходів з підготовки ложа водосховища перед його заповненням;
- об'єми скидання промислових та побутових стічних вод;
- наявність місць відпочинку та водопою худоби, судноплавства, лісосплаву.

Показники якості води у водосховищі загалом є більш стабільними, ніж у річці. Однак вода водосховищ має вищу *кольоровість*, ніж вода річок у незарегульованому стані. Це пояснюється збагаченням води органічними речовинами (а внаслідок їх розкладання – органічними сполуками, що забарвлюють воду), які залишаються в ложі водосховища після його заповнення водою, деревини та рослинності. Крім того, водосховищам притаманні явища масового розвитку фітопланктону на прогрітих мілководдях, що спричинює цвітіння води. Унаслідок відмирання фіто- й зоопланктону вода набуває неприємного запаху та присмаку, на спорудах водопідготовки її значно важче очистити до нормативних показників якості, які має задовольняти питна вода. Постійна зміна об'єму водосховища через регулювання стоку річки та випаровування води за значної площі дзеркала призводять до підвищення *мінералізації* води [2].

Формування *льодового покриву* на водосховищах відбувається на 5-10 днів раніше, ніж на річках, а очищення від льоду, навпаки, на 10-12 днів пізніше. Має місце неодноразовість утворення льоду та неоднаковість його товщини як по ширині, так і вздовж водосховища. Наприклад, лід є товстим біля навітряного берега у порівнянні з підвітряним, та на глибоких пригребельних ділянках, ніж у верхів'ях. На мілководдях льодовий покрив формується скоріше. На водосховищах з великою площею дзеркала період та характер встановлення льодового покриву залежить від мікроклімату [2].

Найважчі *шуго-льодові* умови виникають через хвилювання та наявність значних вздовжберегових течій. У прибіжних зонах пляжного типу маси внутрішньоводного льоду можуть захоплювати частинки піску, який потім осідає біля водоприймачів, утворюючи товстий шар відкладень. Внаслідок дії вздовжберегового потоку можуть відриватися від берега й утворюватися плавучі скупчення шуги, які є небезпечними для малозаглиблених водосховищних водоприймачів.

У проєктуванні та експлуатації водозаборів на водосховищах також слід мати на увазі такі фактори [2]:

- можливість інтенсивного заростання мілководь вищою водною рослинністю (осокою, очеретом тощо);
- наявність підвищеного вмісту у воді біля окремих ділянок навітряного берега сміття, планктону, відмерлої водної рослинності;
- більш інтенсивного, ніж у річці, розвитку організмів, що створюють проблеми з біооброшенням (дрейсени, мідії тощо);
- концентрації рибної молоді у верхніх шарах водосховищ та на мілководдях.

Обираючи місце відбору води з водосховища, слід уникати [2]:

- хвостової ділянки, тобто верхів'я водосховища, де відбувається інтенсивне осідання намулів;
- висунутих в акваторію водойми ділянок берега з його можливою інтенсивною переробкою внаслідок вітрохвильового впливу;
- відкритих ділянок навітряного берега та підпірних ділянок біля греблі, де можливе утворення льодових заторів та накопичення відмерлої водної рослинності;
- прибіжних зон з важкими шуго-льодовими та наносними умовами;
- мілководь як місць інтенсивного розвитку фітопланктону та заростання вищою водною рослинністю.

У разі вибору висотного положення водоприймача слід мати на увазі ймовірну засміченість і насичення гідробіонтами верхніх шарів води у водосховищі та засоленість глибинних шарів води [2].

### **15.2. Типи водосховищних водозаборів**

Є два принципово різних типи водозабірних споруд на водосховищах [2]:

- *позагребельні*, які розміщують поза спорудами гребельного гідровузла і застосовують за коефіцієнтів водовідбору  $K_e \geq 1$ ;
- *пригребельні*, які суміщають з боковим стояком водопідйомної греблі, шахтою у ній або баштою донного водовипуску і застосовують за коефіцієнтів водовідбору  $K_e \leq 1$  та достатньо великої амплітуди коливання рівнів води у водосховищі (понад 5-10 м).

**Позагребельні** водозабори забезпечують забирання води кращої якості, споруджують їх незалежно від гідровузла, тому застосовуються частіше за пригребельні. Типи позагребельних водозабірних споруд на водосховищах принципово не відрізняються від річкових. Можуть бути використані берегові, руслові, змішані, ковшові, інфільтраційні, острівні схеми водозаборів. За незначного спрацьовування рівня води у водосховищах (до 3-5 м), достатні для розміщення позагребельних водоприймачів глибини можуть бути у середній і навіть у верхній частині акваторії джерела [2].

У проєктуванні позагребельних водозаборів треба брати до уваги зміну рівнів води, переформування берегів, замулення і заростання водосховищ, мілководдя, коливання каламутності, засолення, цвітіння, хвилювання під час штормів, циркуляцію води, нестійкість осінньо-зимових термічних режимів, неодноразове формування льодоставу. В

складних умовах доцільно використовувати інфільтраційні та руслові водозабори [5].

Для потреб водопостачання з водосховищ намагаються забирати воду найкращої якості. При цьому достатньо чиста вода, як правило, знаходиться на значних відстанях від берега й на великих глибинах. Часто в таких випадках проєктують руслові водозабори із затопленими розтрубними оголовками, однак іноді використовують й незатоплювані оголовки, які називають крибами (рис. 15.1) [12].

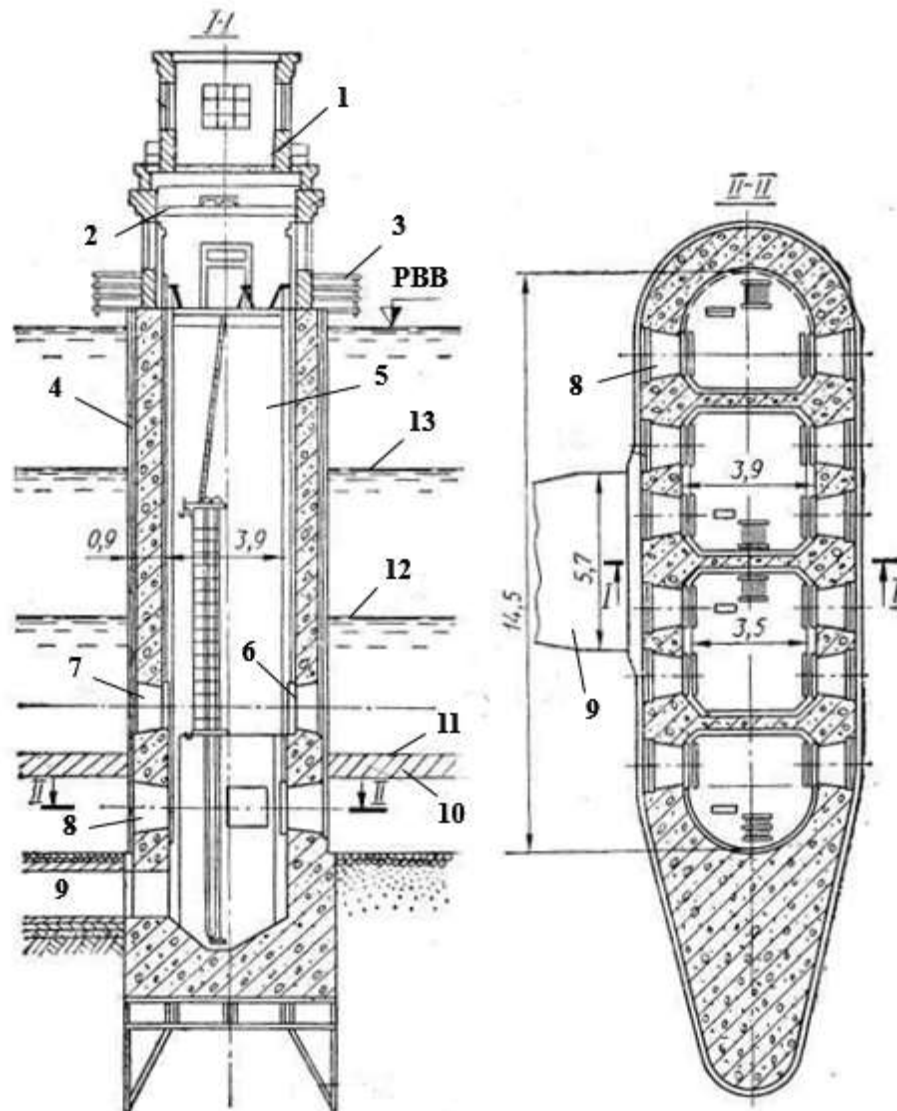


Рис. 15.1. Незатоплюваний оголовок руслового водозабору (криб):  
 1 – службовий павільйон; 2 – кран; 3 – балкон; 4 – напрямні швелери;  
 5 – шахта; 6 – шибери; 7 – верхні входні вікна з сітками; 8 – нижні входні вікна з сітками; 9 – залізобетонна самопливна галерея відведення води до берегового колодязя; 10 – лід; 11 – найнижчий горизонт льодоставу; 12 – найнижчий горизонт льодоходу; 13 – високий горизонт льодоходу

Вода в криби надходить крізь вхідні вікна з грубими сітками, розміщеними кількома ярусами по периметру споруди. До берегового колодязя вода прямує від криба самопливними трубами або тунелями під дном річки. Такі водоприймачі є надійними в експлуатації, але дуже дорогими у будівництві. Велика довжина самопливних ліній і забір води з великої глибини потребують значного заглиблення водоприймально-сіткового колодязя [12].

На великих водосховищах і озерах оголовок може бути влаштований у затоні (штучному або природному).

Для водозаборів середньої і великої продуктивності й у важких шуго-льодових умовах можливим є використання водозаборів острівного типу, в яких водоприймачі та насосна станція розміщені в одній залізобетонній круглій споруді в акваторії водосховища поза прибіжною зоною. Вони є своєрідним різновидом криба. Водоприймальну частину такого водозабору виконують у вигляді кільцевого простору навколо розміщеної в центральній частині насосної станції. Водоприймальні вікна розміщують двома ярусами по всьому периметру споруди. Це дає можливість звести вхідні швидкості води до мінімуму. Напірні лінії від насосів у таких водозаборах йдуть спочатку по мосту-галереї, а на мілководді можуть проходити й під дном водосховища [5].

Для позагребельного забору води з водосховищ можна також використовувати і схеми водозабірних споруд берегового типу, але в такому разі для забору води кращої якості на дні водосховища влаштовують водопровідний канал, обкладений залізобетонними плитами, який веде до берегового колодязя й бере свій початок у зоні з більш якісною водою [5].

**Пригребельні** варіанти водосховищних водозаборів дають змогу виконувати промивання намулів, що відклалися біля водоприймачів, пропускаючи воду через греблі.

За напору на греблю  $H < 10$  м, коли поріг водозливної греблі знаходиться на позначках, близьких до рівня мертвого об'єму (РМО), найбільш економічним варіантом для застосування є суміщення водоприймача та насосної станції (НС-І) зі стояном греблі. За більшого напору таке суміщення є небажаним через складність маневрування затворами та сітками [2].

У високонапірних водосховищах, обладнаних баштами донних водовипусків, водозабори доцільно компонувати з цими баштами.

Під час будівництва земляних гребель або гребель з кам'яним накидом башти донного водовипуску споруджують окремо від греблі і з'єднують мостом з її гребенем (рис. 15.2). У передній стінці башти на різній висоті розміщують водоприймальні отвори, які перекривають решітками і відокремлюють від самопливних труб засувками. Насосну станцію I-го підняття розміщують в нижньому б'єфі водосховища. Це дає можливість зменшити вартість водозабору, влаштувати легкий доступ до водоприймальних вікон у будь-які періоди року, а достатні глибини дають змогу створити умови для приймання води з найменш забруднених прохолодних горизонтів [2; 5].

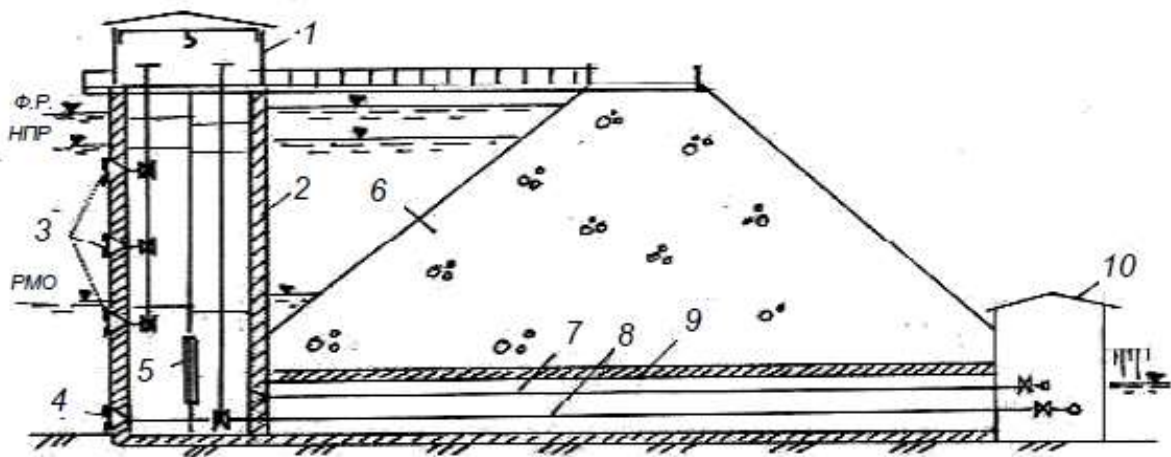


Рис. 15.2. Суміщення пригребельного водозабору з баштою донного водовипуску: 1 – службовий павільйон; 2 – башта донного водовипуску; 3 – водоприймальні вікна з решітками; 4 – вікно донного водовипуску; 5 – знімні сітки; 6 – гребля; 7 – самопливна лінія; 8 – труба донного водовипуску; 9 – тунель; 10 – споруди в нижньому б'єфі (колодязь для гасіння енергії, камера перемикання, НС-I)

У випадку, коли, створюючи водосховище, планують спорудження високонапірної бетонної греблі, пригребельний водозабір може бути скомпонований безпосередньо у шахті самої греблі (рис. 15.3) [2].

Для потреб сільськогосподарського водопостачання доволі часто використовують невеликі наливні водойми або водойми, що перекривають невеликі річки. Пригребельний водозабір у такому разі забирає воду на відстані 15-20 м від греблі. Обладнують його підйомним механізмом (рис. 15.4), що дає змогу регулювати висоту розміщення водоприймального отвору з метою забору води найвищої якості. Завдяки шарнірному з'єднанню досягають рухливості всмоктувальної лінії насоса [5].

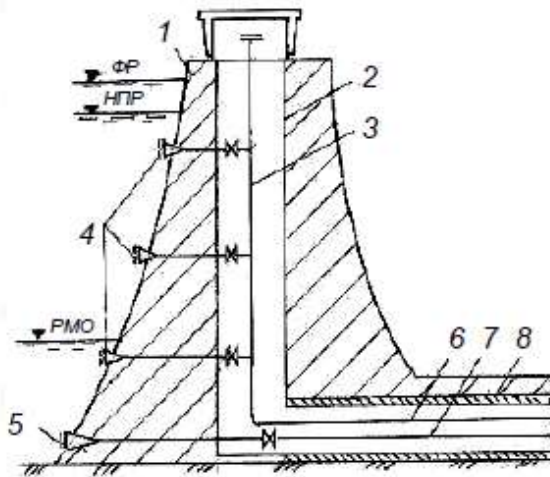


Рис. 15.3. Компонування пригребельного водозабору в шахті високонапірної бетонної греблі: 1 – гребля; 2 – шахта; 3 – вертикальний стояк-водовід; 4 – водоприймальні вікна з решітками; 5 – вікно донного водовипуску; 6 – водовід до споруд у нижній б'єф; 7 – труба донного водовипуску, по якій відводять у нижній б'єф мінералізовану воду нижніх шарів водосховища; 8 – тунель

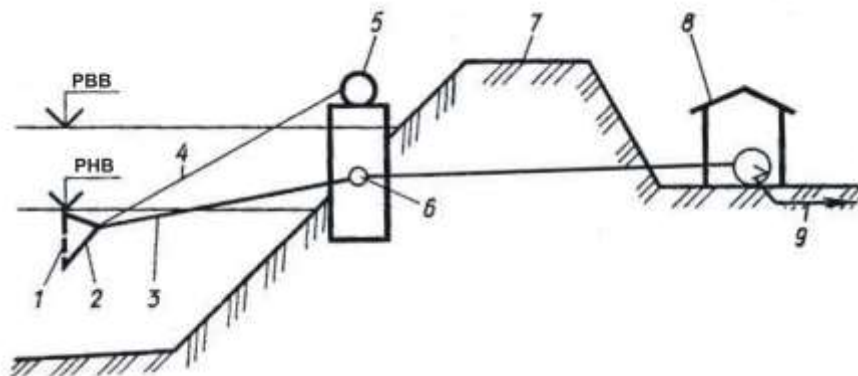


Рис. 15.4. Пригребельний водозабір для потреб сільгоспводопостачання: 1 – сміттєзатримувальна решітка; 2 – розтруб; 3 – всмоктувальна лінія; 4 – трос; 5 – підйомний механізм; 6 – шарнірне з'єднання; 7 – гребля; 8 – насосна станція; 9 – напірна лінія

Зважаючи на топографічні умови влаштування пригребельних водозаборів, водоочисні споруди можна розміщувати нижче водосховища, тоді відпадає потреба у насосах I-го підняття, оскільки вода на споруди надходить самопливом.

За щільної основи і невисокої греблі можна використовувати пригребельний водозабір берегового типу, скомпонований зі стояком водопідйомної греблі, що прилягає до нього або належить до його конструкції [5].

### 15.3. Озерні водозабори

З метою забору води найкращої якості з озер зазвичай використовують руслові водозабори. На великих і глибоких озерах використовують заглиблений оголовок-розтруб, розміщуючи його на глибині 20 м і більше таким чином, щоб водоприймальний отвір був на висоті 10 м і більше від дна. Це дає можливість забирати воду високої якості і майже однакової температури (5-8 °С) протягом року. Водоприймальний отвір може бути розташований як у вертикальній, так і в горизонтальній площині [5].

На великих і неглибоких озерах оголовки можуть бути розміщені на значній відстані від берега. Вони повинні бути захищеними і приймати воду зверху. В деяких випадках використовують незатоплювані оголовки (криби), такі самі, як на водосховищах.

На великих озерах можливим є використання незахищених оголовоків тарілчастого типу, що складаються з двох-трьох вертикальних стовпів з оголовками-розтрубами, перекритих горизонтальними решітками [5].

На озерах і водосховищах з температурною стратифікацією, тобто шаруватістю, слід використовувати селективні водозабори (рис. 15.5), що дають змогу регулювати висоту влаштування водоприймального вікна, забезпечуючи забирання холодної і чистої води влітку та більш теплої у зимовий період. У виборі висотного положення водоприймача слід мати на увазі можливу засміченість та насичення гідробіонтами верхніх шарів води та засоленість глибинних шарів [2].

Місце відбору води на потреби водопостачання в умовах великих озер і водосховищ потрібно обирати на підставі спеціальних досліджень і брати до уваги інтереси інших водокористувачів.

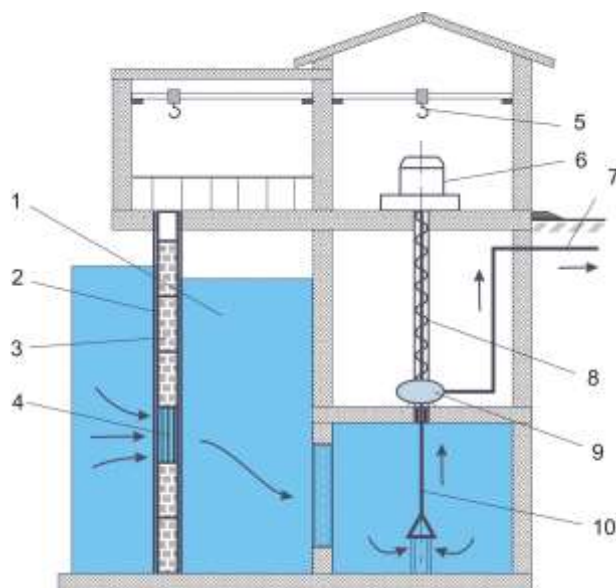


Рис. 15.5. Схема селективного водозабору:

- 1 – водоприймальна камера;
- 2 – пази; 3 – щитові затвори;
- 4 – водоприймальне вікно;
- 5 – вантажопідйомне обладнання;
- 6 – електродвигун;
- 7 – напірний водовід;
- 8 – вертикальний вал;
- 9 – вертикальний насос;
- 10 – всмоктувальна труба

## ***Запитання для самоконтролю***

1. Що належить до специфічних особливостей водосховищ?
2. Які фактори слід мати на увазі, влаштовуючи водозабори на водосховищах?
3. Як змінюється величина каламутності води у водосховищі в міру віддалення від верхів'я та від прибійної зони?
4. Від чого залежать фізичні, хімічні та бактеріологічні показники якості води у водосховищах?
5. Чим пояснюється висока кольоровість води з водосховищ?
6. У чому особливості формування льодового покриву на водосховищах?
7. Що спричиняє найважчі шуго-льодові умови на водосховищах?
8. Яких ділянок слід уникати, обираючи місце відбору води з водосховища?
9. Назвіть умови застосування позагребельних водозаборів з водосховищ. Яких типів вони бувають?
10. Що таке криби? З яких елементів вони складаються?
11. У чому особливості пригребельних водосховищних водозаборів? Назвіть їх типи.
12. Вкажіть принцип влаштування водозаборів на озерах. Де розміщують водоприймальні отвори?
13. Що таке селективний водозабір? Які функції він виконує?

## **Тема 16. ВОДОЗАБОРИ В УСКЛАДНЕНИХ І СПЕЦИФІЧНИХ УМОВАХ**

### ***16.1. Водозабірні споруди на каналах та річках з недостатніми глибинами***

Проектуючи водозабори для систем централізованого водопостачання на річках з недостатніми глибинами, розглядають техніко-економічні показники та санітарні умови застосування різних технологічних схем.

Якщо дно річки складено ґрунтом з достатньо високими фільтраційними властивостями, то в умовах малих глибин можуть бути застосовані інфільтраційні підруслові водозабори [2].

За невеликого дефіциту глибин у технологічних схемах руслових водозаборів використовують водоприймальні оголовки малої висоти,

наприклад, трубчастий розтрубний, бетонний напівзаглиблений в дно річки тощо.

У разі використання берегових водозаборів доцільними є заходи для місцевого незначного підняття рівня води, а саме спорудження напівзагат або струменеспрямовувальних дамб (рис. 16.1), які сприяють стисненню річкового потоку біля водоприймальних вікон водозабору та збільшують швидкість течії і місцевий розмив дна. Напівзагати та дамби можуть бути земляними, кам'янонакидними, пальовими, фашинними тощо. Для запобігання розмиванню берега у разі збільшення швидкостей біля водозабору треба укріпити берег бетонними плитами або кам'яним мощенням [2].

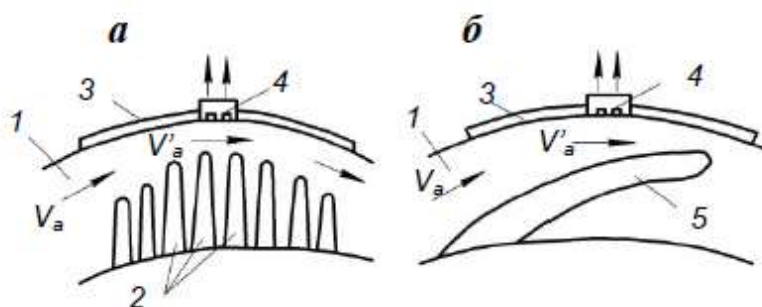


Рис. 16.1. Використання напівзагат (а) та струменеспрямовувальної дамби (б) для місцевого підвищення рівня води біля берегового водозабору:

- 1 – русло річки; 2 – напівзагати; 3 – берегове укріплення; 4 – водоприймач;  
5 – струменеспрямовувальна дамба

За більшого дефіциту глибин у деяких випадках проектують ківшові водозабори або вдаються до місцевого днозаглиблення, відриваючи прорізи, тобто підводні канали, у дні навколо водоприймача (рис. 16.2). Для підтримання глибин у прорізах біля водоприймачів можливе встановлення спеціальних струменеспрямовувальних пристроїв, які утворюють у річковому потоці поперечну циркуляцію, що сприяє транзитному руху намулів або відведенню їх в бік від водоприймача. Такими пристроями є донні напрямні облаштування, які захищають водоприймач від донних намулів, або плавуча поверхнева спрямовувальна система у вигляді ряду щитів-понтонів, скріплених один з одним [2].

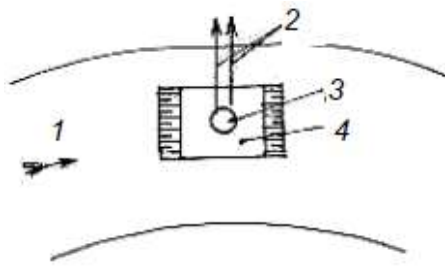


Рис. 16.2. Використання прорізи для збільшення глибини біля водоприймача:  
 1 – русло річки; 2 – самопливні або сифонні лінії; 3 – водоприймальний оголовок; 4 – поздовжня прорізь

За потреби в підвищенні рівня води в місці водозабору, де спостерігаються великі похили води в річці та значна кількість намулів, для поліпшення умов підняття води можуть бути використані шпорові водозабори (рис. 16.3). Для них характерним елементом є споруджувана водозахоплювальна шпора, яка являє собою висунуту у русло річки дамбу. Застосування таких водозаборів зазвичай пов'язане з річками, що характеризуються нестійким руслом. Влаштування водозахоплювальної шпори утворює деякий підпір у річковому потоці, а це дає змогу збільшити витрати води, яка надходить у канал, та сприяє зменшенню кількості донних намулів. Шпори споруджують з місцевих будівельних матеріалів – хмизу, кам'яного накиду тощо.

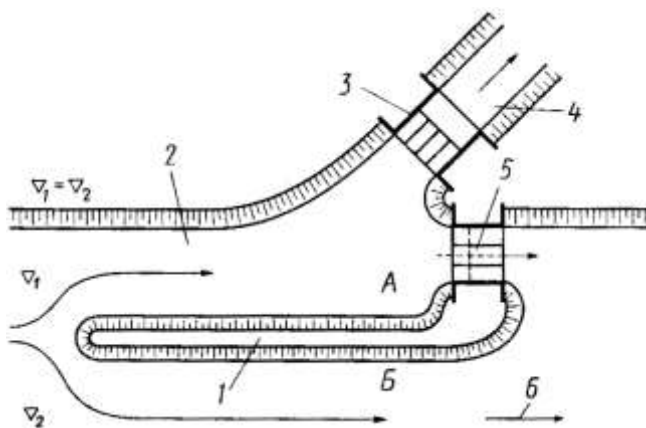


Рис. 16.3. Шпоровий водозабір:  
 1 – шпора;  
 2 – карман;  
 3 – головний шлюз;  
 4 – канал;  
 5 – промивний шлюз;  
 6 – річка

### 16.2. Ківшові водозабірні споруди

Ковші на джерелах водопостачання влаштовують шляхом копання ями з врізанням у берег, створення штучного водоймища-копані або будівництва відокремлювальних дамб (рис. 16.4) [2].

Основне призначення ковшів під час забору води з відкритих джерел полягає в такому [5]:

- протидія з шуго-льодовими ускладненнями та намулами;

- поліпшення умов забору води з джерел з обмеженими витратами і малими глибинами у межінь;
- забезпечення забору 40-60 % мінімальних витрат води річки.

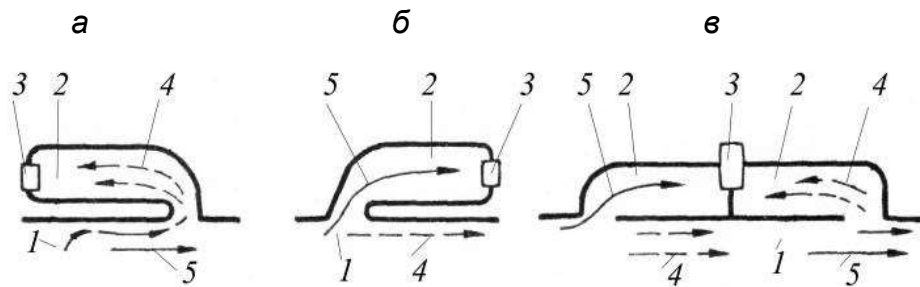


Рис. 16.4. Водозабірні ковші:

а – з низовим входом; б – з верховим входом; в – з двобічним входом;  
 1 – річка; 2 – ківш; 3 – береговий водозабір; 4 – низові донні течії;  
 5 – поверхневі течії

Залежно від завдань і характеру підведення води ковші бувають з верховим живленням для затримування намулів; з низовим живленням для затримування шуги; двобічного підведення води для затримування залежно від періоду року шуги або намулів (рис. 16.4).

Береговий водозабір, частіше суміщеного компонування, перед яким влаштовують ківш, називають ківшовим. У ковші вода відстоюється, внутрішньоводний лід спливає на поверхню, а крупні фракції намулів осідають. За недостатньої глибини води в річці ковші роблять більшої глибини, що дає змогу забирати воду навіть у межінь [5].

Ківшові водозабори, як і пригребельні, належать до *активних* водозаборів, які незначно змінюють побутовий режим річкового потоку і не призводять до порушення водовикористання. Головним чином, ківшові водозабори використовують для боротьби з шуго-льодовими явищами за великої і середньої продуктивності водозабору (частіше  $Q > 10 \text{ м}^3/\text{с}$ ). Влаштування ковшів покращує умови підведення води з русла до водоприймальної споруди та забезпечує часткове прояснення води. Особливо ефективним є використання ковшів для забору води з каламутністю понад  $1000 \text{ мг/дм}^3$  за наявності твердих часток з гідравлічною крупністю понад  $0,05 \text{ м/с}$  [2].

Затримання шуги і наносів у ковші відбувається завдяки тому, що в ньому швидкість руху води у кілька разів менша, ніж у річці в період шугоходу або під час повені. Акваторія водоприймальних ковшів повинна мати довжину і швидкість течії, за яких відбувається осідання завислих речовин або спливання до поверхні кристалів льодяної зависі і замерзання їх до льодяного покриву, що утворюється раніше, ніж у річці.

На річках з особливо важкими шуго-льодовими умовами на ківшових водозаборах потрібно застосовувати додаткові заходи для

боротьби з шугою, наприклад, обігрівання решіток або скидання на вході в ківш теплої води [2].

Для розміщення водоприймальних ковшів слід обирати плеси малої кривизни з  $R \geq (4-5)B$  ( $B$  – ширина ковша) і великої довжини. Місце водозабору повинно бути у межах третьої чверті довжини плеса, рахуючи вниз за течією. За наявності на ділянці річки потоків (на річках малих і середніх за водністю) ковші краще розміщувати нижче від місця злиття потоків або в протоці із забезпеченим мінімальним стоком. На великих річках з інтенсивним шугозаторним режимом бажано використовувати обхідні протоки [2].

Залежно від місцевих умов ковші бувають різних типів – заглиблені у берег русла річки, частково або повністю висунуті в русло, самопромивні із самопромивним входом води тощо. Стосовно рівнів води ковші проєктують із затоплюваними або незатоплюваними дамбами (рис. 16.5).

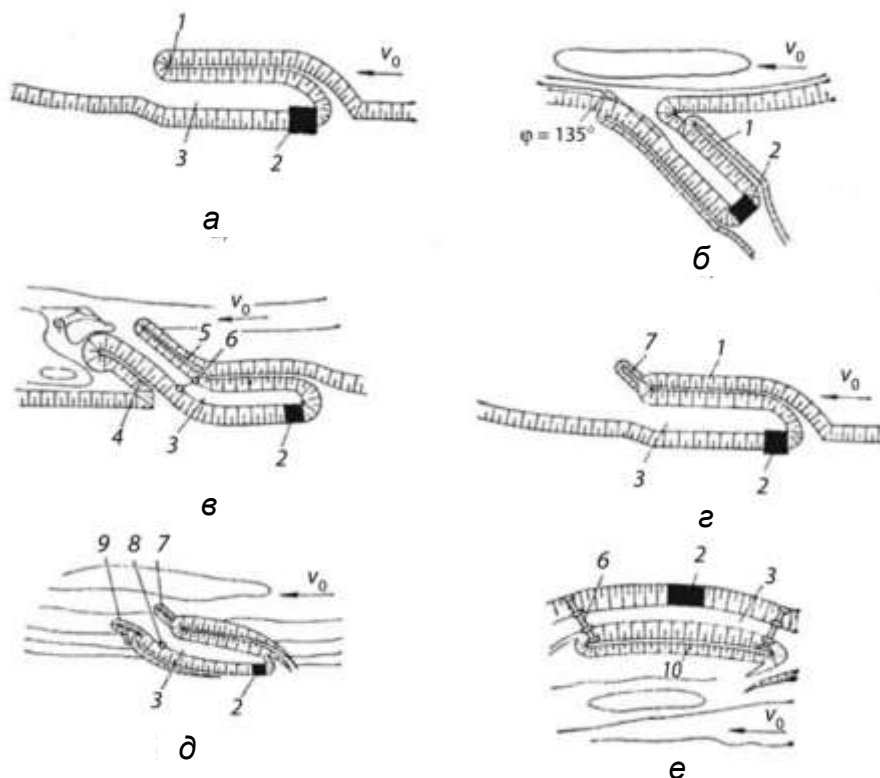


Рис. 16.5. Типи водоприймальних ковшів:

а – частково або повністю висунутий у русло річки; б – повністю заглиблений у берег; в – частково заглиблений у берег із затоплюваною і незатоплюваною дамбами; г – з верховою шпорою; д – з верховою та низовою шпорами; е – з двобічним входом; 1 – дамба; 2 – водозабірні споруди; 3 – ківш; 4 – низова незатоплювана дамба; 5 – верхова затоплювана дамба; 6 – регулятори (пристрої для регулювання подавання води і затримання сміття); 7 – верхова шпора; 8 – бортова струменеспрямовувальна стінка; 9 – низова шпора; 10 – річкова незатоплювана дамба

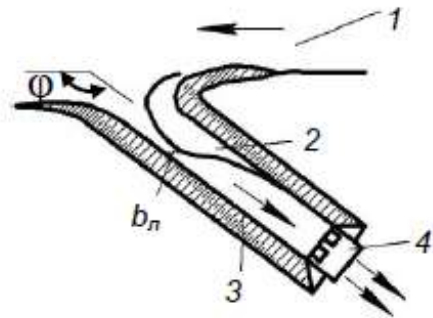
У виборі типу ковша слід брати до уваги [5]:

- найменше стиснення потоку і незначну зміну його гідравлічного режиму;
- дотримання сприятливих умов на вході в ківш;
- забезпечення транзиту шуго-льодових мас і намулів.

Найбільше стискають потік ковші, які частково або повністю висунуті у русло, тому їх використовують на рівних або слабковигнутих берегах. У разі розміщення ковша на увігнутих ділянках річки його, навпаки, заглиблюють у берег.

На річках з невеликою інтенсивністю шуго-льодових явищ, русла яких вигнуті або складені слабкими і дрібнозернистими ґрунтами, застосовують заглиблені в берег водоприймальні ковші з низовим входом і кутом відведення  $\varphi = 135-150^\circ$  (рис. 16.6), які не стискають русло річки і не порушують гідравлічного режиму в ній [2].

Рис. 16.6. Заглиблений у берег водоприймальний ківш з низовим входом:  
1 – русло річки; 2 – коловоротна зона;  
3 – транзитний струмінь; 4 – водоприймач;  
 $b_n$  – ширина початкової ділянки транзитного струменя



На вході в ківш з низовим прийманням води завжди виникає коловорот, який погіршує умови роботи ковша і може викликати навіть шугозатор біля входу в нього. Компонуючи споруди ковша, слід внутрішнім поверхням надавати обрисів, які сприяють зменшенню довжини і ширини коловороту та збільшенню ширини транзитного струменя в ковші [2].

Якщо допускається стиснення русла дамбами на річках із шугозаторами та важким льодоходом, то застосовують водоприймальні ковші, що частково або повністю висунуті в русло з незатоплюваними під час повені дамбами. На річках, які не допускають стиснення русла в період повені, верхову дамбу ковша влаштовують затоплюваною під час повені [2].

Для зменшення експлуатаційних витрат, пов'язаних з потребою в очищенні дна ковша від намулів, застосовують водоприймальні ковші з самопромивним входом (рис. 16.7). Під час забору води у ківш з каламутних річок переважна частина наносів осідає в його початковій ділянці. Під час повені, коли рівень води в річці піднімається і вода перетікає через гребінь затоплюваної дамби, потік води відбивається

від тіла низової дамби і утворює коловорот, яким намули виносяться в зону транзитної течії в річці. Відмітку гребеня дамби беруть не нижчою за відмітку середнього рівня води під час шугоходу. На річках з рівнями води під час шугоходу вищими, ніж під час повені, такі ковші не використовують [2].

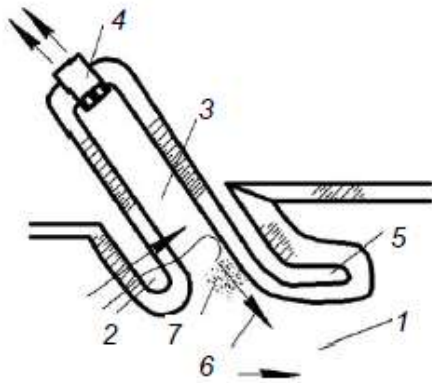


Рис. 16.7. Частково висунутий у русло ківш з самопромивним входом:

- 1 – русло річки;
- 2 – верхова затоплювана у повінь дамба;
- 3 – акваторія ковша; 4 – водоприймач;
- 5 – низова незатоплювана дамба;
- 6 – траєкторія току води, що під час повені промиває вхід у ківш;
- 7 – намули, що осіли біля входу у ківш

Дамби такого ковша відсипають з ґрунту, вийнятого під час влаштування виїмкової частини ковша. Гребінь верхової затоплюваної дамби, а також внутрішній укіс низової дамби захищають блоковими залізобетонними плитами й укріплюють залізничними рейками, укладеними що 1,5 м.

Безперешкодного просування шуго-льодових мас та наносів вздовж ковшів досягають, розчищаючи русло вище й нижче за течією або за допомогою руслових прорізів, які збільшують глибину і транспортувальну можливість потоку [5].

Водоприймальні ковші мають високу вартість, тому їх застосовують переважно на водозаборах високої продуктивності у разі потреби боротьби з переохолодженням води в передльодоставний період, для відстоювання льодової зависі і захисту водозбору від плавучої шуги. В інших випадках ковші використовують за наявності відповідного техніко-економічного обґрунтування. Якщо жоден з варіантів ківшового водозбору не гарантує забирання розрахункової кількості води з річки, то треба проєктувати регулювання стоку спорудженням водопідйомної греблі у водозабірному вузлі [5].

### 16.3. Розрахунки ковшів

Гідравлічними розрахунками ковшів визначають граничний водовідбір в них, основні їх розміри (довжину  $L$ , ширину по дну  $B_d$ ), позначку дна  $Z_{d.k.}$ , ширину початкової ділянки транзитного струменя  $b_n$  (рис. 16.6; 16.8).

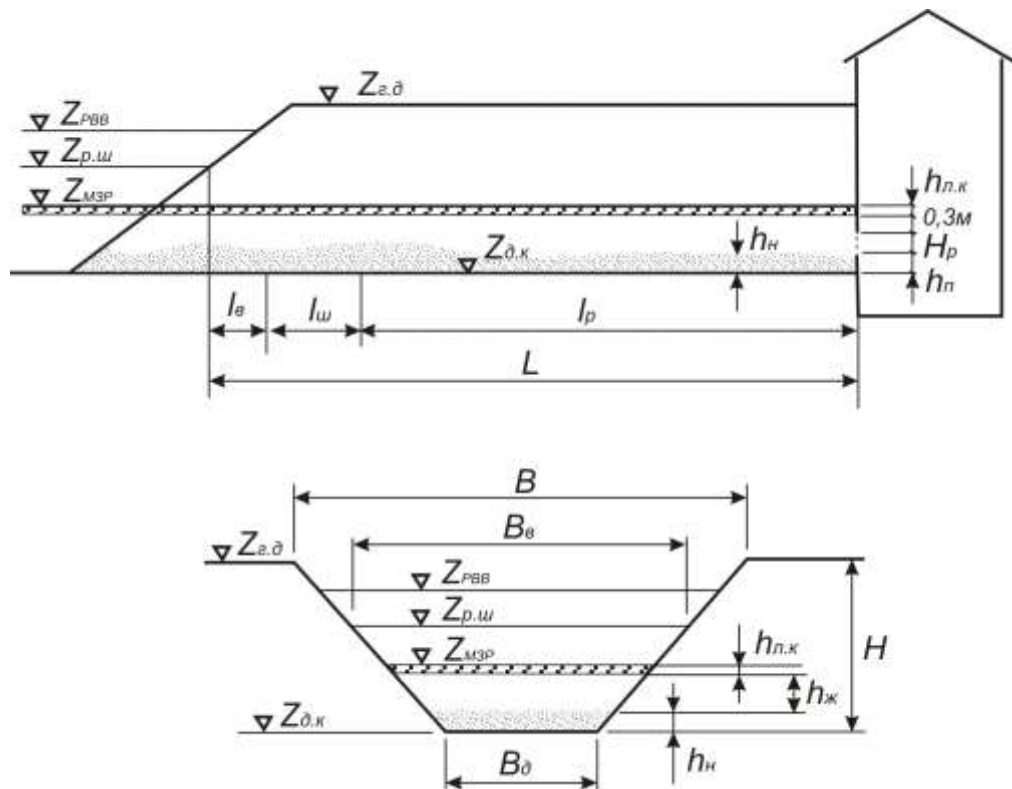


Рис. 16.8. Схема до розрахунку водоприймального ковша

Граничний відбір води у ківш  $Q_{\epsilon}$  за розміщення його дна на 1-2 м нижче від дна річки може становити 50-60% мінімальної витрати в річці ( $Q_{\epsilon} = (0,5-0,6) Q_{p.min}$ ). Але в період шугоходу (за рівня 25% забезпеченості) цей відбір знижується і визначається за формулою [2]

$$\frac{Q_{\epsilon}}{Q_{p.ш}} = 1 - 4 \frac{Q_{ш}}{Q_{p.ш}}, \quad (16.1)$$

де  $Q_{p.ш}$  – витрати води в річці в період шугоходу;  $Q_{ш}$  – витрати шуги.

Позначку дна ковша, м, встановлюють (рис. 16.8), виходячи з умови досягнення необхідної глибини в ковші перед водоприймальним вікном під час замерзання річки (МЗР) [2]

$$Z_{д.к} = Z_{MЗP} - h_{л.к} - 0,3 - H_p - h_n, \quad (16.2)$$

де  $h_{л.к}$  – розрахункова товщина льодового покриву в ковші, м ( $h_{л.к} \approx 1,3 h_n$ , де  $h_n$  – розрахункова товщина льодового покриву в річці, м);  $H_p$  – висота водоприймального вікна, перекритого решіткою, м;  $h_n$  – висота порога вікна, ( $h_n = 0,4-0,5$  м).

Ширину ковша по дну, м, визначають за формулою [2]

$$B_{д} = \frac{Q_{\epsilon}}{h_{ж} v_k} - m(2h_n + h_{ж}) = \frac{Q_{\epsilon}}{(Z_{p.ш} - Z_{д.к} - h_{л.к} - h_n) v_k} - m(2h_n + Z_{p.ш} - Z_{д.к} - h_{л.к} - h_n) \quad (16.3)$$

де  $h_{ж}$  – глибина води між льодовим покривом і відкладенням намулів на дні;  $Z_{p.ш}$  – позначка шугоходу, м;  $h_n$  – товщина шару намулів у ковші перед його очищенням, м;  $m$  – коефіцієнт закладання укосів ковша.

Умовна середня швидкість течії в ковші  $v_k$ , м/с, залежить від ступеня шугоносності і розрахункової продуктивності водозабору. Вона становить 0,05-0,3 м/с, при цьому менше значення обирають за більш складних шуго-льодових умов і менших витрат води водозабору  $Q_в$ . Глибину води під льодовим покривом зазвичай беруть 2-2,5 м, але її можна збільшити за наявності високих водоприймальних отворів берегового водозабору ковша. Висоту шарів намулів у ковші  $h_n$  беруть 0,5-1,0 м. За обмеженої глибини води в ковші через низькі горизонти води в річці ківш заглиблюють на висоту шарів намулів. У випадку, коли глибина води в ковші лімітується малими глибинами в річці, треба збільшувати ширину  $B_д$ . Якщо виявилось, що розрахункова величина  $B_д \leq 0$ , то ширину ковша по дну призначають конструктивно у межах 5-8 м. Товщину льодового покриву у ковші беруть на 30-40 % більшою, ніж у річці [5].

Ширину ковша по урізу води під час шугоходу, м, обчислюють так [2]:

$$B_в = B_д + 2 (Z_{p.ш} - Z_{д.к}) m. \quad (16.4)$$

Ширину початкової ділянки транзитного струменя, м, визначають як

$$b_n = \frac{Q_в}{(Z_{p.ш} - Z_{д.к}) V_в}, \quad (16.5)$$

де  $V_в$  – швидкість води на вході у ківш ( $V_в \approx 0,6 V_{p.ш}$ , де  $V_{p.ш}$  – швидкість води в річці під час шугоходу), м/с.

Розрахункову довжину ковша, м, встановлюють за співвідношенням

$$L = l_в + l_ш + l_p, \quad (16.6)$$

де  $l_в$  – довжина вхідної частини ковша, що охоплюється коловоротом і заповнюється шугою ще на початку шугоходу, м, ( $l_в \approx B_в$ );  $l_ш$  – довжина ділянки інтенсивних відкладень шуги під льодовим покривом ковша за весь період шугоходу (залежно від типу ковша  $l_ш = 5-35$  м);  $l_p$  – довжина робочої частини ковша у кінці шугоходу, в межах якої спливають у транзитному струмені скупчення кристалів льоду [2]:

$$l_p = 28,7 \left( \sqrt{b_n^2 + \frac{0,105}{u} Q_в} - b_n \right), \quad (16.7)$$

де  $u$  – розрахункова гідравлічна крупність шуги (0,15-0,02 м/с).

Режим водообміну заишається за відбору у ковші [5]:

- заглибленого в берег  $Q_e \leq 0,046 B \cdot H \cdot V_a$ ;
- висунутого в русло  $Q_e = 0,137 B_k \cdot H \cdot V_a$ ,

де  $B$  – ширина ковша по верху, м;  $B_k$  – ширина водоверті за ковшем, м;  $H$  – повна глибина ковша, м;  $V_a$  – швидкість течії в річці, м/с.

Позначку гребеня незатоплюваної дамби  $Z_{г.д.}$  призначають на 0,5-1,0 м вищою за позначку рівня високих вод  $Z_{РВВ}$ . Ширину гребеня дамби беруть в межах 4-5 м [5].

Поверхня внутрішніх укосів дамб водоприймальних ковшів у підводній їх частині здебільшого не кріпиться, оскільки це заважає видаленню намулів. У більшості ковшів надводна частина укосів покрита трав'яною рослинністю. Зовнішні укоси ковша в межах дії льодоходу захищають покриттями з бетонних блоків або каміння, замоноличеним бетоном. Підводні частини укосів закривають кам'яним насипом [2;5].

### **Запитання для самоконтролю**

1. Які технологічні схеми водозаборів застосовують за недостатніх глибин води в річці?
2. Назвіть заходи для місцевого незначного підняття рівня води біля берегових водозаборів на річках з недостатніми глибинами.
3. З яких матеріалів споруджують на річках з недостатніми глибинами напівзагати та струменеспрямувальні дамби?
4. Коли доцільно влаштувати шпорові водозабори?
5. Що таке ковшовий водозабір? Як його споруджують?
6. Вкажіть, як розподіляють водозабірні ковші за місцем влаштування входу? Для роботи в яких умовах призначений кожен тип?
7. Назвіть основні функції, що виконують ковші під час забору води з відкритих джерел.
8. Завдяки чому відбувається затримання шуги і намулів у ковші?
9. Які додаткові заходи для боротьби із шугою застосовують на річках з особливо важкими шуго-льодовими умовами, влаштовуючи ківшові водозабори?
10. Опишіть основні рекомендації щодо вибору місця влаштування ківшового водозабору.
11. Як працюють водоприймальні ковші з самопромивним входом? В яких випадках їх не використовують?
12. Назвіть основний недолік ківшових водозаборів, що обмежує їх найширше застосування.
13. Як встановлюють розміри водоприймального ковша? Від чого залежить величина граничного відбору води у ківш?

## Тема 17. ОХОРОНА ПОВЕРХНЕВОГО ВОДНОГО ДЖЕРЕЛА І ВОДОЗАБОРІВ

### ***17.1. Питання екологічної безпеки під час влаштування водозаборів***

Будівництво споруд для забору води з поверхневих джерел призводить до порушення не тільки гідравлічного режиму на ділянці акваторії водного джерела, але й екологічної рівноваги, що особливо відчутно для річок, озер, водоймищ, які мають рибогосподарське значення. Забираючи воду з таких джерел, треба запобігати попаданню у водоприймачі риби. При цьому водогосподарські і рибпромислові цілі взаємопов'язані і розглядаються у двох аспектах [2]:

- *технічному*, коли запобігання попаданню риби у водоприймач потрібне для уникнення перешкод в роботі водозабірних і очисних споруд водопроводів;
- *екологічному*, коли запобігають попаданню риби (переважно рибної молоді) у водоприймач для збереження рибного поголів'я.

Від початку розвитку централізованого господарсько-питного водопостачання приблизно до 60-х років ХХ сторіччя технічний аспект рибозахисту залишався головним з ряду причин. Обсяги води, що їх відбирали в той час з великих річок окремими водозаборами, були порівняно малими і згубно на популяцію риб не впливали. Традиційні берегові й руслові водозабори, що тоді застосовували, та інженерні рішення з їх розміщення у джерелі додатково унеможлилювали масове надходження риби у водоприймачі. Захист водозаборів від попадання в них риби відбувався на сміттєзатримувальних решітках водоприймачів та водоочисних сітках водоприймально-сіткових колодязів [2].

Пізніше, коли значно збільшився відбір води з джерел на різні потреби, були споруджені потужні гідровузли, ківшові, пригребельні та інші водозабори великої продуктивності, першочергового значення набув екологічний аспект рибозахисту. У проєктуванні гідровузлів і водозаборів на водних джерелах рибогосподарського значення виникла потреба у будівництві рибопропускних, рибовідвідних та рибозахисних споруд та пристроїв, що потребувало досліджень за участі фахівців технічного профілю та іхтіологів. Встановлено, що попадання рибної молоді у водозабори зумовлюється двома явищами [2]:

- *пасивним* переміщенням мальків з водним потоком (винесення);

- *активною* реакцією зміцнілої молоді риб на течії, що виникають під час роботи водозаборів (скат).

Швидкість течії, м/с, за якої починається пасивний винос мальків, визначають з виразу [2]

$$V_k = k \cdot l, \quad (17.1)$$

де  $k$  – іхтіологічний параметр, який залежить від видового складу риби ( $k = 5-15$ );  $l$  – довжина тіла малька ( $l = 0,015-0,02$  м).

Кількість мальків риби, що виносяться або скатуються до водозабору, залежить від таких чинників [2]:

- співвідношення витрати водозабору до транзитної витрати у джерелі ( $Q_v / Q_{mp}$ );
- відстань водозабору від нерестилища;
- місце водоприймача відносно акваторії;
- видовий склад риби та період року.

У проектуванні водозаборів захист риби від попадання у водоприймач планують як з влаштуванням спеціальних рибозахисних пристроїв (далі – РЗП), так і без них. В деяких випадках захисту риби сприяє сама конструкція водозабору, наприклад, інфільтраційний водозабір. На водозаборах середньої та великої продуктивності, що забирають воду з джерел рибогосподарського значення, конструкція яких не сприяє рибозахисту, слід планувати спеціальні РЗП [2].

Потребу у встановленні РЗП на водозаборах малої продуктивності оцінюють за виразом [2]

$$\frac{V_{p.min}}{k_1} \geq V_{em} \leq V_{kp}, \quad (17.2)$$

де  $V_{p.min}$  – розрахункова мінімальна швидкість води в річці, м/с;  $V_{em}$  – швидкість втікання води у водоприймальні вікна, перекриті решітками, віднесена до їх перерізу у просвіті, м/с;  $V_{kp}$  – швидкість, за якої починається пасивне винесення мальків, м/с;  $k_1$  – іхтіологічний параметр ( $k_1 = 3-4$ ).

За дотримання цієї нерівності достатній захист риби від попадання її у водозабір можуть забезпечити встановлені на водоприймальних вікнах решітки із стержнями прямокутного перерізу, зорієнтованими під кутом  $120-135^\circ$  до напрямку течії, які на період масового скату рибної молоді рекомендується замінити сітками із дрібними вічками і регулярним гідравлічним промиванням. Для різних видів напівпрохідних та прохідних риб цей період охоплює переважно літній час [2].

У разі недотримання наведеної нерівності треба перед водоприймачами встановлювати постійні спеціальні рибозахисні пристрої. Ефективність дії прийнятого типу РЗП оцінюють коефіцієнтом рибозахисту [2]:

$$K_{зах} = \frac{N-n}{N} \cdot 100\% , \quad (17.3)$$

де  $N$  – кількість риби, що потрапляє в 100 м<sup>3</sup> води у водозабір, якщо немає РЗП;  $n$  – те саме, за наявності РЗП.

Дослідженнями, проведеними на водозаборах, що беруть воду з Дніпра та каскаду дніпровських водосховищ, встановлені коефіцієнти рибозахисту вітчизняних РЗП щодо молоді різних видів риб ( $K_{зах} = 60-100\%$ ).

## **17.2. Рибозахисні заходи і пристрої**

Конструкції водоприймальних пристроїв дуже різноманітні, але всі вони повинні бути відповідні вимогам рибозахисту. Залежно від джерела, його рибогосподарського значення і особливостей поведінки у ньому молоді риб в затоплених водоприймачах планують такі заходи [13]:

- збільшення площі водоприймальних отворів до розмірів, за яких швидкість втікання води була б в 3-4 рази меншою за швидкість потоку річки у місці влаштування водоприймача;
- огороження водоприймальних отворів на час ската молоді риб грубими фільтрами або сітчастими рибозахисними пристроями, забезпеченими надійними промивними пристроями;
- використання водоприймачів з плавучими огороженнями, якщо рибна молодь зосереджується в поверхневих шарах потоку річки.

На водоприймальних вікнах встановлюють жалюзійні решітки. За швидкості течії води у водоймі до 0,3 м/с влаштовують фільтрувальні зрубні оголовки зі знімними касетами із щебеневим, керамзитовим, полімерним завантаженням, а також керамзитобетонні касети. На пригребельних водозаборах встановлюють конусні сітки, з яких скидають сміття і молодь риби у нижній б'єф [13].

Загалом у світовій та вітчизняній практиці влаштування водозабірних та водопропускних споруд накопичено достатньо великий досвід використання заходів щодо рибозахисту та конструктивних рішень РЗП, в основу яких покладено різні принципи захисту риб і які можна угрупувати за різними ознаками. Зокрема, за характером впливу на риб РЗП, які встановлюють на водоймах рибогосподарського

значення, можна розділити на три групи: гідравлічні, фізіологічні та механічні [2].

Гідравлічні РЗП (рис. 17.1) являють собою донні або поверхневі огороження для утворення токів води, що відводять рибу із зони впливу водоприймача. До них належать системи струменепрямних щитів, жалюзі, запані (загородження) тощо [2; 13].

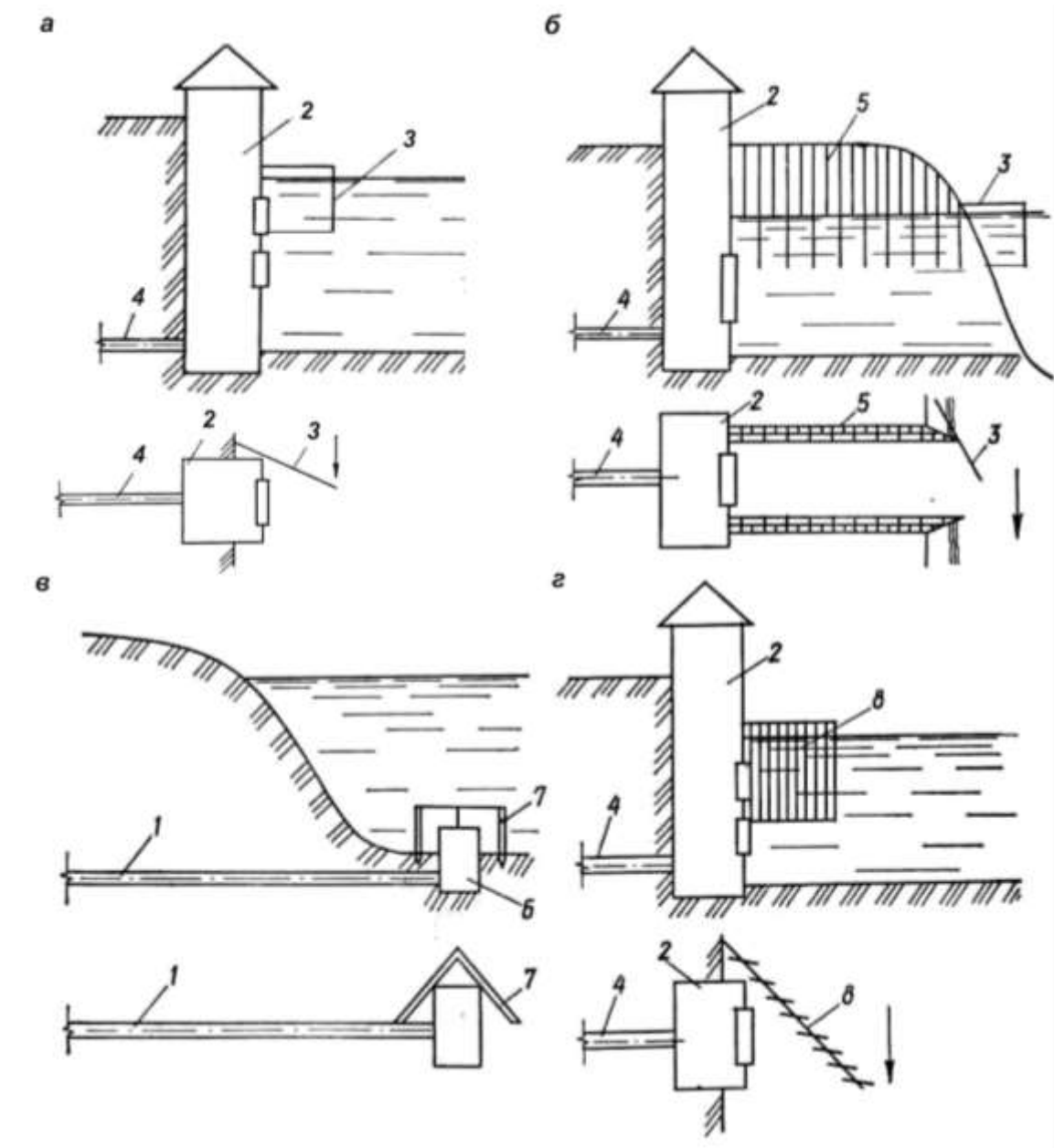


Рис. 17.1. Схеми гідравлічних рибозахисних пристроїв:

- а, б – із загородженнями; в – з відбійним козирком; г – з жалюзі;
- 1 – самопливний або сифонний водовід; 2 – водоприймальний колодязь;
- 3 – загородження; 4 – всмоктувальний або напірний водовід; 5 – підвідний канал або ківш; 6 – оголовок; 7 – відбійний козирок; 8 – жалюзі

Жалюзійні РЗП найефективніше діють в умовах порівняно вузьких підвідних каналів з рибовідводами й певними швидкісними та геометричними пропорціями. Один з варіантів таких РЗП наведено на рис. 17.2. Жалюзі являють собою пластини завширшки 7 см, поставлені з прорізами 3 см перпендикулярно до осі каналу. За влаштування жалюзійного ряду під кутом 10-20° до осі каналу біля пластин утворюється поперечна течія, достатня для знесення мальків у рибовідвід, який має ширину не менш ніж 15 см. Дорослі риби відчувають на своєму шляху до водоприймача суцільну перешкоду, повертають і плывуть вздовж неї до рибовідводу. Між сміттєзатримувальною решіткою та жалюзі повинна бути відстань, достатня для згасання турбулентного збурення потоку [2].

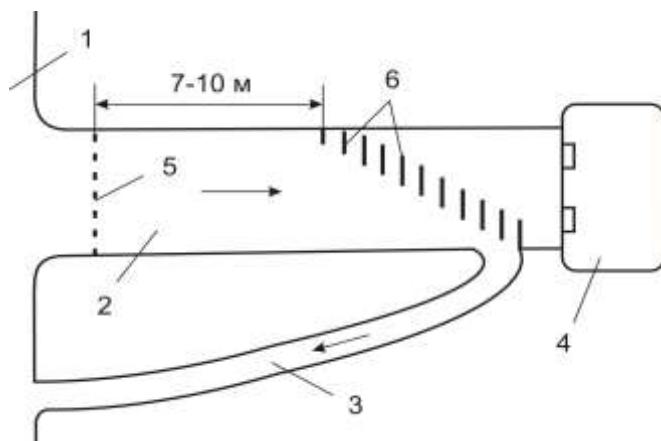


Рис. 17.2. Рибозахисний пристрій жалюзійного типу:

- 1 – водне джерело;
- 2 – підвідний канал;
- 3 – рибовідвідний канал (лоток);
- 4 – водоприймач;
- 5 – сміттєзатримувальна решітка;
- 6 – жалюзійний ряд

На водозаборах дніпровських водойм набув поширення еколого-гідравлічний РЗП парасолькового типу (рис. 17.3), що відгороджує верхні шари води з великою концентрацією рибної молоді [2].

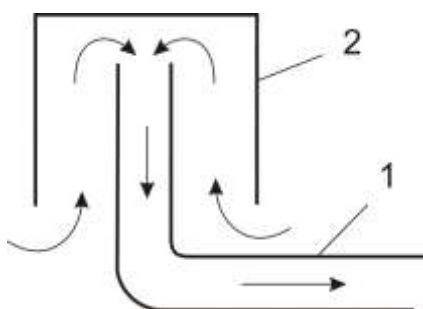


Рис. 17.3. Рибозахисний пристрій парасолькового типу:

- 1 – загнутий вгору кінець самопливної або всмоктувальної лінії;
- 2 – дерев'яний, залізобетонний або металевий циліндр (короб), закріплений на трубі

*Фізіологічні* (поведінкові) РЗП являють собою системи подразнень, які діють на різні рецептори риби і змінюють її поведінку в зоні відбирання води. До них належать системи, що утворюють електричні, звукові, світлові, повітряно-бульбашкові поля й завіси та інші подразнення, які відлякують рибу від зони забору води [2].

Приклади різних схем електричних РЗП наведено на рис. 17.4 [13].

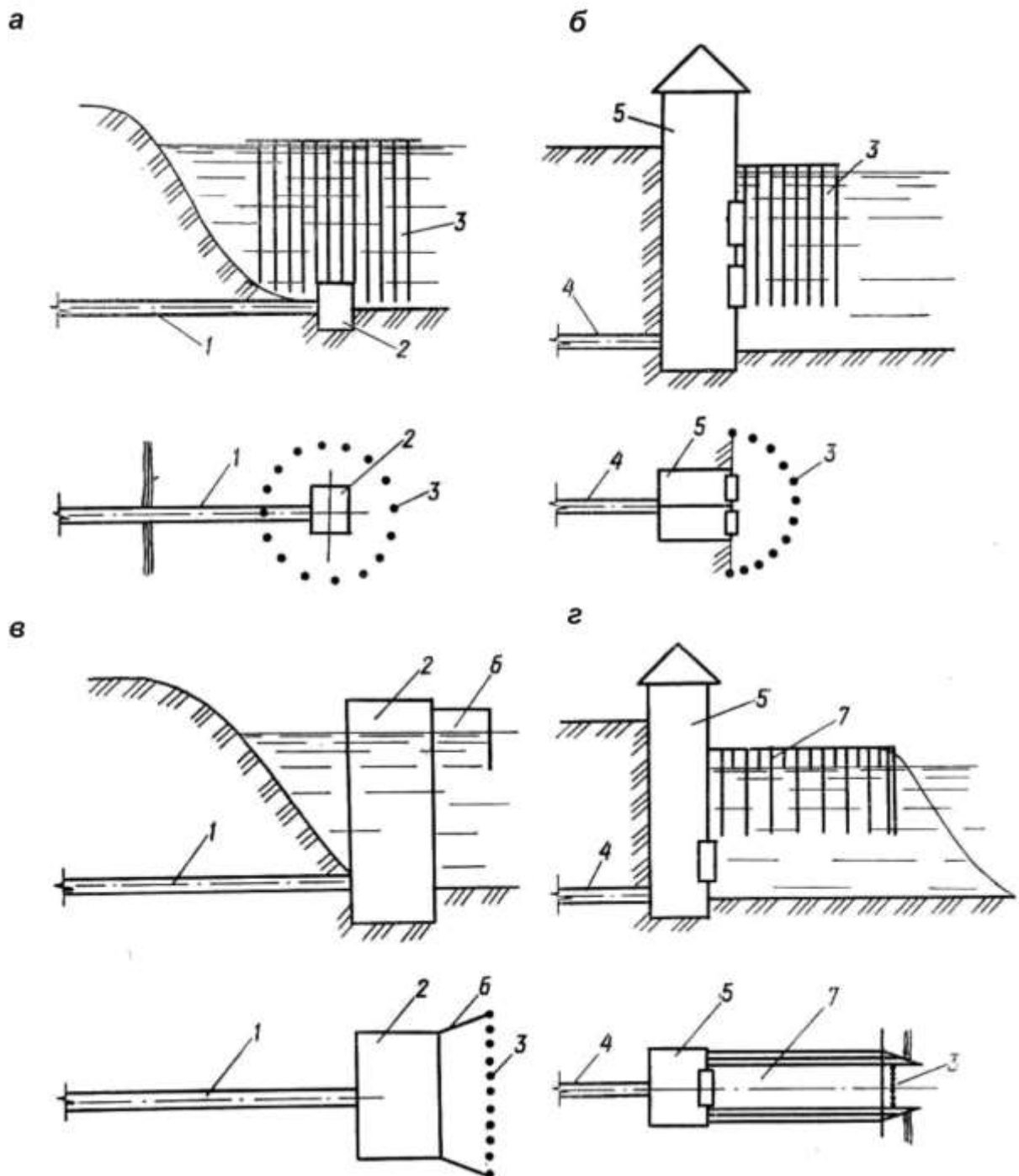


Рис. 17.4. Схеми електричних рибозахисних пристроїв:  
 а, б – відповідно з кільцевим та напівкільцевим встановленням електродів;  
 в – зі щитами та лінійним встановленням електродів; з – з лінійним  
 встановленням електродів на ковші;  
 1 – самопливний або сифонний водовід; 2 – оголовок; 3 – електроди;  
 4 – всмоктувальний або напірний водовід; 5 – береговий колодязь;  
 6 – глухі щити; 7 – підвідний канал або ківш

Електричний рибозагороджувальний пристрій (ЕРЗП) являє собою систему ізолюваних один від одного трубчастих або пластинчастих електродів, встановлених на плаву або на палях навколо берегового чи руслового водоприймача (рис. 17.5) [2].

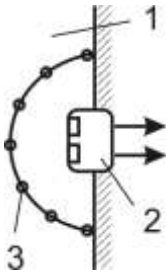


Рис. 17.5. Принципова схема електричного рибозагороджувального пристрою:  
1 – ділянка акваторії водного джерела;  
2 – водоприймач; 3 – електроди

Дія ЕРЗП основана на захисній реакції риб, які, попадаючи в електричне поле електродів, намагаються вийти в частину акваторії з меншою напругою. При цьому важливо, залишивши больовий ефект, не викликати судом плавцевих м'язів, що досягається, наприклад, подачею змінного імпульсного струму з напругою  $u = 120-220$  В, частотою імпульсів  $\omega = 4-8$  імпульсів/с за тривалості імпульсу  $t = 0,02-0,06$  с. Для запобігання проходженню риби між електродами слід обмежувати швидкість руху води в акваторії до водоприймача ( $V \leq 0,25-0,3$  м/с) [2].

Прикладом дії інших фізіологічних РЗП є повітряно-бульбашкова завіса, що утворюється внаслідок подачі стиснутого повітря в перфорований трубопровід, прокладений по дну акваторії біля водоприймача. Ерліфтні течії, що виникають при цьому, є зоровою та слуховою перешкодою на шляху дорослих риб. Пасивна рибна молодь підхоплюється ерліфтними течіями, виноситься на поверхню і потрапляє в зворотні течії, утворені дією повітряно-бульбашкової завіси [2].

Фізіологічні РЗП доцільно використовувати в умовах забору води з водойм, де масовий розвиток фітопланктону призводить до кольматації інших типів РЗП. Однак дія РЗП фізіологічного типу (як і гідравлічних РЗП) є достатньо ефективною, як правило, в сукупності з іншими рибозахисними пристроями, особливо РЗП механічного типу [2].

*Механічні* РЗП – це певні перешкоди на шляху риби у водоприймачі, до яких належать перфоровані щити, решітки і сітки різних конструкцій, водоприймальні фільтри тощо (рис. 17.6). Вони найбільш поширені на водозаборах, оскільки характеризуються ефективністю й надійністю роботи (високий коефіцієнт  $K_{зах}$ ). Крім рибозахисту, такі пристрої виконують ще й механічне очищення води [2; 13].

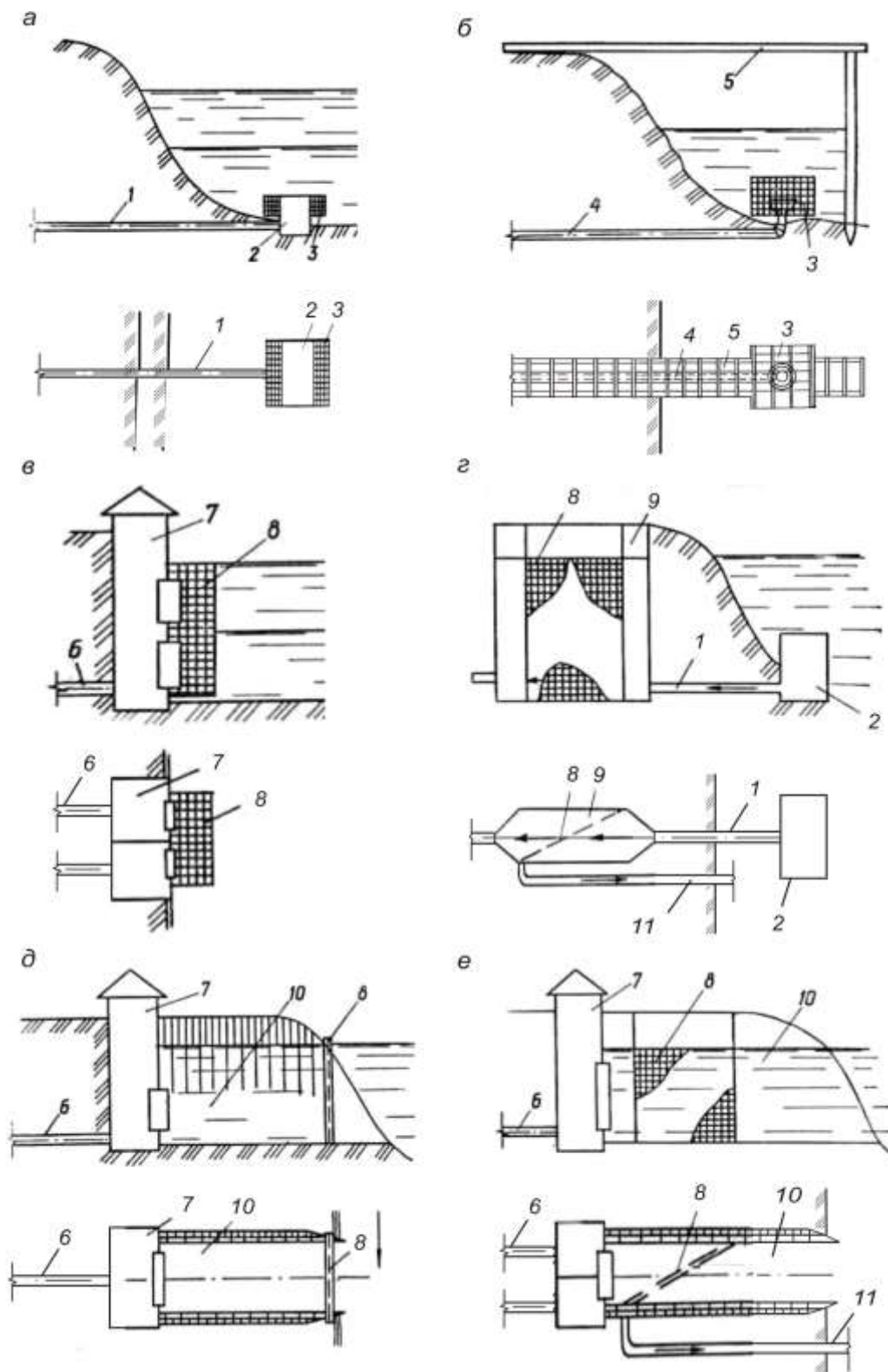


Рис. 17.6. Схеми механічних рибозахисних пристроїв:

- а, б, в – з сітчастим барабаном; г, д, е – з рибозахисною сіткою;  
 1 – самопливний або сифонний водовід; 2 – оголовок; 3 – сітчастий барабан;  
 4 – всмоктувальний трубопровід; 5 – естакада або місток; 6 – всмоктувальний  
 або напірний трубопровід; 7 – береговий колодязь; 8 – рибозахисна сітка;  
 9 – сітчаста камера; 10 – підвідний канал або ківш; 11 – рибовідвід

У важких природних умовах забору води для рибозахисту застосовують водоприймальні фільтри різних конструкцій, найчастіше – рибозахисні касети [2].

У легких природних умовах перевагу віддають сітчастим пристроям, регенерація яких простіша, ніж фільтрів з пористим матеріалом. Розмір вічок сіток визначається розміром мальків, що затримуються сіткою: сітки з розміром вічок 1 мм затримують всіх мальків, з розміром вічок 2 мм – мальків завдовжки більш ніж 15 мм, з розміром вічок 4 мм – мальків розміром понад 30 мм [2].

Екологічний аспект рибозахисту може бути задоволений тільки в разі застосування сітчастих установок з постійним промиванням сітки затопленими струменями, які допомагають пасивним малькам долати опір потоку, що проходить крізь сітку [2].

На водозаборах з великими витратами і значним (до 25 м) фронтом забору води для рибозахисту і затримання забруднень можуть бути застосовані плоскі сітки з гідравлічним промиванням, які частіше встановлюють під кутом 10-25° до напрямку течії в сіткових камерах підвідних каналів з рибовідведенням (рис. 17.7) [2].

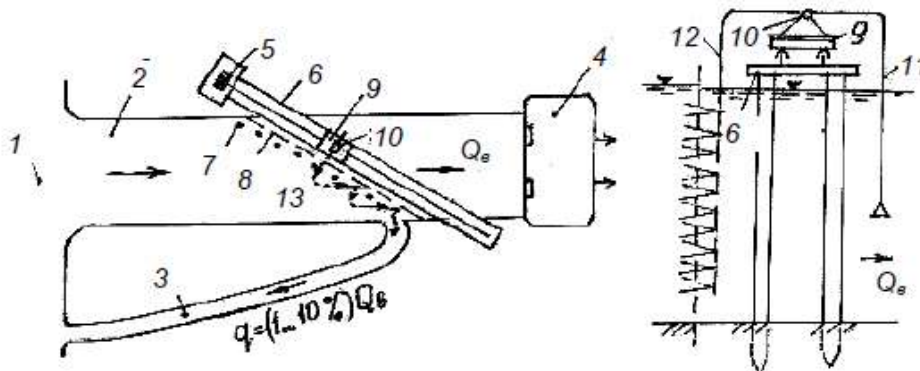


Рис. 17.7. Плоска сітка з рибовідводом:

- 1 – джерело; 2 – підвідний канал; 3 – рибовідвід; 4 – водоприймач;
- 5 – механізм приводу візка (лебідка, редуктор, електродвигун); 6 – естакада з рейковим шляхом; 7 – сміттєзатримувальна решітка; 8 – сітка; 9 – візок;
- 10 – насос з електродвигуном; 11 – всмоктувальна лінія; 12 – трубчаста промивна флейта з витратами  $q_{пр} = (2-5\%) Q_в$ ; 13 – траєкторія руху малька

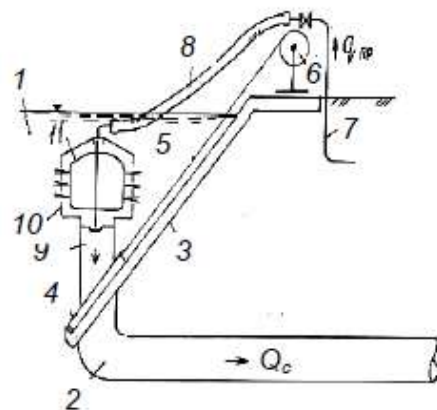
Візок здійснює по естакаді вздовж сітки почергово робочі та холості ходи. Робочий хід (у напрямку рибовідводу) на відміну від холостого характеризується малою швидкістю руху і роботою насоса, що подає воду у флейту. Струмені, що витікають з отворів у флейті, відштовхують пасивну рибну молодь від сітки. Якщо мальок потрапив до сітки на достатньо великій відстані від рибовідводу, то надійти у

рибовідвід він зможе тільки після неодноразового контакту з сіткою та промивним струменем [2].

На стаціонарних та плавучих водозаборах продуктивністю  $Q_e < 5 \text{ м}^3/\text{с}$  завдяки компактності, можливості автоматизації роботи і простоті відведення від сітки мальків й затриманих забруднень часто застосовують сітчасті барабани, численні конструкції яких відрізняються принципом обертання в потоці циліндричного корпусу або промивного пристрою. Найбільш поширеними є сітчасті барабани зі струменереактивним та електромеханічним приводом промивного пристрою (рис. 17.8) [2].

Рис. 17.8. Приймання води з каналу сітчастим струменереактивним фільтром (ССФ), встановленим на кінці всмоктувальної лінії НС-I:

1 – канал; 2 – всмоктувальна лінія НС-I;  
 3 – забетонований укіс каналу з напрямними для спуску та підняття ССФ;  
 4 – опорний фланець; 5 – трос; 6 – лебідка;  
 7 – трубопровід подавання промивної води від НС-I; 8 – гнучкий рукав; 9 – патрубок;  
 10 – ССФ; 11 – промивна рухлива флейта всередині ССФ



### **17.3. Зони санітарної охорони поверхневих джерел водопостачання**

Для санітарно-епідеміологічної надійності водного джерела в місці забору з нього води влаштовують зону санітарної охорони (далі – ЗСО) водного джерела, проєкт якої погоджують з органами місцевої влади, санітарного нагляду, охорони навколишнього середовища, водного господарства та геології. Проєктом ЗСО водного джерела повинні бути визначені розміри зони суворого режиму (I пояс), зони обмежень (II пояс), зони спостережень (III пояс), а також санітарний режим у цих зонах. Мінімальні допустимі розміри поясів ЗСО навколо водозабору з річки завширшки понад 100 м наведено на рис. 17.9 [2].

ЗСО поверхневих джерел водопостачання являють собою спеціально виділену територію, яка охоплює джерело та частково басейн його живлення. На цій території встановлюють режим, що забезпечує надійну охорону джерела водопостачання від забруднень і збереження потрібної санітарної якості води [1].

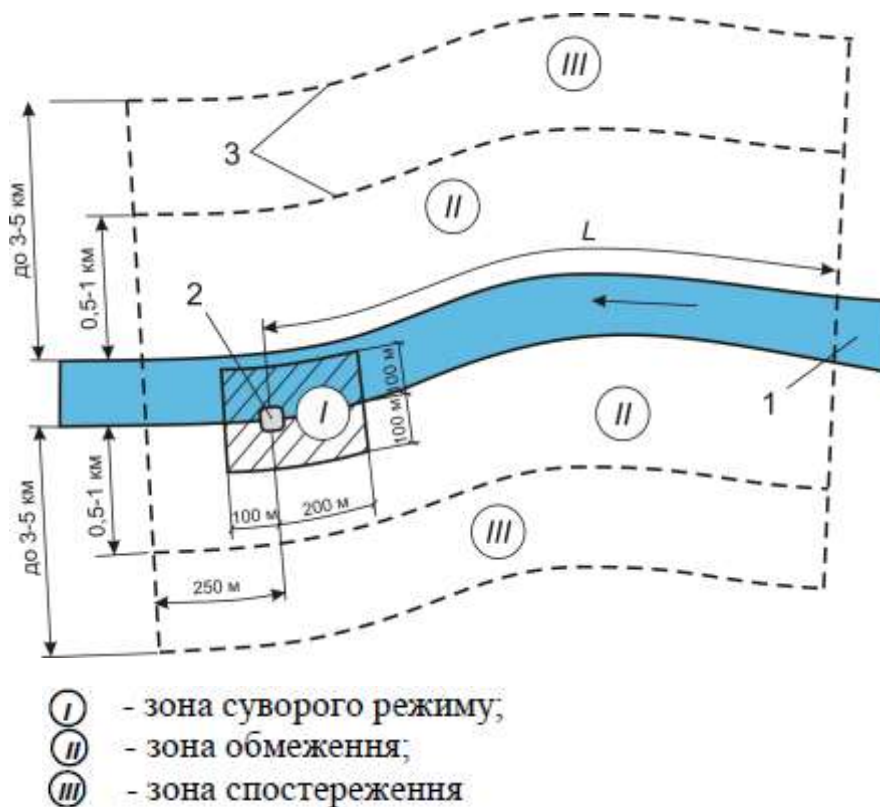


Рис. 17.9. Межі зон санітарної охорони річки навколо водозабору:  
 1 – річка; 2 – водозабір; 3 – межі поясів

Проект ЗСО належить до складу кожного проекту водопостачання, без якого він не може бути затвердженим. Його складають на основі ретельних розвідувань на місцевості, в першу чергу, санітарних і гідрогеологічних, які дозволяють з'ясувати джерело живлення наміченої до використання водойми та можливі джерела її забруднення [1].

*Перший пояс ЗСО охоплює частину водойми у місці відбирання води із неї та територію розміщення водозабірних споруд. Територія I поясу повинна бути спланована, огорожена, озеленена, а межі її акваторії позначені буями [1, 2].*

На території I поясу ЗСО забороняється [2]:

- проживання людей;
- всі види будівництва за винятком основних водопровідних споруд;
- прокладання трубопроводів за винятком тих, що обслуговують водопровідні споруди;
- купання;
- рибна ловля;
- випуск у джерело стічних вод;
- застосування отрутохімікатів і добрив;
- прання;
- водопій і випас худоби.

Будинки в межах I поясу ЗСО повинні бути каналізовані з відведенням стічних вод у найближчу систему водовідведення або на місцеві очисні споруди за межами I поясу. У разі неможливості водовідведення потрібно влаштовувати водонепроникні вигрібні споруди [2].

Вертикальне планування території виконують, маючи на увазі відведення поверхневого стоку за її межі.

Розміри I поясу становлять [5]:

*для водотоків* (річки, канали) не менш ніж вгору по течії – 200 м; вниз по течії – 100 м; по берегу, що межує з водотоками – 100 м від урізу води за літньо-осінньої межені; в напрямку до протилежного берега – вся акваторія і протилежний берег завширшки 50 м від урізу води літньо-осінньої межені за ширини річки до 100 м і смуга завширшки 100 за ширини річки понад 100 м;

*для водойм* (водосховища, озера, ковші): по акваторії у всіх напрямках – 100 м; по берегу, що межує з водозабором – не менш ніж 100 м від урізу води за нормального підпірного рівня у водоймі або літньо-осінньої межені.

*Другий пояс* ЗСО охоплює джерело водопостачання та басейн його живлення, тобто всі території та акваторії, які можуть впливати на якість води джерела, використовуюваного для водопостачання. Територію II поясу визначають в основному залежно від відповідних водорозділів. У межах цього поясу повинні бути проведені оздоровчі заходи та обмеження господарської діяльності з метою захисту джерела водопостачання від неприпустимого погіршення якості води у ньому [1].

На території II поясу ЗСО забороняється [2]:

- розміщення осередків мікробного забруднення (кладовищ, могильників худоби, полів асенізації, полів фільтрації, тваринницьких та птахівницьких підприємств тощо);
- розміщення осередків хімічного забруднення (складування та застосування добрив і отрутохімікатів, складів паливно-мастильних матеріалів, шламосховищ тощо);
- розміщення пасовищ в прибережній смузі завширшки до 300 м;
- виконання лісозаготівельних робіт.

За наявності судноплавства судна мають бути обладнані збірниками підсланевих вод, а пристані – зливними станціями та збірниками твердих відходів [2].

Розміри II поясу ЗСО повинні бути не менш ніж [5]:

для водотоків:  $L = 86,4Vt$ ,

де  $L$  – відстань вгору по течії, км;  $V$  – швидкість потоку води усередненої по ширині та довжині водотоку або на окремих його ділянках у річці в літньо-весняну межінь, м/с;  $t$  – час пробігання води, доба (для України – 3 доби);

вниз по течії – 250 м;

бічні межі – 500 м від урізу води літньо-осінньої межені за рівнинного рельєфу, а за гористого – до вершини першого схилу або не більш ніж 750 м у разі пологого схилу і 1000 м – крутого;

для водойми:

бічні – такі самі, як для водотоку;

по акваторії у всіх напрямках на відстані 3 км за інтенсивності вітрів до 10 % у бік водозабору і 5 км за інтенсивності вітрів понад 10%.

Режим на території II та III поясів ЗСО повинен відображати умови попадання мікробних та хімічних забруднень у водне джерело. На цій території потрібно забезпечити благоустрій населених пунктів і підприємств, регулювання промислового та цивільного будівництва. Ступінь очищення всіх стічних вод, скинутих у джерело, має бути відповідним чинним нормативам [2].

Межі III поясу ЗСО збігаються з межами другого, за винятком бічних меж водотоку і водойм, які визначають по водорозділу, але не більш ніж 3-5 км від водотоку або водойми [5].

### **Запитання для самоконтролю**

1. У яких двох аспектах розглядають заходи із запобігання потраплянню риби у водоприймач? У чому між ними різниця?
2. На які три групи розділяють за характером впливу на риб рибозахисні пристрої?
3. Що являють собою гідравлічні рибозахисні пристрої? Як вони працюють?
4. З яких елементів складаються рибозахисні пристрої жалюзійного і парасолькового типів?
5. Що являють собою фізіологічні рибозахисні пристрої? Як вони діють?
6. З яких елементів складається електричний рибозагороджувальний пристрій? Які параметри потрібні для його ефективної роботи?

7. Опишіть принцип дії повітряно-бульбашкової завіси. Як її створити?
8. Що являють собою механічні рибозахисні пристрої? У чому їх переваги?
9. Рибозахисні пристрої яких типів застосовують в легких та важких природних умовах забору води?
10. Що таке зони санітарної охорони? Для чого їх влаштовують?
11. Скільки поясів мають зони санітарної охорони? Як визначити їх межі?
12. Вкажіть, які заборони запроваджують у межах кожного поясу ЗСО?

## **Тема 18. ПІДЗЕМНІ ВОДИ. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА. КЛАСИФІКАЦІЯ. ЗАПАСИ**

### ***18.1. Загальна характеристика підземних вод***

До підземних джерел водопостачання належать різні типи підземних вод, що містяться у товщі земної кори або виходять на денну поверхню у вигляді ключів (джерел).

Знаходяться підземні води, головним чином, у пористих або тріщинуватих породах, що утворюють літосферу на глибині до 2 км. Вони перебувають у стані пари, що заповнює порожнечу і тріщини порід; у фізично зв'язаному стані у вигляді гігроскопічної і плівкової води, тобто у вигляді увібраних гірськими породами водяних парів і конденсату на поверхні частинок породи; у вільному стані, у вигляді інфільтраційної і пластової води, що рухається у водопроникних пластах й утворює водоносні горизонти; в твердому стані у вигляді кристалів, лінз, прошарків і навіть пластів льоду в товщі вічномерзлих порід; в хімічно зв'язаному стані, що є у складі кристалічної решітки солей і мінералів. Джерелами водопостачання можуть бути лише підземні води, що перебувають у вільному стані, які накопичуються в надрах землі шляхом інфільтрації з поверхневих водойм та поверхні землі, а також, частково, конденсації [1].

Підземні води майже не мають завислих частинок. Вони, як правило, не мають забарвлення, але часто мають підвищену жорсткість, вирізняються значним вмістом солей заліза та інших елементів, інколи дуже мінералізовані, можуть мати розчинені гази. Більшість підземних вод надійно захищені від попадання в них

забруднених поверхневих стоків, їх кількість і якість меншою мірою, ніж поверхневі води, залежать від атмосферних опадів [1].

Заповнюючи собою порожнини гірських порід, підземні води утворюють у товщі землі водоносні пласти. Міжпластові водоносні горизонти по висоті обмежуються шарами водонепроникної породи, яку називають водоупором. Причому нижній водотривкий шар називають *підшовою* водоносного пласта, а верхній – його *покрівлею* (рис. 18.1). Підземна вода може перебувати у стані *ґрунтового потоку*, тобто безперервного руху порами водоносного пласта, або у стані *ґрунтового басейну*, тобто нерухомого накопичення деякого запасу води у порожнинах водоносного пласта, що поповнюється різними шляхами. В ґрунтовому потоці вільна або напірна поверхня підземних вод має деякий похил в напрямку руху потоку, а в ґрунтовому басейні вона горизонтальна [5].

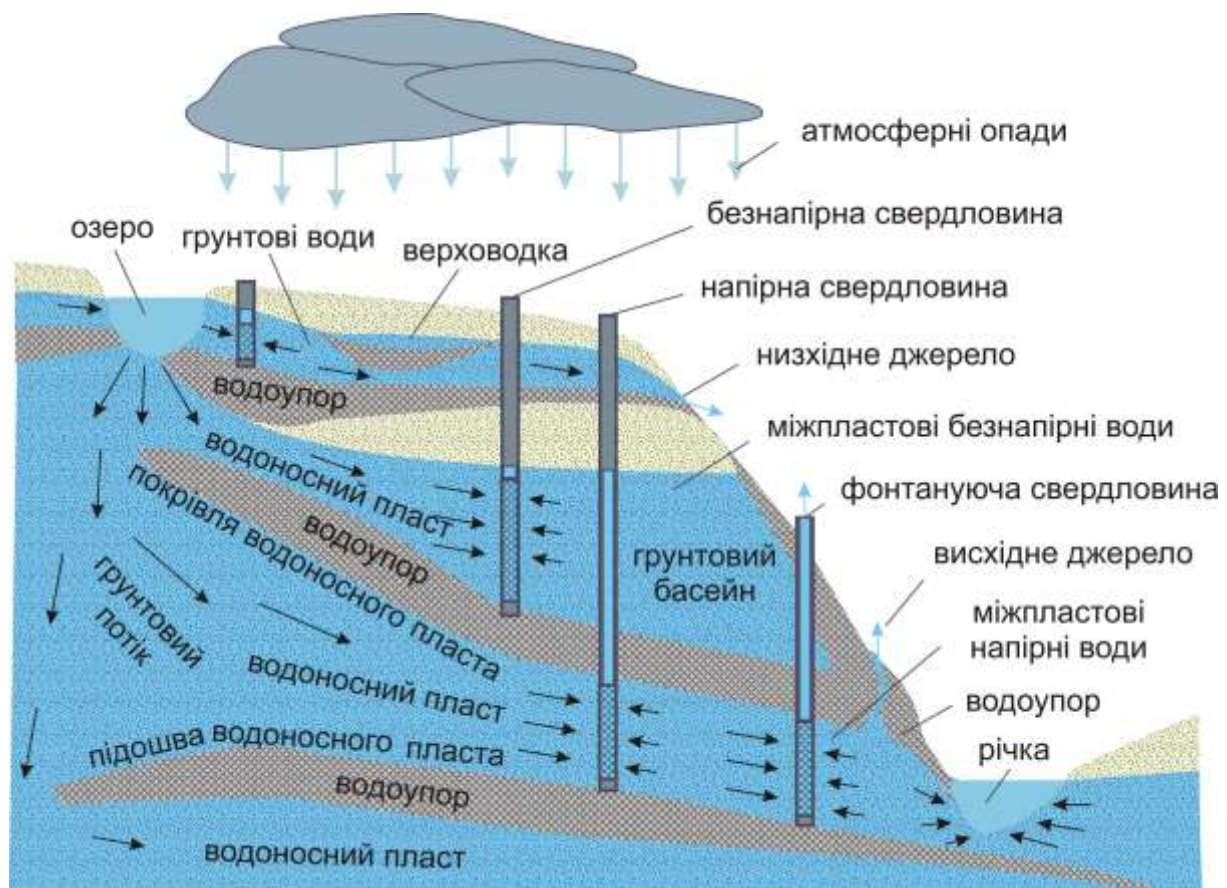


Рис. 18.1. Схема живлення підземних водоносних пластів

## 18.2. Класифікація підземних вод

За своїм характером та гідравлічними ознаками підземні води, які залягають у різних породах і на різних глибинах, розділяють на води зони аерації (верховодка), ґрунтові води, міжпластові безнапірні води, міжпластові напірні (артезіанські) води, джерельні води (ключі), інфільтраційні води [5].

Умови утворення, поповнення і руху підземних вод у пористих водоносних пластах і тріщинах гірських порід різні (рис. 18.2) [5].

Води зони аерації (верховодка) залягають близько до поверхні землі, зазвичай утворюються на невеличкій водонепроникній лінзі, характеризуються незначними запасами води і непостійністю рівня. Вони не можуть бути джерелом централізованого водопостачання, оскільки залежать від кількості й тривалості випадіння осадів, крім того, легко забруднюються стічними водами, що надходять з поверхні землі. Їх запаси завжди малі, часто – тимчасові, а тому вони не можуть слугувати надійним джерелом водозабору [1].

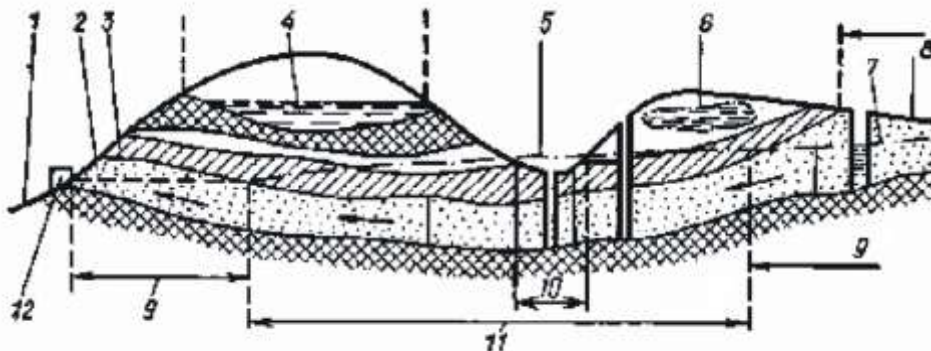


Рис. 18.2. Загальна схема залягання підземних вод:

1 – водонепроникний шар (водоупор); 2 – водоносний пласт; 3 – покрівля водоносного пласта; 4 – ґрунтовий басейн; 5 – лінія п'єзометричного напору; 6 – верховодка; 7 – вільна поверхня ґрунтових вод; 8 – зона живлення підземних вод; 9 – зона безнапірних ґрунтових вод; 10 – зона фонтанування підземних вод; 11 – зона напірних (міжпластових) вод; 12 – джерельні води (ключі)

*Ґрунтові води* – це води, що залягають на досить невеликій глибині на першому від поверхні землі водотривкому пласті. Вони можуть мати значні запаси, однак насичують водоносний пласт не на всю його товщину, тобто мають вільну поверхню, що називається *дзеркалом ґрунтових вод*. Тиск над цією поверхнею дорівнює атмосферному. Потужність такого водоносного пласта визначається

товщиною шару ґрунту від водоупору до дзеркала ґрунтових вод. Ці води характеризуються різною потужністю водоносного горизонту і коливаннями рівнів води. Проте вони менші, ніж води зони аерації, залежать від атмосферних опадів, менше забруднюються з поверхні, а тому цілком можуть бути надійним джерелом водопостачання [1; 5].

*Міжпластові безнапірні води* – це води, що залягають між двома водотривкими пластами на великій глибині. Вони мають вільну поверхню і характеризуються великими запасами, майже не залежать від опадів, мають протягом року постійну температуру, надійно захищені від попадання в них забруднень із поверхні землі чи недоброякісних підземних вод інших водоносних пластів. У зв'язку з цим вони є надійними джерелами водопостачання [2].

*Міжпластові напірні (артезіанські) води* – це води, що залягають між двома водотривкими шарами, заповнюючи увесь простір між ними. Вони мають автономне живлення, а тому практично не залежать від атмосферних опадів і поверхневого стоку, надійно захищені від попадання в них забруднених поверхневих або недоброякісних підземних вод інших водоносних пластів та забруднень з поверхні землі. Зазвичай міжпластові напірні води характеризуються великими і стійкими запасами з постійною протягом року температурою та хімічним складом. Інколи вони багаті мінеральними домішками, але без будь-яких ознак забруднення. З огляду на це артезіанські води є найкращим, найбільш надійним джерелом господарсько-питного водопостачання. Вони повністю насичують водоносний пласт, мають певний п'єзометричний напір, тобто тиск води в них більший за атмосферний. Лінія п'єзометричного напору проходить вище від покрівлі водоносного пласта, а в свердловинах, пробурених в таких пластах, рівень води піднімається до відмітки статичного рівня. Якщо лінія п'єзометричного напору таких вод знаходиться вище від поверхні землі, то артезіанські води в такому районі будуть *фонтануючими* [2; 5].

*Джерельні води, або ключі*, – це природні виходи на поверхню землі підземних вод, що вільно виливаються з водоносного пласта. За якістю вони відповідні воді водоносного пласта, з якого виходять.

*За ознаками руху води* джерела розподіляють на *низхідні*, що утворюються внаслідок бокового вільного витікання донизу безнапірних і напірних підземних вод на схилах гористої місцевості, та *висхідні*, які утворюються внаслідок виходу по тріщинах в покрівлі водоносного пласта напірних фонтануючих підземних вод, спрямованих вгору відносно поверхні землі [1].

За витратами джерела поділяють на *малі* – з витратами, меншими за 1 л/с, *середні* – з витратами 1-10 л/с і *великі* – з витратами понад 10 л/с. Найбільший інтерес для систем водопостачання становлять джерела із значними витратами. Такими не слід вважати карстові джерела, що інколи мають вигляд підземної річки, і гейзери. Часто води середніх і великих джерел характеризуються високими питними якістьми і є хорошими джерелами водопостачання [1].

*Інфільтраційними* називають поверхневі води, які фільтруються крізь дно і береги річок чи водойм, та дренуються з пласта водоприймальною спорудою [5].

За температурою підземні води поділяють на сім типів [1]:

- надзвичайно холодні ( $\leq 0^{\circ}\text{C}$ );
- дуже холодні ( $0-4^{\circ}\text{C}$ );
- холодні ( $4-20^{\circ}\text{C}$ );
- теплі ( $20-37^{\circ}\text{C}$ );
- гарячі ( $37-42^{\circ}\text{C}$ );
- дуже гарячі ( $42-100^{\circ}\text{C}$ ),
- надзвичайно гарячі ( $> 100^{\circ}\text{C}$ ).

За ступенем мінералізації підземні води поділяють на п'ять основних груп (табл. 18.1) [5]. Мінералізація підземних вод визначається сумою сухого залишку речовин, що міститься у воді, г/дм<sup>3</sup>.

Таблиця 18.1

#### Класифікація підземних вод за ступенем мінералізації

Вид води	Вміст сухого осаду, г/дм <sup>3</sup>	Назва води
Прісна	До 1,0	Гідрокарбонатнокальцієва
Слабомінералізована	1,0-3,0	Сульфатна, рідше хлоридна
Середньої мінералізації	3,0-10,0	Те саме
Мінералізована	10,0-50,0	- " -
Сильно мінералізована	Більше 50,0	Хлоридно-натрієва

### 18.3. Запаси підземних вод

Перед добуванням підземних вод потрібно попередньо підрахувати їх запаси, визначити якість та можливі зміни кількісних і якісних показників протягом часу.

Підземні води характеризуються природними й експлуатаційними запасами.

**Природні запаси** підземних вод знаходяться у водоносних пластах в природному стані, тобто в порах і тріщинах водоносних порід.

Розрізняють динамічні і статичні запаси підземних вод.

*До динамічних запасів* належить кількість води, яка протікає за певний період часу через поперечний переріз водоносного пласта.

*До статичних запасів* належать всі нерухомі накопичення підземних вод в пустотах певного об'єму ґрунту, які постійно або періодично поповнюються шляхом інфільтрації, конденсації або деякого непостійного припливу з боків [5].

Природні запаси підземних вод змінюються за порами року і в багаторічному розрізі, залежно від кліматичних факторів, а інколи і від діяльності людини. Ці зміни особливо великі для ґрунтових вод, меншою мірою – для міжпластових безнапірних вод і майже непомітні для напірних (артезіанських) вод [1].

**Експлуатаційні запаси** підземних вод можна отримати з водоносного пласта раціональними в техніко-економічному відношенні водозабірними спорудами за заданим режимом експлуатації і якості води, що задовольняє вимоги споживачів протягом всього розрахункового періоду водопостачання. Експлуатаційні запаси підземних вод за своїм народногосподарським призначенням поділяють на дві групи – балансові і позабалансові [1].

*Балансові запаси* – це запаси, використання яких є економічно вигідним. Ці запаси відповідні вимогам за кількістю та якістю води певного призначення за заданих умов режиму їх експлуатації.

*Позабалансові запаси* – це запаси, поточне використання яких є економічно невигідним внаслідок їх малої кількості, невідповідної якості, складності забору та експлуатації, але які можуть бути використані у майбутньому [1].

Визначення запасів підземних вод потребує попередніх гідрогеологічних вишукувань для виявлення всіх умов залягання підземних вод, живлення водоносного пласта та руху води в ньому.

*Залежно від ступеня розвіданості території, дослідженості якості води і умов експлуатації* води поділяють на категорії – А, В, С<sub>1</sub> і С<sub>2</sub> [5].

Категорія А – це розвідані і вивчені запаси, коли достовірно відомо про залягання, структуру і напір водоносних горизонтів, фільтраційні властивості й умови живлення водоносних пластів, можливості поповнення експлуатаційних запасів, зв'язок підземних вод з поверхневими водами та водами інших водоносних горизонтів. При цьому експлуатаційні запаси і якість підземних вод досліджено за результатами дослідно-експлуатаційних відкачувань води.

Категорія В – це запаси, які розвідані з ретельністю, яка дає можливість з'ясувати основні особливості умов залягання, будову і живлення водоносних горизонтів. Крім того, визначено зв'язки підземних вод, запаси яких досліджують, з водами інших водоносних горизонтів і поверхневими, приблизно визначено природні водні ресурси як джерело поповнення експлуатаційних запасів підземних вод, а експлуатаційні запаси і якість підземних вод визначено за результатами дослідних відкачувань води.

Категорія С<sub>1</sub> – це запаси, розвідані і вивчені до такої міри, коли є можливість з'ясувати в загальних рисах будову, умови залягання і поширення водоносних горизонтів, а також попередньо вирішити питання про можливість їх використання за призначенням. При цьому експлуатаційні запаси підземних вод і їх якість визначено як результат пробних відкачувань води з окремих свердловин, а також за аналогією з водозаборами, що використовують ті самі водоносні горизонти, запаси яких характеризуються категоріями А і В.

Категорія С<sub>2</sub> – це запаси, визначені на підставі загальних гідрогеологічних даних, що підтверджуються випробуванням водоносного горизонту в окремих точках або за аналогією з розвіданими ділянками. При цьому якість підземних вод визначена за пробами, взятими в окремих точках водоносного горизонту, або за аналогією.

Переміщення підземних вод в породах літосфери земної кори зумовлюється різними факторами, насамперед гравітаційними силами, гідростатичним тиском, щільністю порід, режимом руху води [1].

За характером переміщення підземних вод їх протікання може бути *ламінарним* – рух окремих паралельних струмин з невеликою швидкістю суцільним потоком, і *турбулентним* – вихрове переміщення струмин води з великою швидкістю. Оскільки переміщення водних мас в гірських породах відбувається, як правило, надзвичайно повільно, то і в більшості випадків рух підземних вод відбувається в ламінарному режимі. Турбулентний режим переміщення підземних вод спостерігається лише у великих тріщинах, карстових пустотах, в галечникових та гравелистих породах, поблизу штучних виробок (шахт, свердловин) за дуже великих понижень рівнів або тиску, в підземних каналах озерах і печерах [1].

Умови залягання і напір міжпластових вод, залежно від їх розміщення, можуть бути найрізноманітнішими. Часто напірні водоносні пласти в геологічному розрізі розділяються водонепроникними

пластами різної потужності і мають шарувате розміщення, утворюючи *артезіанські басейни підземних вод*. Артезіанськими ці води називають з огляду на історичні обставини їх відкриття та використання для водопостачання. Так, в 1126 р., вперше в Європі, у Франції, в провінції Артуа (стародавня назва Артезія), були виявлені і почали використовуватися самовиливні на поверхню землі напірні води. З тих часів міжпластові напірні води, зокрема й ті, які не самовиливаються на поверхню, називають *артезіанськими*. Зважаючи на глибинне розміщення та напір, а також високі показники якості, міжпластові напірні (артезіанські) води є найкращим джерелом господарсько-питного водопостачання [1].

Вирішуючи завдання з добування підземних вод для цілей водопостачання насамперед слід визначати експлуатаційні запаси, тобто ту кількість води (м<sup>3</sup>/добу), яка може бути отримана раціональними у техніко-економічному відношенні водозабірними спорудами за заданого режиму їх експлуатації [5].

Широке застосування підземних вод для питного водопостачання пояснюється тим, що в разі їх використання найчастіше не потрібні дорогі та складні споруди для очищення води.

### ***Запитання для самоконтролю***

1. Що належить до підземних джерел водопостачання?
2. Де і в яких станах можуть перебувати підземні води?
3. Яким чином поповнюються водоносні пласти?
4. Що називають подошвою та покрівлею водоносного пласта?
5. У чому різниця між ґрунтовим потоком і ґрунтовим басейном?
6. Як класифікують підземні води за характером та гідравлічними ознаками?
7. Де розміщується верховодка? Чи може вона слугувати надійним джерелом водопостачання?
8. Дайте характеристику ґрунтових вод. Де вони залягають?
9. Чим відрізняються між собою напірні та безнапірні міжпластові води?
10. Назвіть види джерельних вод.
11. Що називають інфільтраційними водами? Як вони формуються?
12. Яким чином класифікують підземні води за температурою та ступенем мінералізації?

13. Дайте характеристику природним та експлуатаційним запасам підземних вод.
14. Що вважають статичними та динамічними запасами підземних вод?
15. На які дві групи поділяють експлуатаційні запаси підземних вод за народногосподарським призначенням?
16. Назвіть категорії підземних вод, що залежать від ступеня розвіданості території, вивчення якості води й умов експлуатації.
17. Які фактори зумовлюють переміщення підземних вод в породах літосфери земної кори? Вкажіть можливі режими руху водних мас.
18. Які підземні води є найкращим джерелом господарсько-питного водопостачання?
19. Чому міжпластові напірні підземні води називають артезіанськими?
20. Назвіть переваги застосування підземних вод для питних потреб.

## **Тема 19. СПОРУДИ ДЛЯ ДОБУВАННЯ ПІДЗЕМНИХ ВОД. ТИПИ СВЕРДЛОВИН**

### ***19.1. Рекомендації для вибору типу водозаборів з підземних джерел***

Для забору підземних вод застосовують різні споруди – свердловини, шахтні колодязі, горизонтальні та променеві водозабори, каптажні камери. Вибір того чи іншого водозабору визначають техніко-економічними розрахунками, що залежать від гідрогеологічних умов місцевості, розрахункових витрат води та техніко-економічних показників будівництва і експлуатації водозабірних споруд.

Тип споруд для забору підземних вод обирають залежно від глибини їх залягання, потужності водоносного пласта, умов залягання (характер порід, насиченість пласта водою, напір води в пласті тощо). Орієнтовно у виборі типу споруд для забору підземних вод можна скористатися рекомендаціями, наведеними в табл. 19.1 [5].

Склад споруд підземних водозаборів слід визначати під час проектування залежно від місцевих умов. Водозабір зазвичай охоплює водоприймальні споруди, насосні станції I-го підняття і трубопроводи.

**Рекомендації для вибору типу водозаборів із підземних джерел**

№ п/п	Типи споруд	Випадки застосування	Стисла характеристика
1	Водозабірні свердловини	Підземні води залягають на глибині понад 10 м, а потужність водоносного пласта не менш ніж 5-6 м	Вертикальна циліндрична споруда діаметром від 50 до 600 мм і більше, завглибшки до 500 м і більше
2	Шахтні колодязі	Водоносні пласти з малою водовіддачею, що складаються з тонкозернистих пилуватих пісків, пливунів і легких супісків і залягають на глибині до 30-40 м (переважно 10-20 м)	Вертикальна шахта (ствол) прямокутного чи круглого перерізу діаметром до 1,5 м і завглибшки до 30-40 м
3	Горизонтальні водозабори	Підземні води із малопотужних (до 2-3 м) водоносних горизонтів залягають на глибині до 5-7 м	Горизонтальні водозбірні труби або галереї, обладнані фільтром і оглядовими колодязями
4	Променеві водозабори	Водоносні пласти потужністю до 10 м залягають на глибині до 15-20 м	Із шахтного колодязя виходять радіально у вигляді променів горизонтальні свердловини
5	Каптажі джерельних вод	За концентрованого виходу на поверхню землі підземних вод	Камери з каменю, бетону або залізобетонних кілець, що мають водоприймальні отвори, обладнані фільтром і водовідвідними трубами

Водозабірні споруди із підземних джерел слід розміщувати [5]:

- поблизу місця споживання води;
- на ділянках, що мають найбільшу кількість та найкращу якість води, а також найвище положення динамічного рівня води в процесі експлуатації, а отже і найменшу висоту водопідняття;
- на ділянках, де можливе розширення водозабору в майбутньому, простоту експлуатації та надійність роботи.

### **19.2. Схема, обладнання та характеристики водозабірної свердловини**

Водозабірні свердловини є найбільш відповідними санітарним вимогам спорудами і можуть застосовуватись за будь-яких умов будівництва й експлуатації водозаборів. Загальну конструктивну схему типової свердловини, призначеної для забору води з підземних водоносних горизонтів, наведено на рис. 19.1. Свердловина

складається з трьох основних елементів: оголовок, ствола і водоприймальної частини [5].

*Оголовок* призначений для закріплення устя свердловини, захисту від попадання в неї забруднених поверхневих вод, а також розміщення арматури й обладнання. Висота оголовка повинна бути не меншою за 2,5 м.

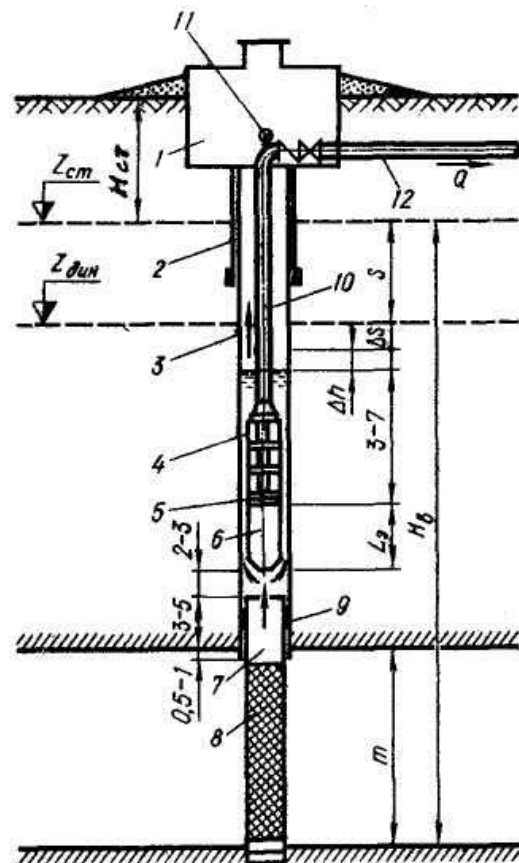
*Ствол* свердловини, що може бути різної довжини, з'єднує між собою оголовок та водоприймальну частину споруди. У сипких породах для захисту стінок від обвалу ствол кріплять обсадними трубами.

*Водоприймальна частина* є відповідальним елементом свердловини. Вона призначена для забору води із водоносного пласта. У сипких породах, що обвалюються, її обладнують фільтром, який не повинен пропускати частинок водоносної породи.

Свердловину обладнують вантузом для випуску повітря, зворотним клапаном, що запобігає зворотному руху води, манометром для вимірювання тиску, дифманометром, що реєструє зміну тиску, засувкою для від'єднання свердловини [5].

Рис. 19.1. Схема водозабірної свердловини:

- 1 – оголовок;
- 2 – захисна обсадна колона;
- 3 – експлуатаційна обсадна колона;
- 4 – насос;
- 5 – всмоктувальні отвори;
- 6 – заглибний електродвигун;
- 7 – надфільтрова труба;
- 8 – робоча поверхня фільтра;
- 9 – сальник;
- 10 – водопідйомна труба;
- 11 – манометр;
- 12 – напірний трубопровід



Проектуючи у ролі водозабірної споруди свердловину, розрізняють статичний та динамічний рівні води у ній.

*Статичний рівень* – це сталий рівень води в свердловині, який встановлюється у стані спокою, коли водозабір з неї не виконується. На

початку відкачування насосом води зі свердловини статичний рівень у ній починає знижуватися до певної величини, відповідної динамічному рівню.

*Динамічний рівень* – це сталий рівень води у свердловині, що встановлюється під час активного водозабору. Після встановлення динамічного рівня води досягається певна рівновага і величина відбору води зі свердловини насосом дорівнює величині припливу води до неї з водоносного пласта.

Різниця між статичним та динамічним рівнями являє собою величину *зниження* рівня води у свердловині ( $S$ ), що вимірюється в метрах. Зниження рівня відбувається після включення насоса в роботу.

*Дебіт* (продуктивність, витрата) свердловини ( $Q$ ) – це об'єм води, який свердловина може дати за одиницю часу. Він вимірюється в м<sup>3</sup>/год, л/с, л/хв, м<sup>3</sup>/добу тощо. Дебіт свердловини є одним із основних параметрів, що визначає можливість встановлення свердловинних насосів з тими чи іншими характеристиками.

*Питомий дебіт свердловини* – це витрата води із свердловини за зниження статичного рівня води у ній на 1 м. Його визначають за формулою:

$$q_{\text{пит}} = Q / S. \quad (19.1)$$

У проєктуванні водозабірних свердловин вирішують такі основні питання [5]:

- вибір майданчика для розміщення свердловин, водоносного пласту для постійної експлуатації, способу буріння і типу бурових машин;
- визначення можливого дебіту однієї свердловини, встановлення потрібної кількості робочих і резервних свердловин, а також відстані між ними на місцевості;
- розрахунок взаємодії всіх свердловин і сумісної роботи водопровідних споруд системи водопостачання;
- вибір типу фільтра свердловини і визначення основних його розмірів;
- вибір типу водопідйомника (насоса) для постійної експлуатації та виконання будівельних відкачувань води;
- розроблення конструкції свердловини і її оголовка, складання вказівок щодо буріння свердловини, відкачування води, а також передавання свердловини в експлуатацію;
- організація в разі потреби режимного нагляду за зміною припливу і якості води в процесі експлуатації свердловини.

### 19.3. Типи водозабірних свердловин

Приплив води до свердловини, отже, її дебіт залежать від виду водоносного горизонту і його характеристики (напірні чи безнапірні води), типу свердловини (з фільтром чи без нього, досконала чи недосконала), кількості свердловин і характеру їх взаємодії між собою та з іншими водоносними пластами і водоймами.

Водоприймальна частина свердловини може бути безфільтровою або обладнаною фільтром. *Безфільтрові свердловини* влаштовують у стійких твердих тріщинуватих породах (граніт, базальт). У такому разі під час буріння розкривають водоносний шар, закріплюють стінки обсадними трубами, а потім розбурюють водоносний пласт діаметром, меншим ніж діаметр експлуатаційної колони труб (рис. 19.2, а) [2].

Безфільтрову свердловину можна також влаштувати, якщо над піщаним водоносним пластом є стійкі породи – вапняк, доломіт, щільні глини (рис. 19.2, б). Після розкриття водоносного пласту і закріплення стінок обсадними трубами воду відкачують ерліфтом. Завдяки цьому утворюється воронка, стінки якої під час подальшої експлуатації і відкачування постійних витрат пропускають воду і затримують пісок.

З метою використання таких свердловин у разі слабких покрівель нині розроблено низку технологій для зміцнення покрівель. Діаметр воронки може бути до 10 м, а глибина до 3 м [2].

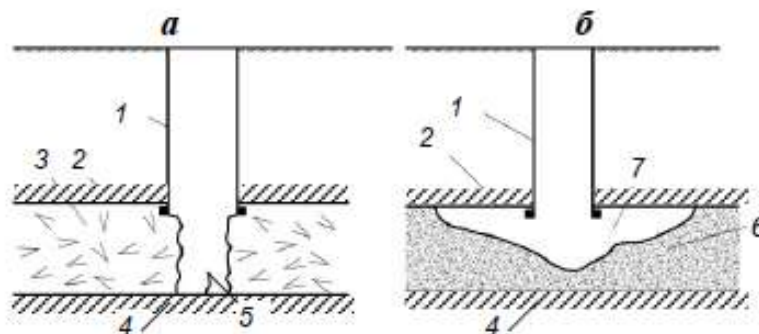


Рис. 19.2. Схеми безфільтрових свердловин: а – у тріщинуватих породах; б – у піщаних породах; 1 – свердловина; 2 – покрівля водоносного пласта; 3 – тріщинувата порода; 4 – підшва водоносного пласта; 5 – розбурена порода; 6 – піщаний водоносний пласт; 7 – водоприймальна воронка

Водозабірні свердловини можуть бути досконалого і недосконалого типу. Свердловину, яка проходить повністю всю

товщину водоносного пласта і стінки якої не обладнані водоприймальною спорудою (фільтром) називають *досконалою*. В *недосконалих* свердловинах розрізняють два види недосконалості:

- за ступенем розкриття водоносного пласта, що залежить від співвідношення довжини водоприймальної частини свердловини і потужності водоносного пласта;
- за характером роботи, що залежить від конструкції фільтра.

На рис. 19.3 наведено схеми припливу води до *досконалих* (а) і *недосконалих* (б) за ступенем розкриття водоносного пласта свердловин. Як бачимо, досконалі вертикальні водозабори розкривають водоносний горизонт на всю його товщину від покрівлі до підшови, а недосконалі водозабірні свердловини закінчуються у товщі водоносного пласта.

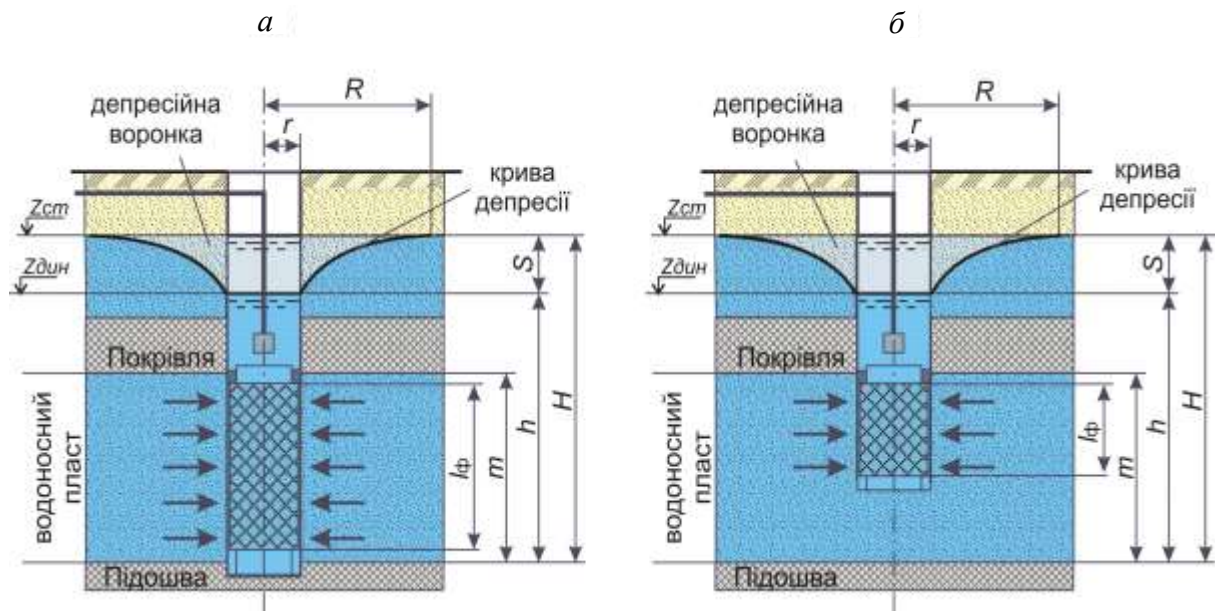


Рис. 19.3. Схеми припливу води до досконалих (а) і недосконалих (б) за ступенем розкриття водоносного пласта свердловин

Унаслідок роботи водозабору через зниження рівня води від  $Z_{ст}$  до  $Z_{дин}$  навколо свердловини утворюється *депресійна воронка*. Вона бере свій початок зі свердловини, де відзначається її найбільша глибина величиною  $S$ , а далі радіально поширюється на певну відстань, яку називають *радіусом депресійної воронки  $R$  або радіусом впливу*. У міру віддалення від свердловини глибина депресійної воронки поступово зменшується, а досягнувши радіуса впливу і позначки статичного рівня  $Z_{ст}$ , стає рівною нулю. Схематичне зображення поверхні депресійної воронки називають *кривою депресії* (рис. 19.3).

За характером роботи на водозабірному майданчику свердловини можуть бути *одиначними*, які не мають взаємного впливу під час експлуатації, та *взаємодійними* (рис. 19.4), коли відбувається взаємний вплив свердловин одна на одну, тобто коли депресійні воронки сусідніх свердловин перетинаються, що зумовлює в них додаткове зниження рівнів води  $S_{\text{дод}}$ .

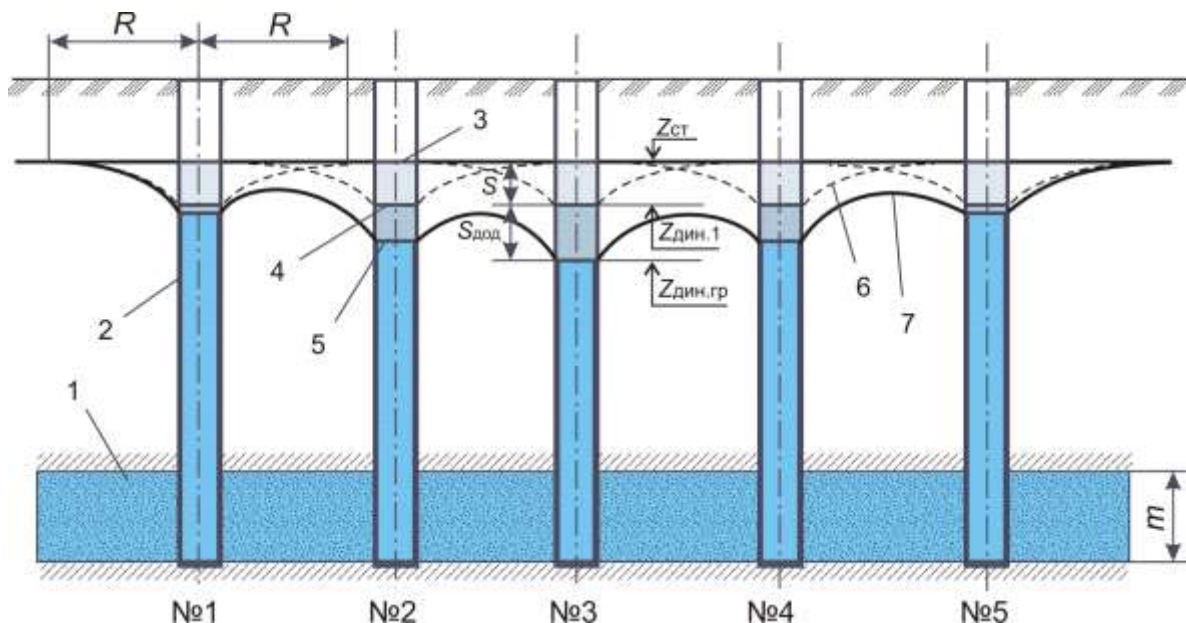


Рис. 19.4. Профіль по створу групи взаємодійних свердловин:

1 – водоносний пласт; 2 – водозабірна свердловина; 3 – положення статичного рівня води у свердловині; 4 – положення динамічного рівня за одиначної роботи свердловини; 5 – те саме в разі роботи групи взаємодійних свердловин; 6 – крива депресії за одиначної роботи свердловини; 7 – те саме в разі роботи групи взаємодійних свердловин

Одиначними також вважають сусідні вертикальні водозабори, які забирають воду з різних водоносних горизонтів, або ті, що забирають воду з одного водоносного горизонту, але в різні години, або такі, що розміщені одна від одної на відстані, яка виходить за межі впливу депресійних воронок  $R$ .

#### **19.4. Приплив води до свердловин в різних гідрогеологічних умовах**

Під час забору води зі свердловин у різних гідрогеологічних умовах величина припливу води до них, а отже, і дебіт свердловин, будуть різними. Це пояснюється тим, що зазначені показники в досконалих свердловинах за сталого руху підземного потоку

найчастіше залежать і від потужності водоносного пласта  $m$ , і від його характеристик, таких як діаметр частинок породи та коефіцієнт фільтрації  $K_f$ , що впливають і на величину радіусу депресійної воронки свердловини  $R$ .

Коефіцієнт фільтрації  $K_f$  – це показник, що вимірюється в м/добу і в цифрах демонструє властивість водонасичених ґрунтів пропускати воду, яка рухається крізь відкриті сполучені пори, каверни і тріщини під впливом градієнта напору.

Значення  $m$ ,  $K_f$  і  $R$  встановлюють на підставі гідрогеологічних досліджень і розрахунків.

Для водоносних пластів, що містяться в різних породах, основні їх характеристики орієнтовно можна брати з табл. 19.2 [5].

Таблиця 19.2

**Характеристики водоносних пластів**

Водоносна порода	Діаметр частинок, мм	Коефіцієнт фільтрації $K_f$ , м/добу	Радіус впливу $R$ , м	Коефіцієнт водовіддачі, $\mu$
Глинисті ґрунти, суглинки	-	0,01-0,1		0,01-0,05
Піски пилуваті, супіски	0,01-0,05	0,1-1		0,1-0,15
Піски:				
тонкозернисті	0,05-0,1	0,1-5	25-50	0,15-0,18
дрібні	0,1-0,25	5-10	50-100	0,18-0,2
середньої крупності	0,25-0,5	10-25	100-300	0,2-0,25
крупні	0,5-1	25-75	300-400	0,25-0,3
гравелісті	1-2	50-100	400-500	0,3-0,35
Гравій:				
дрібний	2-3	75-100	400-600	0,3-0,35
середній	3-5	100-200	600-1500	0,3-0,35
крупний	5-10	200-300	1500-3000	0,3-0,35
Вапняки	-	20-50	150-400	0,05-0,1
Піщаники	-	10-20	100-300	0,001-0,03

У польових умовах коефіцієнт фільтрації  $K_f$  визначають за допомогою відкачування води, а в лабораторії – за результатами аналізу гранулометричного складу водоносної породи.

У проєктуванні водозабірних свердловин важливо, щоб відстані між ними були оптимальними щодо капітальних і експлуатаційних затрат. Скорочуючи відстані між свердловинами, досягають зниження вартості комунікацій (труб, електрокабелів), а отже, зменшення капітальних затрат, але при цьому зростає гідравлічна взаємодія між

спорудами, що визначається радіусом впливу  $R$ , а отже додатково знижуються рівні води в свердловинах, збільшується потрібний напір насосів, енергоспоживання та експлуатаційні затрати [5; 19].

У практиці проектування розвідувально-експлуатаційних свердловин на воду радіус впливу в пухких ґрунтах орієнтовно можна визначати за такими емпіричними формулами [5; 19]:

- для безнапірних вод, якщо  $S \leq (40-50)$  м, – за формулою І.П. Кусакіна

$$R = 2S \sqrt{K_{\phi} m}, \text{ м}; \quad (19.2)$$

- для напірних вод – за формулою Зіхардта

$$R = 10S \sqrt{K_{\phi}}, \text{ м}. \quad (19.3)$$

За несталого руху підземних вод в умовах недостатнього живлення водою пласта гідростатичний тиск у ньому зменшується, внаслідок чого радіус впливу збільшується, а питомий дебіт зменшується. У такому разі радіус впливу можна визначати за формулою

$$R \approx 1,5 \sqrt{at}, \text{ м}, \quad (19.4)$$

де  $t$  – строк експлуатації свердловини, днів;  $a$  – коефіцієнт п'єзопровідності, що характеризує швидкість перерозподілу підземних вод під час відкачування

$$a = \frac{K_{\phi} m}{\mu}, \text{ м}^2/\text{добу}, \quad (19.5)$$

де  $\mu$  – коефіцієнт водовіддачі водоносного пласта, що залежить від виду водоносної породи і визначається за табл. 19.2.

### **Запитання для самоконтролю**

1. Які споруди застосовують для забору підземних вод?
2. Від чого залежить вибір того чи іншого водозабору з підземних джерел?
3. Що належить до складу підземних водозаборів?
4. Як обирають місце для влаштування водозаборів з підземних джерел?
5. З яких трьох основних елементів складається свердловина? Вкажіть призначення кожного.
6. Яке обладнання застосовують у свердловинах? Поясніть його функції.
7. Дайте визначення таким поняттям, як статичний та динамічний рівні води в свердловині.

8. Що являє собою різниця між положеннями статичного і динамічного рівнів води в свердловині?
9. В яких одиницях вимірюють дебіт водозабірної свердловини?
10. Що таке питомий дебіт свердловини? Як його визначають?
11. Які питання вирішують у проєктуванні водозабірних свердловин?
12. У яких випадках можна влаштовувати безфільтрові свердловини?
13. Які водозабірні свердловини називають досконалими?
14. Назвіть два види недосконалості свердловин. Від чого вони залежать?
15. Що таке депресійна воронка? Де її найбільша глибина? На яку відстань від свердловини вона поширюється?
16. Що являє собою крива депресії?
17. Які свердловини називають одиночними, а які взаємодійними? Що відбувається під час роботи взаємодійних свердловин?
18. Від чого залежить величина припливу води до свердловини та її дебіт?
19. Що таке коефіцієнт фільтрації? В яких одиницях його вимірюють?
20. Яким чином встановлюють радіус впливу під час проєктування водозабірних свердловин?

## **Тема 20. ОСНОВНІ ПИТАННЯ ПРОЄКТУВАННЯ І РОЗРАХУНКУ СВЕРДЛОВИН**

### ***20.1. Можливі розрахункові схеми водозабірних свердловин***

Завданням розрахунків водозабірних свердловин є встановлення їх дебіту за заданого (можливого) зниження статичного рівня або визначення величини зниження статичного рівня води після відбору наперед визначених обсягів води. Ці завдання розв'язують відповідно до гідрогеологічних умов водоносного пласта, глибини розміщення у ньому водоприймачів та взаємного розміщення свердловин на водозабірному майданчику. Виходячи з цього, виділяють такі основні розрахункові схеми водозаборів з напірних та безнапірних водоносних пластів (рис. 20.1) [1]:

- досконалою одиночною свердловиною з напірного пласта (а);
- недосконалою одиночною свердловиною з напірного пласта (б);
- досконалою одиночною свердловиною з безнапірного пласта (в);
- недосконалою одиночною свердловиною з безнапірного пласта (г);

- досконалими взаємодійними свердловинами з напірного пласта (д);
- недосконалими взаємодійними свердловинами з напірного пласта (е);
- досконалими взаємодійними свердловинами з безнапірного пласта (є);
- недосконалими взаємодійними свердловинами з безнапірного пласта (ж).

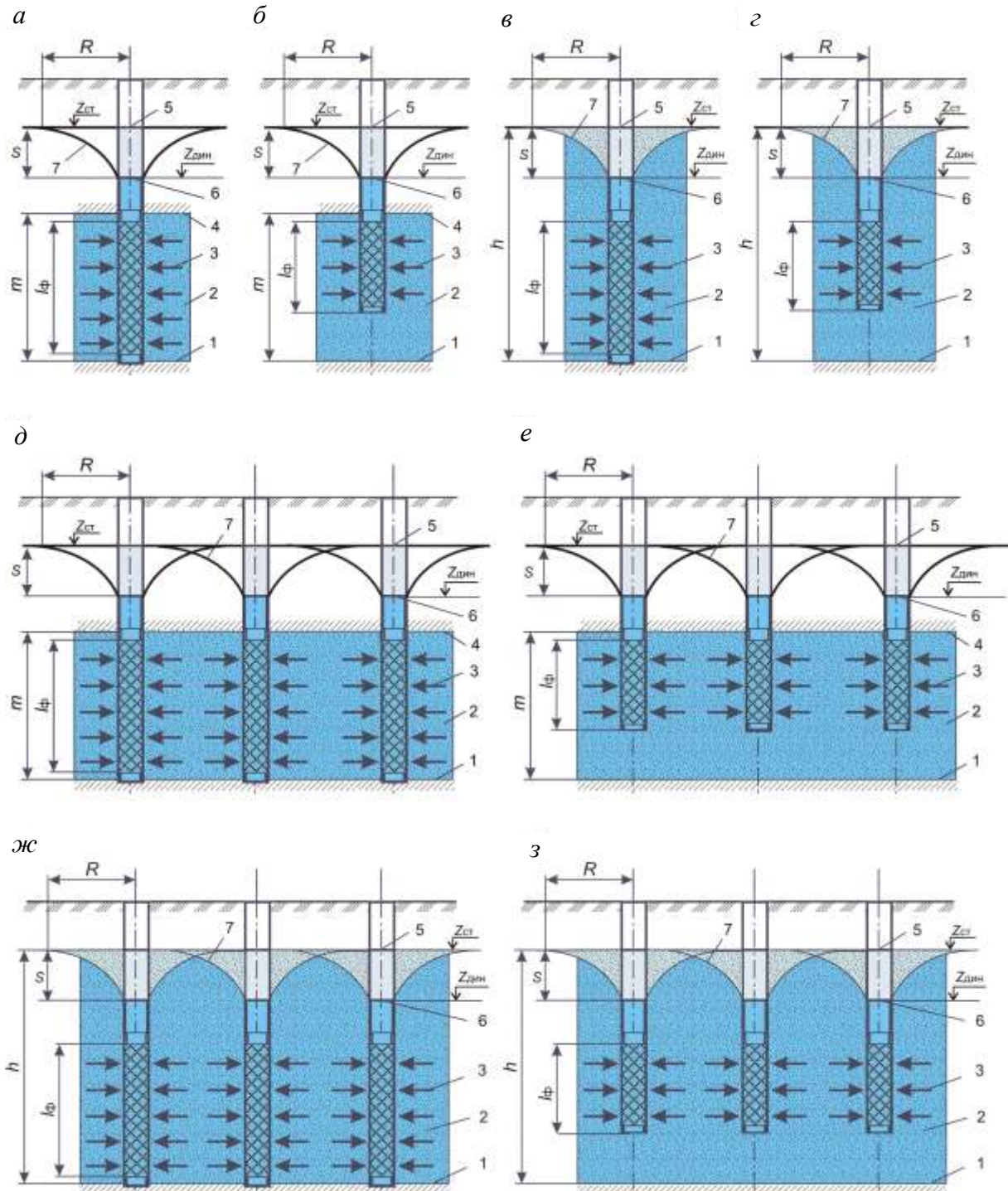


Рис. 20.1. Розрахункові схеми водозабірних свердловин: 1 – підшва водоносного пласта; 2 – водоносний пласт; 3 – приплив води до свердловини; 4 – покрівля водоносного пласта; 5 – статичний рівень; 6 – динамічний рівень за одиничної роботи свердловин; 7 – крива депресії

За всіх цих варіантів для визначення дебіту свердловини призначають можливе зниження початкового (статичного) рівня води водоносного пласта, виходячи з умови, що це зниження  $S_{\phi}$  не повинне бути більшим за допустиме  $S_{\text{доп}}$ , за якого забезпечується розміщення фільтра розрахункової довжини та нормальна робота водопідйомного обладнання, а динамічний рівень води у свердловині не понизиться за межі покрівлі напірного водоносного пласта. Якщо розрахункове зниження початкового рівня  $S_p$  виявилось більшим ніж  $S_{\text{доп}}$ , це означає, що свердловина не забезпечить забору розрахункової кількості води, тому потрібно збільшити кількість свердловин або розосередити їх на більшій території, унеможлививши взаємний вплив. Якщо  $S_p$  виявилось меншим  $S_{\text{доп}}$ , то витрата свердловин може бути збільшена, а їх кількість зменшена [1].

На практиці допустиме зниження початкового рівня  $S_{\text{доп}}$  встановлюють, зважаючи на умови відкачування води зі свердловини і втрати напору, пов'язані з опором фільтра  $\Delta S_{\phi}$ . Окрім того, слід передбачити деякий запас води у свердловині на випадок можливих розбіжностей між даними, прийнятими у розрахунках та реальними гідрогеологічними умовами водоносного пласта і розміщення в ньому свердловини. Отже, максимально допустиме зниження початкового рівня  $S_{\text{доп}}$  визначають наближено, користуючись залежностями [1]:

$$\text{для напірних пластів} \quad S_{\text{доп}} = H - (0,3-0,5)m - H_N - \Delta S_{\phi};$$

$$\text{для безнапірних пластів} \quad S_{\text{доп}} = (0,5-0,7)h - h_N - \Delta S_{\phi},$$

де  $H$  і  $h$  – відповідно початкова глибина води над подошвою напірного і безнапірного водоносних пластів;  $H_N$  і  $h_N$  – максимальна глибина занурення низу насоса (або його водоприймальної частини всмоктувального патрубку) під динамічним рівнем води у свердловині;  $\Delta S_{\phi}$  – втрати напору на вхід води у фільтр свердловини;  $m$  – потужність напірного водоносного пласта.

Гідрогеологічні розрахунки водозабірних споруд виконують згідно із законами руху підземних вод за того чи іншого ступеня схематизації гідрогеологічних умов. Найчастіше для розрахунків використовують три схеми: *необмежені* за площею, ізольовані і шаруваті водоносні горизонти, до яких належать артезіанські басейни; *напівобмежені* пласти і пласти-смуги в долинах річок; *обмежені за площею* поширення пласти.

Беруть до уваги й розміщення водоприймальної частини (фільтра) у водоносному пласті (співвідношення її довжини до потужності пласта, а також потужності пласта до радіуса свердловини),

тобто зважають на недосконалість свердловини за ступенем розкриття водоносного пласта.

Недосконалість свердловини може бути і за характером розкриття водоносного пласта внаслідок зміни структури породи біля фільтрової (водоприймальної) зони свердловини під час її буріння й експлуатації, а також впливу обладнання, зокрема, конструкції фільтрів.

## 20.2. Визначення дебіту свердловин

Гідрогеологічні розрахунки вертикальних водозаборів зводяться до визначення їх дебіту  $Q$  і зниження рівня води  $S$  під час експлуатації свердловини, а також оцінки можливого взаємного впливу водозаборів, які проєктують, і водозаборів, які експлуатують.

За сталого руху підземного потоку дебіт досконалої свердловини в напірному водоносному пласті,  $\text{м}^3/\text{добу}$ , можна визначити з формули Дюпюї [5]

$$Q = \frac{2,73K_{\phi}mS}{\lg R/r} = q_{\text{пум}}S, \quad (20.1)$$

де  $m$  і  $K_{\phi}$  – відповідно потужність, м, і коефіцієнт фільтрації,  $\text{м}/\text{добу}$ , водоносного пласта;  $r$  – радіус свердловини, м;  $R$  – радіус впливу, м, тобто радіус депресійної воронки, що утворюється навколо свердловини під час відкачування з неї води;  $S = Z_{\text{ст}} - Z_{\text{дин}}$  – зниження статичного рівня води в свердловині при відкачуванні з неї витрати  $Q$ , м;  $Z_{\text{ст}}$  і  $Z_{\text{дин}}$  – відмітки, відповідно статичного і динамічного рівнів води в свердловині, м;  $q_{\text{пум}}$  – питомий дебіт свердловини,  $(\text{м}^3/\text{добу})/\text{м}$ , тобто витрата води із свердловини за зниження статичного рівня на 1 м.

За розміщення водозабірних свердловин у зоні радіуса впливу  $R$  буде відчуватись вплив кожної свердловини на всі інші, тобто буде відбуватися додаткове зниження рівня води в сусідніх свердловинах внаслідок відкачування води з досліджуваної свердловини. Загальне (сумарне) зниження води в  $i$ -й свердловині визначають за формулою [5]

$$S_{\text{сум.}i} = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i}{2\pi m K_{\phi}} \left[ \ln R - \frac{1}{n} (\ln r_o + \ln r_1 + \dots + \ln r_n) \right], \text{ м}, \quad (20.2)$$

де  $\sum_{i=1}^n Q_i$  – сумарний відбір води з усіх  $n$  взаємодійних свердловин,  $\text{м}^3/\text{добу}$ ;  $r_o$  – радіус ( $i$ -ї) свердловини, м;  $r_1, r_2, \dots, r_n$  – відстані від осі  $i$ -ї свердловини до усіх інших свердловин, м.

Оскільки найменшою буде сума відстаней  $r_i$  для центральної свердловини, то зниження статичного рівня  $S_{\text{сум}}$  в ній буде найбільшим.

Дебіт недосконалої свердловини у напірному пласті і розміщеної далеко від річки, м<sup>3</sup>/добу, визначають за формулою [5; 19]:

$$Q = \frac{2,73K_{\phi}mS}{\lg R/r + 0,43(\xi_1 + \xi_2)} = Kq_{\text{num}} \cdot S, \quad (20.3)$$

де  $K$  – коефіцієнт зменшення питомого дебіту свердловини внаслідок її недосконалості;  $\xi_1$  – фільтраційний опір, зумовлений недосконалістю свердловини, що визначається за графіками (рис. 20.2), якщо фільтр свердловини примикає до покрівлі або підшви водоносного пласта, або як на рис. 20.3, якщо фільтр розміщено у середній частині водоносного горизонту, залежно від співвідношень  $l/m$  і  $m/r$ ;  $l$  – довжина водоприймальної частини свердловини, м;  $\xi_2$  – узагальнений опір фільтра і прифільтрової зони водоприймальної частини свердловини, який залежить від типу фільтра, форми, кількості і розмірів прохідних отворів та їх взаємодії, а також характеристики водоносних порід, що контактують з фільтром (рис. 20.4) [5].

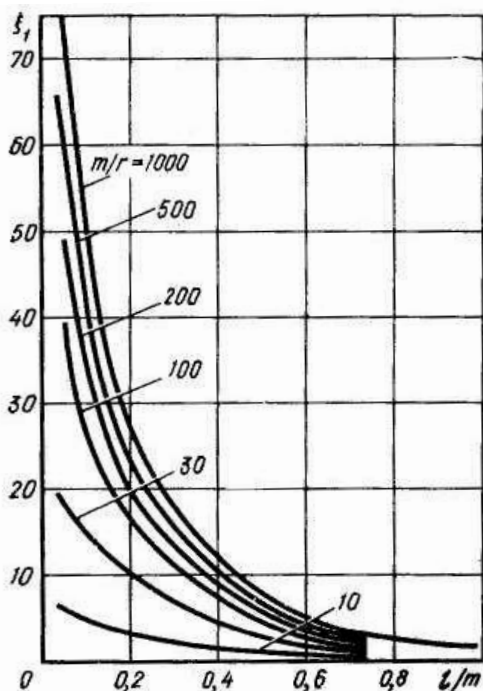


Рис. 20.2. Графік функції  $\xi_1$  для розрахунку недосконалих водозабірних свердловин з фільтрами, що примикають до покрівлі або підшви пласта

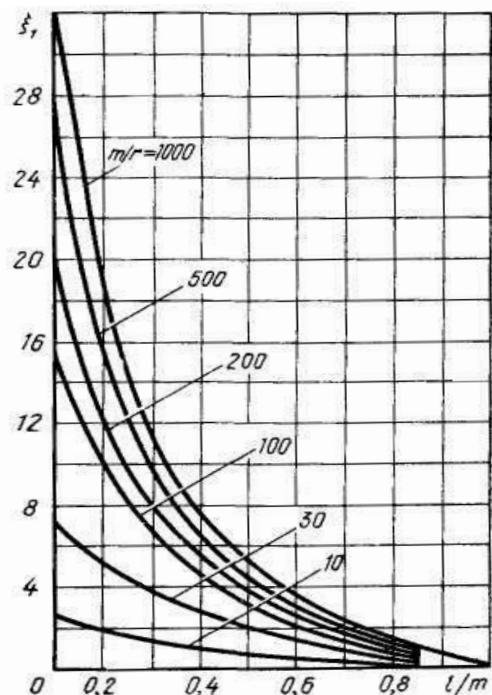


Рис. 20.3. Графік функції  $\xi_1$  для розрахунку недосконалих водозабірних свердловин з фільтром, розміщеним у середній частині пласта

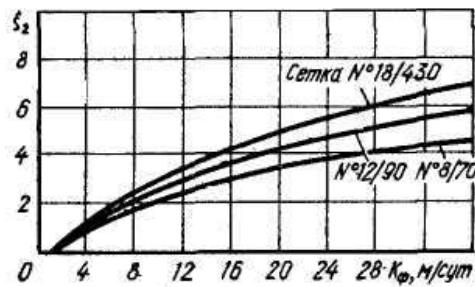


Рис. 20.4. Графік функції  $\xi_2$  для врахування типу фільтра у розрахунках недосконалих водозабірних свердловин

Витрата води із свердловини в напірному водоносному пласті прямо пропорційна зниженню статичного рівня  $S$ . Чим більше значення  $S$ , тим більшим буде дебіт однієї свердловини, а отже, свердловин потрібно буде менше і будівельна вартість водозабору знизиться. Проте в міру збільшення  $S$  збільшується висота подачі води насосами і витрата електроенергії на піднімання води. Оптимальне зниження рівня води в свердловині  $S_{\text{опт}}$  слід знаходити на основі техніко-економічних розрахунків [5; 19].

Під час надходження води із водоносного пласта і руху її у напрямку до водоприймальних отворів заглибного насоса відбуваються втрати напору, які зумовлюють додаткове зниження рівня води у свердловині. Це зниження треба мати на увазі визначаючи глибину занурення насоса та виконуючи розрахунки можливої продуктивності свердловини. Втрати напору виникають у фільтрі свердловини та в щілині між зануреним електродвигуном насоса й експлуатаційною обсадною колоною [5].

Втрати напору у фільтрі,  $m$ , визначають за формулою

$$\Delta S = \frac{Q_{\text{доб}} \xi_2}{6,28 K_{\phi} m} \quad (20.4)$$

де  $Q_{\text{доб}}$  – витрата води із свердловини,  $m^3/\text{добу}$ ;  $\xi_2$  – узагальнений опір фільтра, що беруть за графіком рис. 20.4.

Втрати напору в щілині між заглибленим електродвигуном насоса і експлуатаційною обсадною колоною визначають за формулою

$$\Delta h_{\text{щ}} = \frac{0,04 l_e + 0,3(D_c - D_e)}{12,1(D_c + D_e)^2 (D_c - D_e)^3} Q_c^2, \quad m, \quad (20.5)$$

де  $l_e$  – довжина електродвигуна,  $m$ ;  $D_c$  – внутрішній діаметр експлуатаційної обсадної колони свердловини,  $m$ ;  $D_e$  – діаметр електродвигуна,  $m$ ;  $Q_c$  – витрата води, що забирається із свердловини,  $m^3/c$ .

За сталого руху підземних вод витрату води із досконалої свердловини, що живиться безнапірними водами, м<sup>3</sup>/добу, визначають за формулою [5]

$$Q = \frac{1,36K_{\phi}(2H - S)S}{\lg R/r}, \quad (20.6)$$

де  $H$  – глибина води у пласті від підшови до статичного рівня, м.

Величину зниження статичного рівня води в свердловині  $S$  визначають техніко-економічними розрахунками. Максимально можливе зниження цього рівня становить

$$S_{\max} \leq 0,5H, \quad \text{м.} \quad (20.7)$$

Графік функції  $Q = f(S)$  є квадратною параболою.

Для безнапірних вод, як і для напірних водоносних пластів, недосконалість свердловини зменшує її дебіт внаслідок додаткового фільтраційного опору під час надходження води з пласта.

Витрата води із недосконалої свердловини, що живиться безнапірними водами, м<sup>3</sup>/добу, визначають за формулою [5]

$$Q = \frac{1,36K_{\phi}(2H - S)S}{\lg R/r + 0,43(\xi_1 + \xi_2)}. \quad (20.8)$$

Величину фільтраційного опору  $\xi_1$  визначають за графіками (рис. 20.2 або 20.3), користуючись якими вважають, що

$$m = H_{cp} = H - S/2, \quad \text{м,} \quad (20.9)$$

де  $H_{cp}$  – середня потужність безнапірного водоносного пласта під час відкачування води, м.

Фільтраційний опір  $\xi_2$  визначають за графіками (рис. 20.4).

Витрату одиночних свердловин визначають ще й за результатами відкачувань, які завжди проводять після закінчення буріння свердловин перед передачею їх в експлуатацію. Найчастіше пробні відкачування проводять з трьома зниженнями статичного рівня води. При цьому мінімальне зниження не повинне бути меншим за 1 м, за винятком самовиливних свердловин, а максимальне зниження повинно забезпечувати не менш ніж 75% проєктного дебіту. Та якщо за першого зниження рівня дебіт свердловини перевищує проєктний, то подальші відкачування можуть бути припинені [1].

Під час пробних відкачувань одночасно визначають дебіт свердловини і зниження статичного рівня води у ній. За даними цих вимірювань складають графік  $Q = f(S)$ , за яким пізніше можна робити

висновки про можливу продуктивність свердловини, правильність влаштування фільтра тощо.

Орієнтовні значення питомого дебіту  $q_{пит}$  для свердловин, що забирають воду з напірних пластів, можна брати в таких межах [1]:

- для дуже дрібних пісків – 0,3-0,5 (м<sup>3</sup>/год)/м;
- для дрібних пісків – 2-4 (м<sup>3</sup>/год)/м;
- для пісків середньої крупності – 4-8 (м<sup>3</sup>/год)/м;
- для пісків крупнозернистих, з домішками гравію – 10-12 (м<sup>3</sup>/год)/м.

### 20.3. Розрахунок взаємодійних свердловин

Якщо розрахункового дебіту не можна досягти однією свердловиною, то слід розглядати можливість влаштування декількох свердловин, які будуть забирати воду з одного або з двох-трьох водоносних пластів. При цьому слід мати на увазі, що влаштування двох і більше свердловин, які забирають воду з одного і того самого водоносного пласта, може призвести до їх взаємного впливу, що спричинить зменшення витрати кожної із них. Це відбувається, коли відстань між ними є меншою за суму їх радіусів впливу. У такому разі витрати свердловин визначають, виходячи із загального зниження статичного рівня води у взаємодійних свердловинах [1].

У процесі експлуатації взаємодійних досконалих свердловин, які забирають воду із напірного водоносного пласта, їх загальна витрата може бути визначена за формулою [1]

$$\sum Q = \frac{2,73K_{\phi}m \sum_0^n S_i}{\sum_0^n \lg \frac{R_i}{r_{i-1}}}, \quad (20.10)$$

де  $n$  – кількість взаємодійних свердловин;  $R_i$  – радіус впливу кожної з взаємодійних свердловин;  $r_{i-1}$  – відстань між взаємодійними свердловинами;  $S_i$  – зниження статичного рівня води в  $i$ -й з взаємодійних свердловин.

За розрахунками визначають кількість свердловин, їх розміри і відстань між ними, витрату кожної свердловини за розрахункового зниження статичного рівня  $S_p$ , зважаючи, що воно не повинне перевищувати допустимих значень ( $S_p \leq S_{доп}$ ).

Розрахункова величина зниження статичного рівня  $S_p$  повинна складатися з величини зниження статичного рівня, потрібного для

припливу води до свердловини у водоносному пласті, та величини додаткового зниження рівня  $\Delta S$  через подолання опору під час входу води з водоносного пласта у свердловину крізь фільтр. Величину цього опору орієнтовно можна визначити за формулою [1]:

$$\Delta S = 0,01a \sqrt{\frac{Q_p S}{K_\phi F_\phi}}, \quad (20.11)$$

де  $S$  – зниження рівня води в свердловині, м, для припливу до неї розрахункової кількості води  $Q_p$ , м<sup>3</sup>/добу;  $F_\phi$  – робоча площа поверхні фільтра, м<sup>2</sup>;  $a$  – коефіцієнт, що залежить від конструкції фільтра ( $a = 6-8$  – для трубчастих фільтрів з круглою та щілинною перфорацією і каркасно-стержневих фільтрів;  $a = 12-22$  – для гравійних фільтрів і  $a = 15-25$  – для фільтрів із водоприймальною поверхнею із сітки, дроту і штампованого сталевого листа).

#### **20.4. Визначення кількості свердловин і відстаней між ними**

Кількість робочих свердловин визначають залежно від розрахункової витрати водозабору  $Q_p$  і можливого дебіту однієї свердловини, що визначається за формулою [5]

$$Q_1 = q_{\text{пит}} \cdot S_p, \quad \text{м}^3/\text{год}. \quad (20.12)$$

Питомий дебіт свердловини  $q_{\text{пит}}$  слід визначати, зважаючи на його зменшення внаслідок можливої взаємодії свердловин.

Величина розрахункового (можливого) зниження статичного рівня води  $S_p$  залежить від висоти стовпа води  $H_e$ , що встановлюється в свердловині після буріння експлуатаційного водоносного горизонту, потужності водоносного пласта  $m$  і оптимальних економічних умов роботи водозабору. Щодо свердловин, обладнаних фільтром, то за  $H_e \geq 2m$  орієнтовно можна вважати, що

$$S_p = (0,2-0,3) H_e. \quad (20.13)$$

У безфільтрових свердловинах, що забирають воду з тріщинуватих скельних порід, а також малонапірних водоносних пластів, зниження рівня води визначають за формулою

$$S_p = H_e - (0,75-1,0) m. \quad (20.14)$$

Величину найвигіднішого зниження статичного рівня води в свердловинах  $S_{p,e}$  слід визначати на підставі техніко-економічних розрахунків.

Потрібну кількість робочих свердловин визначають за формулою

$$n_{роб} = Q_p / Q_1, \quad (20.15)$$

а отриманий результат заокруглюють до найближчої більшої цілої величини.

Кількість резервних свердловин визначають з табл. 20.1 залежно від кількості робочих свердловин і категорії водозабору, яку встановлюють за вимогами надійності роботи водопроводу щодо забезпечення розрахункових витрат води. Для водозаборів III категорії проєктують одну резервну свердловину незалежно від кількості робочих свердловин і на складі резервують насоси у кількості  $n_{рез} = 0,1n_{роб}$ , але не менше одного. Така сама кількість резервних насосів має бути і для водозаборів I і II категорій [5].

Таблиця 20.1

#### Кількість резервних свердловин

Кількість робочих свердловин	Кількість резервних свердловин за категорії водозабору	
	I	II
1-4	1	1
5-12	2	1
>13	0,2 $n_{роб}$	0,1 $n_{роб}$

Оптимальні відстані між водозабірними свердловинами, від яких залежить величина їх взаємодії, визначають на підставі техніко-економічних розрахунків. Орієнтовно їх можна брати за табл. 20.2 залежно від виду водоносної породи і витрати свердловини.

Таблиця 20.2

#### Відстані між водозабірними свердловинами, м

Водоносна порода	Витрата свердловини, м <sup>3</sup> /год		
	до 20	20-100	100-500
Пісок:			
дрібний	50	50-70	70-100
середньозернистий	70-100	100-150	120-150
крупнозернистий	100-120	120-150	150-200
Гравійні і тріщинуваті	120-150	150-200	200-250

*Примітка.* Менші значення беруть для високонапірних водоносних пластів, більші – для малонапірних.

## 20.5. Добір експлуатаційних насосів для водозабірних свердловин

Насоси, які встановлюють у свердловинах для постійної експлуатації, добирають за витратою води з однієї свердловини  $Q_H$  і напором  $H_p$ , що визначають за формулами [5]:

$$Q_H = Q_p / \eta_{роб} , \quad (20.16)$$

$$H_p = H_e + S_p + \Sigma h \quad (20.17)$$

де  $Q_p$  – розрахункова витрата водозабору, м<sup>3</sup>/год;  $H_e$  – геометрична висота водопідйому, що вимірюється від статичного рівня води у свердловині  $Z_{cm}$  до рівня води в резервуарі, куди її подають насосом (рис. 20.5):

$$H_e = Z_P - Z_{cm} ; \quad (20.18)$$

$S_p$  – розрахункове зниження статичного рівня води в свердловині за відкачування витрати  $Q_H$ ; для свердловини, що живиться напірними водами:

$$S_p = Q_H / q ; \quad (20.19)$$

$q$  – питомий дебіт свердловини, (м<sup>3</sup>/год)/м;  $\Sigma h$  – сума втрат напору на шляху руху води від водоносного пласта до резервуара.

Визначаючи величину  $\Sigma h$ , слід брати до уваги втрати напору у фільтрі свердловини, в щілині між електродвигуном і обсадною колоною, у водопідйомних трубах й у водоводі від свердловини до резервуара.

Марку насоса добирають за каталогом насосів. При цьому перевагу віддають насосам із заглибним електродвигуном і з більш високим ККД.

Майданчик для розміщення свердловин обирають у місцях, де немає небезпеки його забруднення стічними водами, натомість є сприятливі умови для живлення водоносного пласта (в долинах річок).

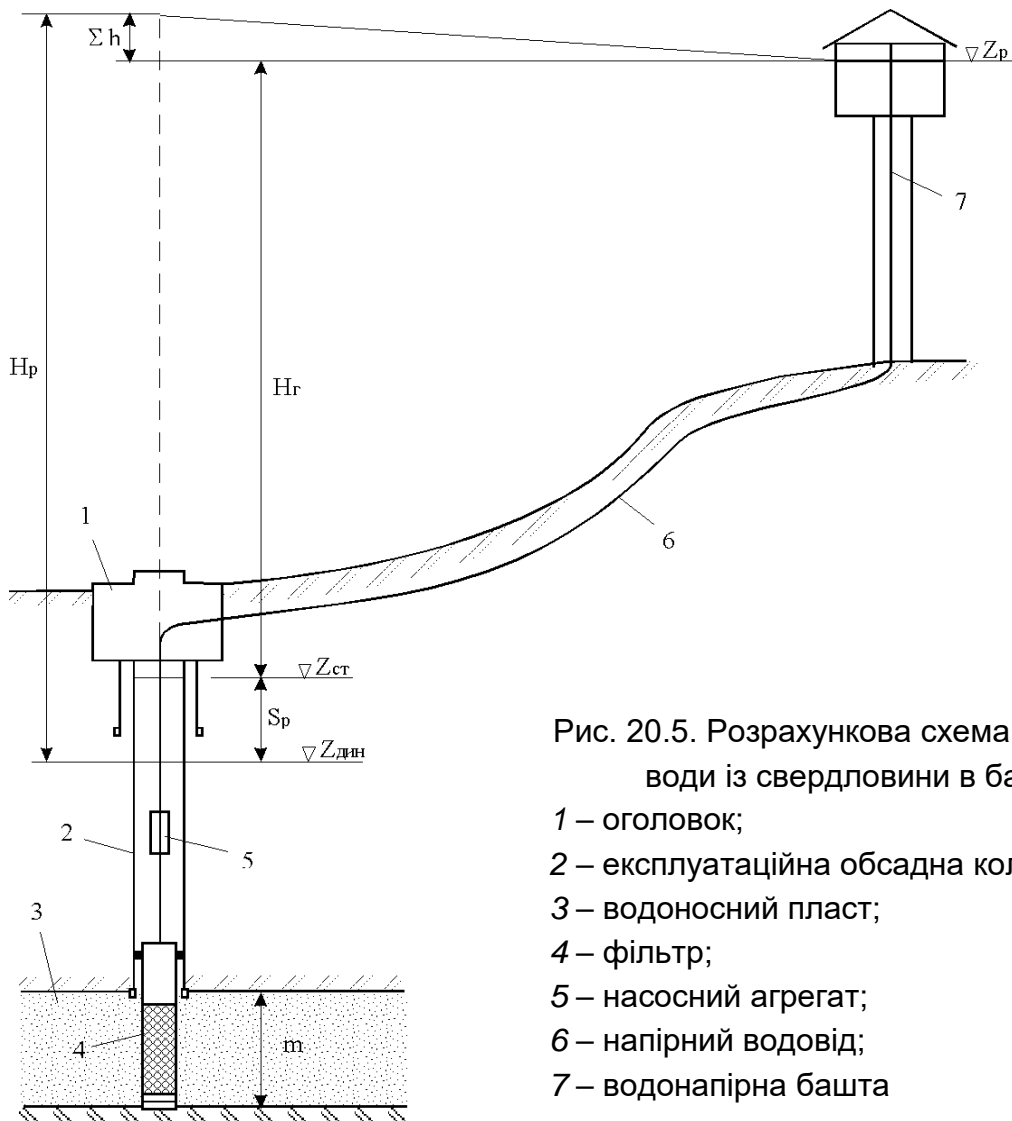


Рис. 20.5. Розрахункова схема подавання води із свердловини в башту:

- 1 – оголовок;
- 2 – експлуатаційна обсадна колона;
- 3 – водоносний пласт;
- 4 – фільтр;
- 5 – насосний агрегат;
- 6 – напірний водовід;
- 7 – водонапірна башта

Розміщують свердловини якнайближче до найбільших водоспоживачів.

### **Запитання для самоконтролю**

1. Які завдання ставлять, розраховуючи водозабірні свердловини?
2. Назвіть основні розрахункові схеми водозаборів з підземних джерел.
3. Як визначають дебіт досконалих і недосконалих свердловин, що забирають воду з напірних та безнапірних водоносних пластів? Які параметри для цього потрібно знати?
4. Вкажіть особливості розрахунку взаємодійних свердловин.
5. Від чого залежить кількість робочих та резервних свердловин у розрахунках водозаборів з підземних джерел?
6. Як встановлюють оптимальні відстані між водозабірними свердловинами?

7. За якими параметрами добирають експлуатаційні насоси для водозабірних свердловин?
8. Що треба брати до уваги у виборі майданчика для розміщення свердловин?

## Тема 21. ФІЛЬТРИ СВЕРДЛОВИН

### 21.1. Призначення і особливості роботи

Фільтр належить до найвідповідальніших елементів водозабірної свердловини. Він призначений для кріплення її стінок у межах водоносного пласта і запобігання винесенню частинок водоносної породи всередину свердловини під час фільтрування води.

Фільтр повинен мати достатню механічну міцність, належну хімічну стійкість, добру пропускну здатність, довговічність. Він не повинен заростати осадам, який виділяється з води, забиватися дрібними частинками порід, погіршувати якість води, що надходить у свердловину з водоносного пласта [5].

Встановлено, що робота отворів фільтра буде оптимальною, якщо над ним влаштувати місток з найкрупніших частинок породи (рис. 21.1). При цьому на початку відкачування маленькі частинки проходять крізь отвори всередину фільтрової колони. Частина з них осідає у відстійнику. У міру відкачування води до отвору підходять крупніші частинки, які, заклинюючись в отворах, влаштовують місток. За постійного дебіту свердловини місток існує досить надійно і довго, але в разі зміни дебіту містки руйнуються, частинки проходять крізь фільтр й осідають у відстійнику. Внаслідок цього утворюється новий місток. Розміри отворів тим більші, чим більші частинки порід [2].

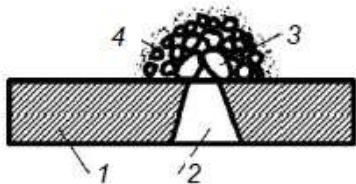


Рис. 21.1. Схема роботи отвору фільтра:  
1 – стінка фільтра; 2 – отвір; 3 – місток із зерен породи; 4 – водоносна порода

Фільтр складається з окремих секцій завдовжки 1-5 м, які за допомогою нарізних муфт збирають в колони. Робоча частина фільтра має не доходити до покрівлі та підшви водоносного шару на 0,5-0,1 м [2].

## 21.2. Основні типи фільтрів

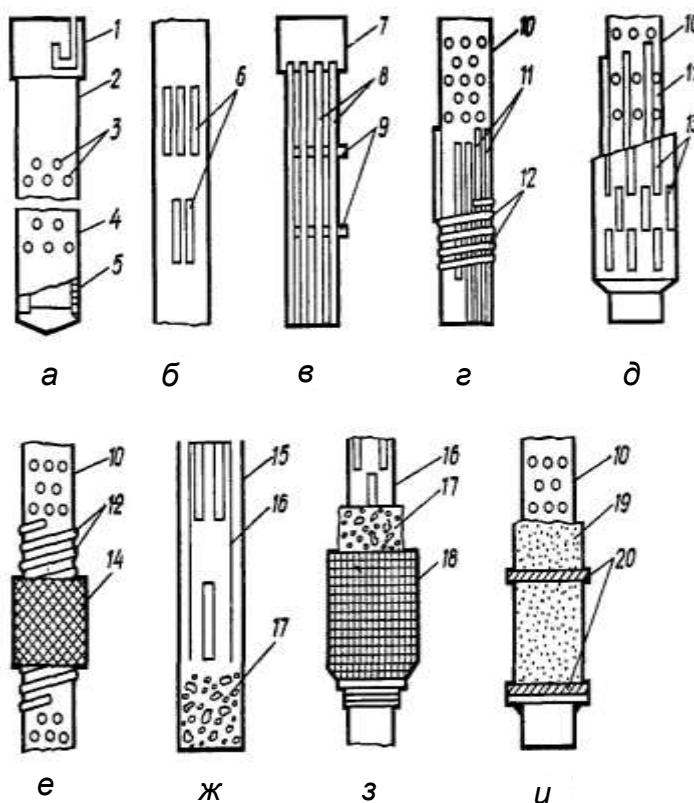
Тип і конструкцію фільтра (рис. 21.2, табл. 21.1) обирають залежно від характеру водоносних порід, глибини свердловини, витрати води з неї, якості води, а також умов і режиму експлуатації свердловини [5].

*Трубчасті фільтри* виконують з обсадних труб з нарізку на кінцях для їх з'єднання за допомогою муфт. Зазвичай трубчасті фільтри виготовляють нецентралізовано в майстернях бурових організацій. Ці фільтри мають шпаруватість від 25 до 35% за діаметра отворів 16-20 мм, схильні до корозії. Трубчасті фільтри з щілинною перфорацією мають довжину щілин 50-250 мм і ширину 2,5-15 мм. Ширина щілин може бути й меншою, але вони швидко заростають або забиваються водоносною породою. Відстань між щілинами у десять разів більша, ніж їх ширина. Трубчасті фільтри з круглою перфорацією переважно слугують каркасом для більш складних конструкцій фільтрів [2].

*Сітчасті фільтри* виконують, намотуючи сітки галунного або рапсового плетива на трубчастий каркас з підмоткою (рис. 21.3).

Рис. 21.2. Типи фільтрів водозабірних свердловин:

а – трубчастий фільтр-каркас з круглими отворами; б – щілинний; в – каркасно-стержневий; г – дротяний; д – із штампованого сталюго листа; е – сітчастий; ж – гравійно-засипний; з – гравійно-кожуховий; и – блоковий;  
 1 – муфта з фігурним вирізом; 2 – надфільтрова труба; 3 – водоприймальні отвори; 4 – відстійник; 5 – пробка; 6 – щілини; 7 – з'єднувальний патрубок; 8 – металеві стержні; 9 – опорні кільця жорсткості; 10 – дірчастий каркас; 11 – підкладові поздовжні стержні; 12 – дротяна обмотка; 13 – водоприймальна поверхня зі штампованого листа; 14 – сітка; 15 – обсадна труба; 16 – щілинний каркас; 17 – гравійна обсіпка; 18 – кожух із сітки квадратного плетива; 19 – блоки з пористого бетону; 20 – гумові ущільнювачі



Розмір вічка сітки визначають дослідним шляхом: просіюванням сухого водоносного піску крізь набір сіток. Вважають, що сітка, яка пропускає 30...70% водоносного піску, дає позитивний ефект у роботі фільтра [2].

Зазвичай, використовують сітку галунного плетива за номерами 6/70; 7/70; 10/70; 10/90; 12/90; 14/100; 16/100; 18/130; 20/160 і відповідними розмірами отворів: 0,34; 0,34; 0,32; 0,27; 0,27; 0,23; 0,23; 0,17; 0,14 мм.

Таблиця 21.1

**Типи і конструкції фільтрів водозабірних свердловин**

Водоносні породи	Переважає крупність частинок (понад 50% за масою), мм	Фільтри
Напівскельні, нестійкі	-	Трубчасті, щілинні і каркасно-стержньові (див. рис. 21.2, а, б, в)
Щебінь і галька	20-100	Те саме
Гравій і гравелистий пісок	2-5	Трубчасті, щілинні, дротяні, з водоприймальною поверхнею із штампованого сталюого листа (рис. 21.2, а, б, в, д)
Пісок		
крупний	1-2	Дротяні, із штампованого сталюого листа, сітчасті (рис. 21.2, в, д, е)
середній	0,25-0,5	Сітчасті, гравійні (рис. 21.2, е, ж, з)
дрібний	0,1-0,25	Гравійні, блочні, склопластикові (рис. 21.2, ж, з, и)

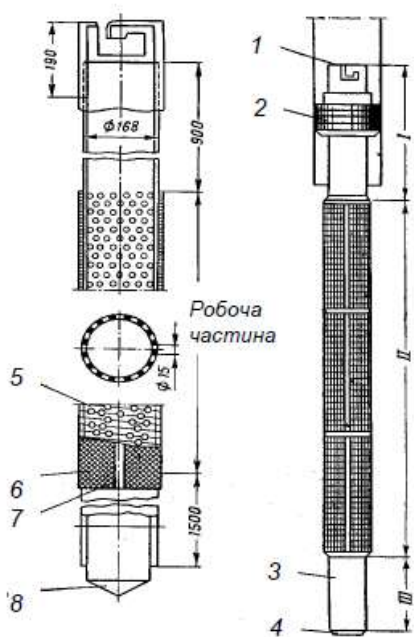


Рис. 21.3. Сітчастий фільтр:

- I – надфіiltroва труба;
- II – фільтр;
- III – відстійник;
- 1 – замок;
- 2 – сальник;
- 3 – відстійник;
- 4 – корок;
- 5 – латунний дріт;
- 6 – сітка;
- 7 – повздожняя латунна накладка;
- 8 – дерев'яний корок

Використовують також сітки з латуні або з неіржавіючої сталі для запобігання її корозії та руйнуванню у свердловині. Сітка повинна обмотувати каркас одним шаром з невеликими загинами в місцях з'єднання. З'єднання вертикального шва сітки виконують за допомогою припаювання вертикальних латунних накладок або шляхом зшивання. При цьому трубчастий каркас має повздовжні стержні діаметром 3 мм та намотаний за гвинтовою лінією дрiт діаметром 1 мм [2].

*Дротяний фільтр* має трубчастий каркас з круглою перфорацією, на зовнішній поверхні якого по периметру на відстані один від одного закріплені повздовжні дроти діаметром 4-5 мм. Зверху механічним способом на токарному станку намотується дрiт діаметром 3 мм з просвітом між витками 0,5-3 мм [2].

*Каркасно-стержньовий фільтр* відрізняється від попереднього тим, що замість трубчастого каркаса виготовляють каркас з повздовжніх дротів діаметром 12-15 мм. Дроти тримають круглий переріз завдяки з'єднувальним патрубкам та опорним кільцям, до яких їх приварюють. Діаметр дроту для намотування – 1,5-4 мм з шириною просвіту 0,5-6 мм. Шпаруватість дротяних фільтрів дорівнює 11-80 %, вона більша за більшого просвіту та меншого діаметра обмотувального дроту. Великим недоліком таких фільтрів є те, що їх треба дуже обережно розміщувати в свердловині, щоб не збити витки. Тому, незважаючи на високу шпаруватість, їх не використовують для глибоких свердловин, фільтрів з обсипаним навколо нього шаром або кількома шарами піску чи гравію. Такі фільтри можна виготовляти на поверхні землі (кожухові) та безпосередньо у водоносному шарі (обсипні).

*Кожухові фільтри* використовують переважно за роторного способу буріння. Кожна секція фільтра має закріплений знизу сітчастий або з перфорованого листа кожух, куди щільно засипають гравій. Потім зверху кожух затягують хомутом. Отвори в каркасі кожної секції повинні бути нижче від верхнього рівня обсипки на 500 мм. Секції збирають у фільтрову колону й у готовому вигляді опускають у свердловину [2].

*Обсипні фільтри* найчастіше використовують за ударно-канатного способу буріння. При цьому у розкритий та обсаджений водоносний шар опускають каркас й по засипних трубках засипають гравій. Для обсипки гравійних фільтрів використовують пісок, гравій, піщано-гравійну суміш [2].

Товщина шарів обсипки для кожухових фільтрів – не менш як 30 мм, а для обсипних фільтрів – не менш як 50 мм. За глибини свердловини до 50 м надфільтрова труба фільтрової колони повинна

мати сальник та довжину не менш як 3 м, за більшої глибини – не менше ніж 5 м. Довжина відстійника не повинна перевищувати 2 м [2].

Слід відмітити, що трубчасті фільтри з круглими або щілинними отворами потребують великих витрат ручної праці, через що утворюється багато відходів (до 30%). Крім того, такі фільтри зазнають корозії і швидко руйнуються та обростають осадам. Поліетиленові і поліхлорвінілові фільтри мають недостатню міцність. Тому останніми роками почали застосовувати склопластикові фільтри, які виготовляють методом перехресного намотування з утворенням отворів між джгутами в межах від 0,5 до 5 мм. Такі фільтри з внутрішнім діаметром від 168 до 426 мм мають товщину стінки від 12 до 20 мм, масу одного погонного метра довжини фільтра від 16,4 до 37,3 кг та відносну поверхню прохідних отворів від 30 до 60%. Вони хімічно і механічно стійкі і технологічні у виготовленні і монтажі [5].

У проектуванні водозабірних свердловин після гідрогеологічних досліджень виконують технологічні розрахунки для визначення розмірів фільтра, добору водопідйомника та розробки конструкції свердловини.

### 21.3. Розрахунок фільтрів

Розміри прохідних отворів фільтрів (табл. 21.2) визначають залежно від крупності частинок водоносної породи  $d_{10}$ ,  $d_{50}$  і  $d_{60}$  (розмірів, менших за які у водоносному пласті є відповідно 10, 50 і 60% за масою піску), а також залежно від коефіцієнта неоднорідності породи  $K_n = d_{60}/d_{10}$  [5].

Таблиця 21.2

#### Розміри прохідних отворів фільтрів водозабірних свердловин

Тип фільтра	Розміри отворів за коефіцієнта неоднорідності $K_n$	
	$\leq 2$	$> 2$
Дірчастий	2,5-3	3-4
Щілинний	1,25-1	1,5-2
Сітчастий	1,5-2	2-2,5

Діаметр частинок обсіпки гравійних фільтрів визначають за формулою [5]

$$D_{50} = (8-12) d_{50}, \quad (21.1)$$

де  $D_{50}$  – розмір, менше за який у гравійній обсіпці знаходиться 50% частинок за масою, мм.

Для багат шарових фільтрів діаметри частинок гравійної обсіпки підбирають за співвідношенням

$$D_2 / D_1 = 4-6, \quad (21.2)$$

де  $D_1$  і  $D_2$  – середні діаметри частинок сусідніх шарів гравійної обсіпки, мм.

Товщина кожного шару гравійно-кожухових фільтрів повинна бути не менш ніж 30 мм і гравійних засипних фільтрів – не менш ніж 50 мм.

Діаметр частинок гравію блочних фільтрів з пористого бетону і пористої кераміки визначають за формулою

$$D_{cp} = (10-16) d_{50}, \quad (21.3)$$

де  $D_{cp}$  – середній діаметр частинок гравію у блоці фільтра, мм.

Розміри фільтра визначають розрахунками залежно від максимального дебіту свердловини  $Q_{max}$  та допустимої швидкості руху води  $V_\phi$  у місці виходу її з водоносного пласта в свердловину

$$F_\phi \geq Q_{max} / V_\phi, \text{ м}^2, \quad (21.4)$$

де  $F_\phi$  – площа фільтрувальної поверхні фільтра:

$$F_\phi = \pi D_\phi l_\phi, \quad (21.5)$$

де  $D_\phi$  – діаметр фільтра, м;  $l_\phi$  – довжина робочої частини фільтра, м.

Допустиму швидкість виходу води з пласта (вхідну швидкість фільтрації)  $V_\phi$ , м/добу, визначають за формулами [5]:

- для дірчастих, щілинних, дротяних і сітчастих фільтрів

$$V_\phi = 65 \sqrt[3]{K_\phi}; \quad (21.6)$$

- для гравійних і блокових фільтрів

$$V_\phi = 1000 K_\phi (d_{50} / D_{50})^2. \quad (21.7)$$

У гравійному фільтрі за  $D_\phi$  беруть діаметр зовнішнього контуру обсіпки, тобто діаметр циліндричної поверхні водоносної породи, що прилягає до фільтра.

Отже, діаметр фільтра:

$$D_\phi = Q_{max} / \pi l_\phi V_\phi, \text{ м}. \quad (21.8)$$

Довжину робочої частини фільтра  $l_\phi$  визначають залежно від потужності водоносного пласта  $m$ , коефіцієнта фільтрації порід  $K_\phi$ , витрати свердловини  $Q_{max}$  і конструкції фільтра. У водоносних пластах потужністю до 10 м можна брати [5]:

$$l_\phi = m - (1-2), \text{ м}, \quad (21.9)$$

а в пластах більшої потужності

$$l_\phi = \alpha m, \text{ м}, \quad (21.10)$$

де коефіцієнт  $\alpha = 0,5-0,8$ .

Діаметр фільтра  $D_f$  повинен бути не меншим за 80-100 мм (для зручності під час ремонту).

#### **21.4. Регенерація**

У процесі експлуатації водозабірних свердловин їхній питомий дебіт може зменшуватися. Це відбувається внаслідок таких причин [13]:

- заростання отворів фільтра і порового простору водоносного шару, що оточує фільтр, солями заліза, кальцію, магнію або біологічною плівкою (хімічна та біологічна кольматація);
- механічне заклинювання цих отворів частинками, що є дрібнішими, ніж основна маса водоносної породи (механічна кольматація);
- зниження рівня води в свердловині через збільшення загального відбору води з водоносного пласта в разі під'єднання інших побудованих свердловин;
- перетікання води з експлуатованого водоносного пласта в неексплуатовані крізь тріщини в закладеннях затрубного і міжтрубного просторів або крізь свищі, що утворилися в обсадних трубах унаслідок їх корозії;
- зміна характеристик насосного обладнання.

Іноді зниження продуктивності свердловин може статися унаслідок погіршення умов наповнення водоносного пласта (зменшення випадання атмосферних опадів, дренажування території тощо). У таких випадках вдаються до штучних методів поповнення запасів підземних вод [13].

Під час роботи свердловини її фільтр може кольматуватись (рис. 21.4) як механічними домішками і частинками самої породи водоносного шару, так і солями заліза, магнію, кальцію, що перебувають у воді підземного джерела і поступово відкладаються на поверхні фільтра, зменшуючи його пропускну здатність. Така кольматація фільтрів призводить до зростання втрат напору під час надходження води у свердловину та зменшення її дебіту, а також до зниження рівня води у ній та збільшення висоти водопідняття, що погіршує економічні показники комунального підприємства через перевитрату електроенергії [13].

Таким чином, під час забору води з підземних джерел кольматація фільтрів свердловин може стати великою проблемою, коли подальша їх експлуатація стає економічно недоцільною або й зовсім неможливою.

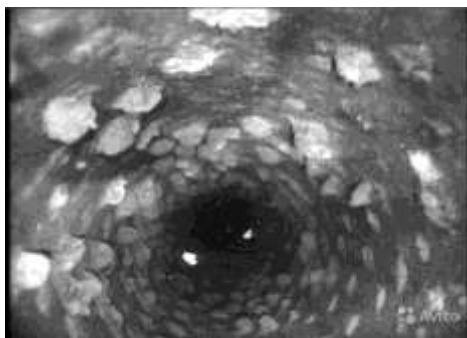


Рис. 21.4. Кольматація фільтра свердловини

Для відновлення дебіту свердловин у разі механічної або хімічної кольматації вдаються до спеціальних методів. До основних з них належать імпульсні, реагентні та імпульсно-реагентні (комбіновані).

**Імпульсні** методи основані на створенні всередині фільтра й у прифільтровій зоні миттєвого перепаду тиску, який призводить до ударних навантажень різної інтенсивності, що утворюють фільтраційні потоки поперемінного напрямку [13].

Спільна дія ударних і фільтраційних сил спричиняє руйнівний ефект на кальматант, який цементує отвори фільтрів і прифільтровий простір.

Регенерацію свердловин за цим методом виконують різними шляхами: вибухом торпед з детонаційного шнура, електрогідравлічним ударом, пневмовпливом та іншими способами.

**Вибухові методи** очищення фільтрів і свердловин застосовують у разі закладання їх в міцних тріщинуватих породах, а також у випадках заростання фільтрів щільними, міцними осадами, в яких переважають карбонати і солі кремнієвих кислот. Для вибухової обробки застосовують торпеди ТДШ (ТДШ-50, ТДШ-25, ТДШ-В), забезпечені детонаційним шнуром ДШ-В або ДШУ-В, і фугасні торпеди ТШ або Ф-2 різних конструкцій (рис. 21.5).

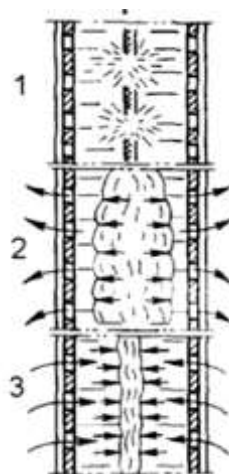


Рис. 21.5. Схема дії вибуху для очищення фільтра:

- 1 – детонує шнур у момент вибуху;
- 2 – розширення газового мішура;
- 3 – стиснення газового мішура

Під дією вибуху торпеди з детонаційного шнура в зоні фільтра і в зоні водоприймальної частини безфільтрової свердловини утворюються великі тріщини, а в результаті обвалення породи збільшується діаметр водоприймальної частини свердловини. Рекомендується застосування вибухового методу у свердловинах не більше трьох разів через небезпеку руйнування фільтра і виходу свердловин з ладу [13].

*Електрогідравлічна обробка* заснована на руйнуванні і видаленні кольматувальних відкладень хвилями, що виникають унаслідок імпульсних електричних розрядів. Для цього використовують спеціалізовані установки, призначені для створення електрогідравлічного удару вздовж фільтра з тиском до 5-6 МПа. Енергія, накопичена в конденсаторі розрядного контуру, через повітряний проміжок коаксіальним кабелем у формі імпульсу струму високої напруги подається до рідинного розрядного пристрою, зануреного в свердловину в зоні розміщення фільтра. В рідинному розряднику, який безперервно переміщується вздовж фільтра, поширюються ударні хвилі [13].

*Пневмоімпульсний вплив* здійснюють спеціальні установки, що утворюють за допомогою стиснутого повітря у стволі свердловини хвилі підвищеного тиску інтенсивністю до 4 МПа і фільтраційні потоки з високими градієнтами.

Імпульсні методи регенерації дають змогу відновити витрату свердловин до 40-60% від початкового значення. Міжремонтний період в умовах подальшої експлуатації свердловин становить близько року. Однак застосування імпульсних методів в свердловинах, які піскують, категорично забороняється [13].

*Реагентні* методи обробки свердловин основані на застосуванні реагентів, які сприяють розчиненню кальматанта у фільтрі і прифільтровій зоні. Вони дають змогу домогтися значного відновлення дебіту свердловин. Відбирають реагенти залежно від складу водоносних порід, конструкції свердловини і фільтра, а також характеру кольматаційних осадів. Найбільш ефективними реагентами є інгібована соляна кислота концентрацією 10-15% та розчин дитіоніту натрію [13].

Для оброблення однієї водозабірної свердловини потрібно від 300 до 1000 кг соляної кислоти залежно від діаметра і довжини фільтра. В попередньо загерметизовану свердловину трубками подають кислоту і стисненим повітрям проштовхують її крізь фільтр у водоносний пласт.

Обробка свердловини таким методом зводиться до кількох повторюваних циклів, кожен з яких складається з таких операцій [13]:

- 1) по трубопроводу самопливом подають розчин соляної кислоти;
- 2) після заливання кислоти оголовок свердловини негайно перекривають і компресором по трубопроводу подають повітря для стиснення води до певного рівня;
- 3) за 15-20 хв компресор зупиняють і по трубопроводу скидають продукти реакції;
- 4) після того як рівень у свердловині відновиться, операцію повторюють 8-10 разів протягом 2 год.

Продавлювання кислоти стисненим повітрям крізь фільтр у прифільтрову зону, заповнену кольматантом, сприяє його розчиненню, після чого продукти реакції видаляють зі свердловини. По завершенню обробки свердловини демонтують герметизувальний пристрій, монтують ерліфтну систему або заглибний насос і виконують відкачування, під час якого видаляють залишкову кількість реагенту і продукти реакції. Потім свердловину запускають у режим експлуатації [13].

**Комбінований імпульсно-реагентний** (віброреагентний) метод відновлення дебіту свердловин оснований на поєднанні реагентного впливу та гідродинамічної обробки кольматанту.

Орієнтовно міжремонтний період для свердловин у водоносних піщаних породах із залізовмісними підземними водами гідрокарбонатно-кальцієвого типу становить після застосування імпульсних методів відновлення до одного року, реагентних і комбінованих методів – 2-4 роки. Така обробка свердловин дає можливість домогтися високих показників відновлення їх дебіту – до 70% початкового значення.

Крім описаних методів відновлення дебіту свердловин, застосовують й інші способи, зокрема [2, 13]:

- очищення внутрішньої поверхні фільтра спеціальними йоржами-щітками;
- переривчасте відкачування води ерліфтом великої продуктивності (більшої за розрахунковий дебіт);
- утворення гідравлічного удару важкою желонкою;
- наливання води в свердловину;
- промивання фільтра водою, що подається у свердловину насосами від сусідніх трьох-чотирьох свердловин упродовж двох-трьох діб.

## **Запитання для самоконтролю**

1. Що таке фільтр свердловини? Яке його призначення?
2. Назвіть вимоги, які ставлять до фільтрів водозабірних свердловин.
3. Залежно від яких чинників обирають тип і конструкцію фільтра?
4. Опишіть основні типи фільтрів свердловин та їх характеристики.
5. Як встановлюють розміри прохідних отворів фільтрів свердловин?
6. Що треба брати до уваги, визначаючи діаметр фільтра та довжину його робочої частини?
7. Унаслідок яких причин відбувається зниження дебіту свердловин під час експлуатації?
8. Які методи застосовують для відновлення дебіту свердловин?
9. На чому ґрунтуються імпульсні методи очищення фільтрів свердловин? В яких випадках їх застосовують?
10. Як виконують реагентну обробку свердловин для відновлення їх дебіту? Які реагенти є найбільш ефективними?
11. Скільки триває міжремонтний період для свердловин, що забирають залізовмісні підземні води з піщаних порід, після застосування різних методів очищення фільтрів?

## **Тема 22. ШАХТНІ КОЛОДЯЗІ. ЗБІРНІ ВОДОВОДИ**

### **22.1. Призначення і конструктивні схеми колодязів**

Шахтні колодязі застосовують для забору води з малодебітних водоносних пластів, що залягають на досить невеликих глибинах (до 30-40м). Вони є одними з найпоширеніших водозабірних споруд в системах сільськогосподарського водопостачання невеликих населених пунктів і окремо розміщених об'єктів. Шахтні колодязі бувають *досконалого і недосконалого* типів (рис. 22.1). За потужності водоносного пласта до 3 м застосовують колодязі досконалого типу, а за більшої потужності можливе влаштування як досконалих, так і недосконалих колодязів [2; 5].

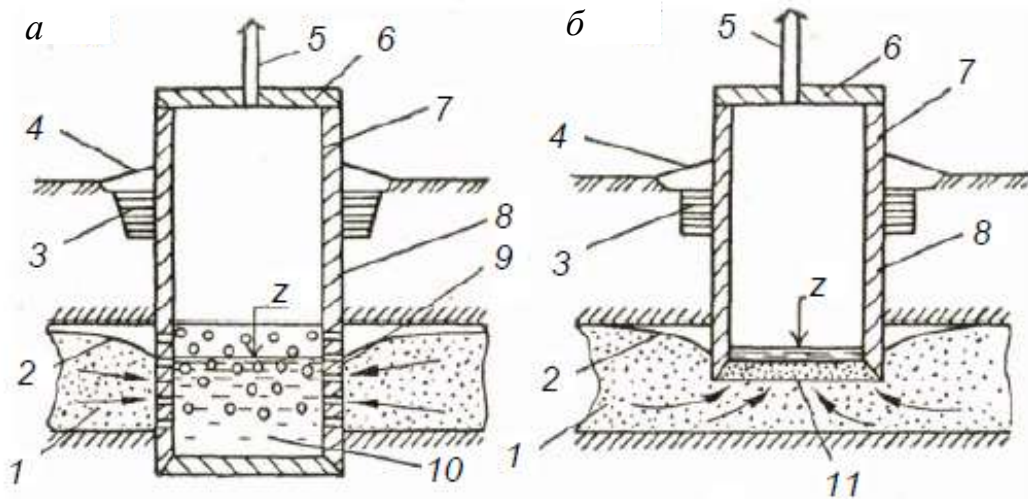


Рис. 22.1. Схеми шахтних колодязів:

*а* – досконалого типу; *б* – недосконалого типу;

1 – водоносний пласт; 2 – депресійна крива; 3 – глиняний замок;  
 4 – вимощення; 5 – вентиляційна труба; 6 – кришка; 7 – оголовок; 8 – ствол;  
 9 – водоприймальна частина; 10 – зумпф; 11 – зворотний фільтр

Шахтний колодязь складається із водоприймальної частини, ствола і наземної частини (оголовок). Вертикальну шахту (ствол) колодязя виконують прямокутного чи круглого перерізу. Нижню частину обладнують фільтром, а у верхній розміщують обладнання для нагляду за експлуатацією колодязя та виконують облаштування, що запобігає його забрудненню (рис. 22.2) [5].

Шахтні колодязі влаштовують якнайближче до споживачів на незатоплюваних ділянках, не ближче 30 м від можливих джерел забруднення.

Для того щоб запобігти обвалу колодязя або його можливому забрудненню, стінки колодязя закріплюють бетоном або збірним залізобетоном (рідше бутом, цеглою і деревиною).

Наземна частина (оголовок) згідно із санітарними вимогами повинна бути розміщена на 0,8 м вище від поверхні землі і закрита кришкою. Навколо неї роблять замок з утрамбованої глини завглибшки 1,5-2 м і завширшки 0,5 м, який запобігає забрудненню колодязя поверхневими водами. Поверхню землі навколо оголовка асфальтують з похилом 0,025 від колодязя або влаштовують вимощення завширшки 1-2 м з похилом 0,1. Шахтний колодязь обладнують вентиляційною трубою, яку виводять вище від поверхні землі не менше як на 2 м [5].

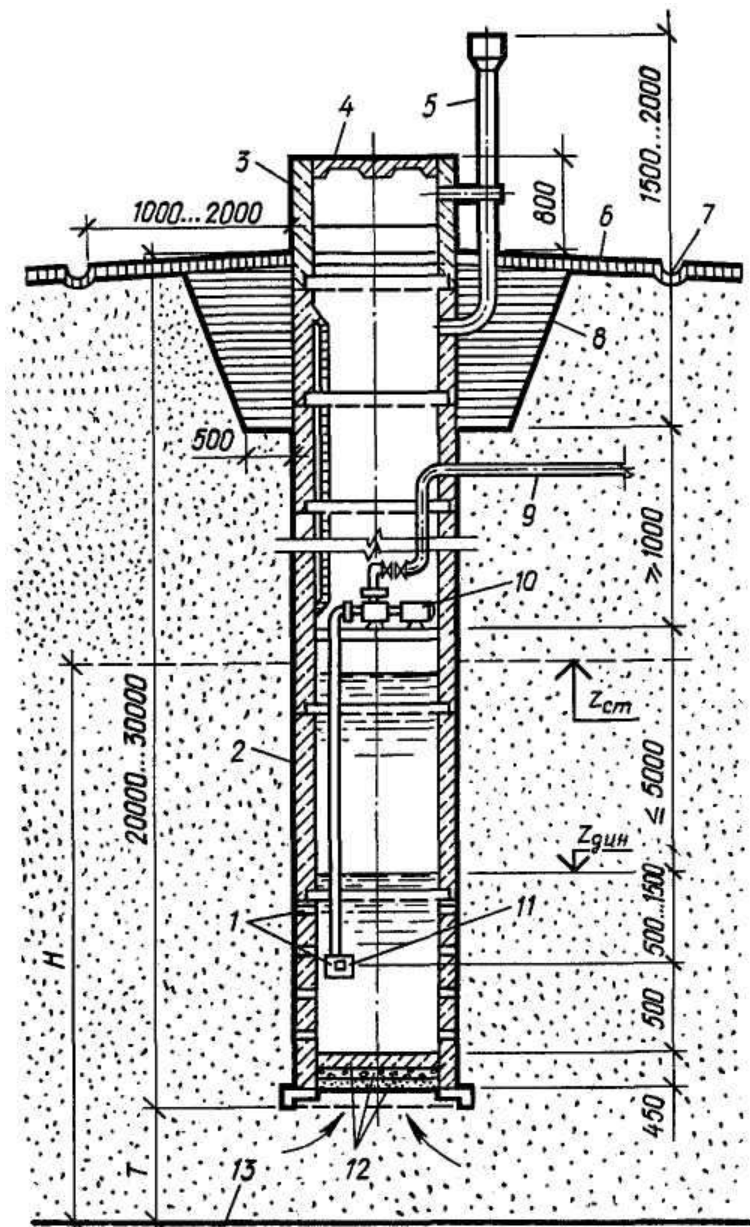


Рис. 22.2. Схема шахтного колодязя:

1 – вікна з пористого бетону для фільтрування води; 2 – ствол; 3 – оголовок;  
 4 – кришка; 5 – вентиляційна труба; 6 – вимощення; 7 – канава для  
 відведення води; 8 – глиняний замок; 9 – напірний трубопровід; 10 – насосний  
 агрегат; 11 – приймальний клапан; 12 – зворотний фільтр; 13 – підшва  
 водоносного пласта

Часто для створення запасів води та її відстоювання внизу шахтного колодязя влаштовують відстійну частину (зумпф), глибина якої сягає 10 м. Зумпф не влаштовують, якщо нижче від експлуатаційного горизонту залягає водоносний пласт з недоброякісною водою та є загроза її надходження в колодязь [5].

## 22.2. Типи водопримальної частини

За умовами надходження води з водоносного пласта шахтні колодязі поділяють на ті, які забирають воду крізь дно, стінки та одночасно крізь дно і стінки, що залежить від гідрогеологічних умов.

У тріщинуватих скельних породах або галечникових ґрунтах дно колодязя не закріплюють, а в стінках водопримальної частини виконують у шаховому порядку отвори діаметром 15-30 мм кроком 20-30 см [5].

Якщо вода надходить у колодязь з безнапірного пласта через дно, то його обладнують зворотним піщано-гравійним фільтром, крупність зерен якого зростає знизу догори. Фільтр складається з кількох шарів по 10-15 см. Співвідношення діаметрів зерен кожного сусіднього шару беруть в межах  $D_{50} / d_{50} = 4-6$ . Загальна товщина такого фільтра становить 0,4-0,6 м. Як варіант можна спроектувати перекриття дна колодязя пористою бетонною плитою [5].

Фільтри шахтних колодязів повинні задовольняти такі вимоги [5]:

- забезпечувати подачу води без піску;
- мати незначний опір;
- бути механічно міцними та стійкими проти корозії;
- мати низьку собівартість виготовлення.

У шахтних колодязях досконалого типу вода із водоносного пласта, як правило, надходить всередину крізь бокові водопримальні отвори, а в недосконалих – крізь дно або ж для збільшення продуктивності водозабору – одночасно і крізь стінки, і крізь дно [2].

Якщо водопримальну частину планують влаштувати у стінках колодязя, то її виконують у вигляді [2]

- отворів або щілин (в галечникових або тріщинуватих породах);
- колодязного гравітаційного фільтра (рис. 22.3, а);
- колодязного пінополістирольного фільтра (рис. 22.3, б);
- пористих блоків, які встановлюють у спеціальні вікна в залізобетонних кільцях.

Для забору води із дрібнозернистих пісків раціонально використовувати водопримальні фільтри з пінополістирольною засипкою, а також фільтри з пористого бетону [5].

Вхідні канали для розміщення пінополістирольних фільтрів (рис. 22.4) створюють під час виготовлення бетонних кілець колодязя, які слугують для закріплення стінок шахти [5].

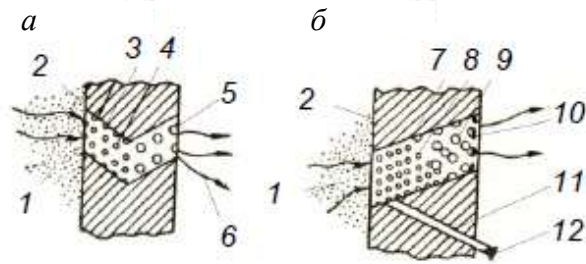


Рис. 22.3. Водоприймальна частина шахтних колодязів:  
 а – колодязний гравітаційний фільтр; б – колодязний пінополістирольний фільтр; 1 – водоносний пласт; 2 – стінка колодязя; 3 – кутовий отвір; 4 – пісок середньої крупності; 5 – крупний пісок; 6 – внутрішня частина колодязя; 7 – похилий отвір; 8 – дрібний пінополістирол; 9 – крупний пінополістирол; 10 – решітка; 11 – канал наповнення; 12 – корок

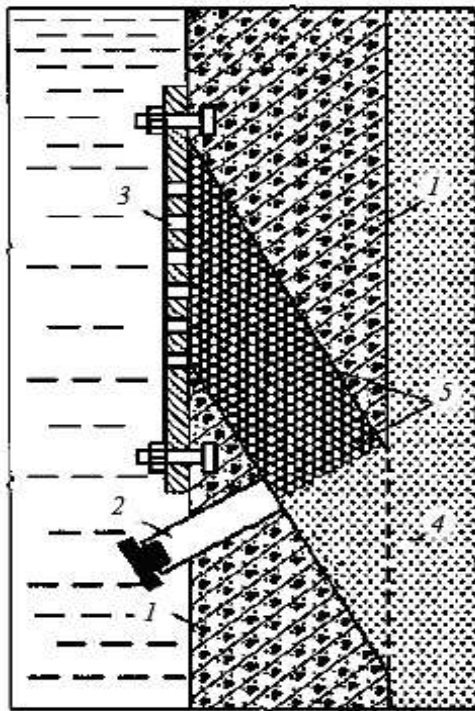


Рис. 22.4. Фільтри шахтних колодязів з пінополістирольною засипкою:  
 1 – стінки колодязя;  
 2 – патрубок для закачування і випускання пінополістирольної засипки;  
 3 – водоприймальні вікна;  
 4 – водоносна порода;  
 5 – пінополістирольна засипка

Для засипання використовують напівспінені гранули полістиролу щільністю  $0,2-0,8 \text{ т/м}^3$  і діаметром, який перевищує середній діаметр частинок водоносної породи у 8-15 разів. Із внутрішнього боку колодязя вхідний канал перекривають перфорованим пластмасовим листом із щілинами шириною, рівною 0,8 діаметра гранул [5].

За потужності водоносного пласта менш ніж 1,5 м водоприймальну частину шахтного колодязя заглиблюють для створення запасу води і кращого використання водоносного пласту. Щоб збільшити дебіт шахтного колодязя, спорудженого в безнапірних водоносних пластах, під час проходження води крізь дно, нижню частину колодязя можна обладнати металевим козирком, який збільшує водоприймальну поверхню дна майже в 2,5-3 рази [5].

Створюючи зумпф, найпростіше його просто заглиблювати у водотривкі шари, проте можна також влаштовувати зумпф, розширюючи водоприймальну частину й утворюючи шатро [2].

### **22.3. Спорудження колодязів**

Під час виконання робіт зі спорудження шахтного колодязя розривають вертикальний ствол, потрібний для розміщення в ньому водопідйомних пристроїв та обладнання водоприймальної частини. У плані колодязі можуть бути прямокутними або круглими. Максимальні їхні розміри становлять 4,0 x 4,0 м для прямокутних колодязів або 4,0 м в діаметрі – для круглих, а мінімальні, відповідно, 1,4 x 1,4 м і 1,0 м. За матеріалом вони можуть бути бетонними, залізобетонними, кам'яними, дерев'яними [2].

Колодязі споруджують опускним способом за допомогою спецтехніки або вручну. У будівництві шахтних залізобетонних колодязів широко використовують копачі КШК-25, КШК-30А, КШК-40. Проте розвантаження ґрунту з робочого органа копача, підтягування залізобетонних кілець й обсаджування ними стінок колодязів зазвичай виконують вручну. В самохідному копачі КШК-40 затрати праці знижуються у три рази, а продуктивність збільшується в 2,5 рази [5].

Технічна характеристика копача шахтних колодязів КШК-40	
Діаметр колодязя, м	0,75-1,3
Максимальна глибина колодязя, м	40
Швидкість проходки, м/год	1,6-1,8
Потужність двигуна, кВт	29,4
Вантажопідйомність лебідки, т	2,0-3,0
Маса агрегату з автомобілем, т	17,156
Габаритні розміри, м	12 x 7,74 x 1,0

Споруджуючи колодязі, у стінах і днищі належним чином влаштовують водоприймальну частину, далі виконують оголовок, який разом з глиняним замком має захистити колодязь від забруднення з поверхні землі. Після цього монтують водопідйомне обладнання. На рис. 22.5 наведено найбільш поширені схеми водопідйомання з шахтних колодязів різними водопідйомниками, а в табл. 22.1 наведено основні характеристики водопідйомників деяких марок [5]. Нині на ринку широко представлені й більш сучасні енергоощадні насосні агрегати, характеристики яких можна знайти в каталогах виробників.

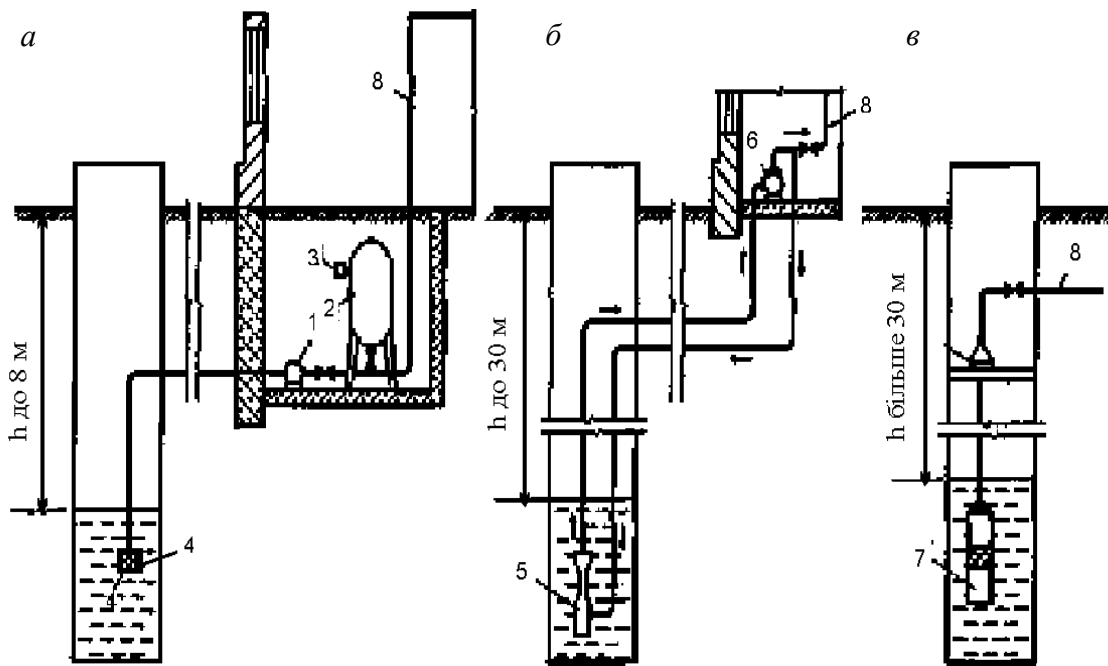


Рис. 22.5. Схеми водопідйому із шахтних колодязів:  
 а – відцентровим насосом; б – ерліфтом; в – заглибним насосом;  
 1, 6 – відцентровий насос; 2 – пневмобак; 3 – реле тиску; 4 – приймальний клапан; 5 – ерліфт; 7 – заглибний електронасос; 8 – водоводи

Таблиця 22.1

**Основні характеристики водопідйомників з шахтних колодязів**

№ п/п	Тип водопідйомника	Марка	Продуктивність, м <sup>3</sup> /год	Напір, м	Потужність, кВт	Висота всмоктування, м	Вага, кг
1	Відцентрові насоси	1/2К-6	6-14	14-20	1,7	6	26,8
		2К-6	10-30	34-24	1,7	7-6,3	26,8
		3К-6а	20-65	45-30	14	7,5-5,3	26,8
2	Побутові насоси	КАМА-3	1,5	20	0,35	4-6	7
		БЦН-3/7	3,0	17	0,5-1,0	4-6	11,05
3	Вихрові насоси	1В-0,9М	1-35	9-88	1,5-22		
		ВК-1/16	1,1-3,6	39-14	1,5		
		ВКС-2/26	2,7-8	59-24	4		
		ВКС-5/24	8,5-18,4	67-20	10		
4	Заглибні відцентрові насоси	ЕЦВ-4-125	4	129	4,5		
		ЕЦВ 6-10-50	10	49	4,5		
5	Ерліфти		2-30	10-50			
6	Ручні поршневі насоси	РН-4	2,1	30		7-6	16
		БКФ	2,3-3,9	30		6-7	27

## 22.4. Розрахунки колодязів

Вихідним матеріалом для виконання розрахунків водозаборів є гідрогеологічна розрахункова схема розміщення споруд; розрахункова схема збирання води водозабірною спорудою з водоносного пласта; висотна схема подавання води у збірний вузол.

Товщину стінок колодязя визначають за емпіричною формулою [5]

$$b = aD + \epsilon, \text{ см}, \quad (22.1)$$

де  $a$  – коефіцієнт, величина якого залежить від матеріалу стінок колодязя (для цегли  $a = 10$ , для бетону – 8, для залізобетону – 4);  $D$  – внутрішній діаметр колодязя, м;  $\epsilon$  – постійна величина, що дорівнює 18 см для кам'яних колодязів, 10 см – для бетонних і цегляних, 5-10 см – для залізобетонних.

Приплив води до шахтного колодязя залежить від характеристики водоносного горизонту (потужність водоносного пласта, напірні чи безнапірні води), схеми надходження води в колодязь (тільки крізь стінки, тільки крізь дно або крізь дно і стінки), форми поперечного перерізу колодязя (кругла, квадратна тощо).

Дебіт шахтного колодязя круглого перерізу в безнапірному пласті визначають за формулою [5]

$$Q = \frac{\pi K_{\phi} (2H - S) S}{\ln \frac{1,65R}{r_k} + \xi_k}, \quad (22.2)$$

де  $K_{\phi}$  – коефіцієнт фільтрації, м/добу;  $H$  – потужність водоносного пласта, м (див. рис. 22.2);  $S$  – зниження рівня води внаслідок відкачування, м;  $r_k = D/2$  – внутрішній радіус колодязя, м;  $\xi_k$  – фільтраційний опір, зумовлений недосконалістю колодязя, м;  $R$  – радіус впливу колодязя, м, який за сталого і несталого руху підземних вод визначають відповідно за формулами (19.2) та (19.4), беручи у них усереднене значення потужності водоносного пласта під час відкачування води:

$$m = H_{cp} = H - S/2, \text{ м}, \quad (22.3)$$

де  $H_{cp}$  – середня потужність безнапірного водоносного пласта під час відкачування води, м.

У разі розміщення шахтного колодязя поблизу річки значення  $R$  дорівнює відстані від колодязя до його дзеркального відображення відносно урізу річки.

Значення  $\xi_k$  характеризує недосконалість колодязя, в який вода надходить через дно. Ці значення беруть за табл. 22.2 [5].

Таблиця 22.2

**Значення функції  $\xi_k$**

$\pi r_k / m$	Значення $\xi_k$ за $\pi l / m$		
	0,134	0,942	1,57
0,314	8,586	7,204	7,009
0,942	2,597	1,65	1,48
1,57	1,337	0,755	0,62
3,14	0,447	0,231	0,165
9,42	0,054	0,027	0,018
15,7	0,02	0,01	0,007

Розрахункову висоту водоприймальної частини колодязя  $l$  визначають за формулою [5]

$$l = l_0 - S/2, \text{ м}, \quad (22.4)$$

де  $l_0$  – реальна висота водоприймальної частини колодязя  $l_0 = H - T$ , м;  $T$  – відстань від дна колодязя до водотривкого шару, м (див. рис. 22.2).

Величина зниження статичного рівня води в колодязі  $S$  не повинна перевищувати допустиму:

$$S_{пр} = 0,5H. \quad (22.5)$$

Якщо  $R/H < 10$ , дебіт шахтного колодязя, що забирає воду через дно, визначають за формулою

$$Q = 4K_{\phi} r_k S. \quad (22.6)$$

У разі забору води крізь стінки і дно дебіт шахтного колодязя дорівнює сумі витрат води з різних частин споруди.

Дебіт шахтних колодязів квадратної форми зі стороною  $a$  визначають за формулами (22.2) або (22.6), в яких  $r_k = 0,6 a$ .

Слід зазначити, що розрахунки шахтних колодязів можна вести в двох напрямках: або визначають можливий приплив води до них за їх заданих розмірів (наприклад, типових), або ж виконують розрахунки, встановлюючи розміри колодязів за заданої витрати і швидкості притоку води до водоприймальної частини, яку розраховують за формулою [2]

$$V \leq 65 \cdot \sqrt[3]{K_{\phi}}. \quad (22.7)$$

## 22.5. Збірні водоводи водозаборів підземних вод

Вода, яка забирається з водоносного пласта групою водозабірних споруд (свердловин чи колодязів), далі транспортується водоводами до збірних вузлів (резервуарів або станцій підготовки води).

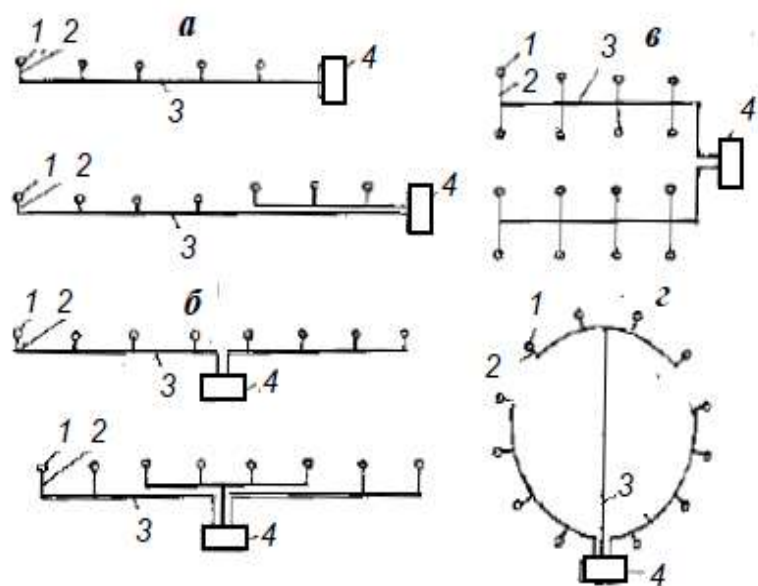
Схеми збірних водоводів у плані є досить різноманітними і залежать від планового розміщення водозабірних споруд, збірних вузлів, схеми подавання води споживачам, категорії забезпеченості подачі води (рис. 22.6). Найбільш поширеними є *лінійні* (тупикові) схеми збірних водоводів. В одну нитку збірний водовід можна проєктувати, якщо допускається перерва в подачі води споживачам. За умови проєктування двох і більше ниток збірних водоводів у разі від'єднання однієї з них на ремонт решта повинні подавати до збірного вузла витрату у розмірі 70 % від розрахункової [2].

Максимальну кількість свердловин, під'єднаних до однієї нитки збірного водоводу, визначають з умови перебування робочих точок характеристик насосів у зоні з оптимальними ККД, наведеними у заводських характеристиках.

Діаметри лінійних водоводів призначають за телескопічною схемою з послідовним їх збільшенням, починаючи з кінцевих ділянок водоводу у напрямку до збірного вузла.

Розміщення збірного вузла залежить від місцезнаходження об'єкта водопостачання відносно водозабору, а в разі самопливних водоводів також і від рельєфу місцевості вдовж траси [2].

Рис. 22.6. Схеми збірних водоводів у разі розміщення свердловин:  
а – лінійного з кінцевим розміщенням збірного вузла;  
б – лінійного з проміжним розміщенням збірного вузла;  
в – майданчикowego;  
г – кільцевого;  
1 – свердловина;  
2 – під'єднання;  
3 – збірний водовід;  
4 – збірний вузол



У кільцевих схемах збірних водоводів безперервність подачі води досягається можливістю її транспортування по кільцю. Кільцевий водовід поділяють на три ремонтні ділянки, які відділяють одна від одної засувками. У разі вимкнення будь-якої ділянки з роботи з боку решти у збірний вузол повинна подаватися витрата у розмірі 70% від розрахункової.

За великої продуктивності водозабору і відносно коротких збірних водоводів обирають схему парних водоводів, тобто влаштування двох паралельних водоводів з під'єднанням до кожного всіх свердловин. При цьому досягають безперервної подачі розрахункової витрати  $Q_{вод}$  до збірного вузла [2].

За характером руху води і способом її подавання є кілька видів збірних водоводів. Залежно від характеру руху води збірні водоводи водозаборів бувають напірні та безнапірні. За способом подачі води збірні водоводи можуть бути нагнітальні, самопливні, сифонні, всмоктувальні [2].

Найбільш поширеними є *напірно-нагнітальні* збірні водоводи, вода в які подається насосами і які працюють повним перерізом. Їх прокладають зі сталевих, чавунних, азбестоцементних, напірних залізобетонних, пластмасових труб. У виборі матеріалу труб слід брати до уваги вимогу щодо економії металу і корозійні властивості води.

У гідравлічних розрахунках напірних збірних водоводів діаметром  $d = 100-400$  мм орієнтовно швидкість руху води в них беруть  $V = 0,4-0,7$  м/с, а за  $d = 500-1000$  мм –  $V = 0,7-1$  м/с [2].

*Самопливні* збірні водоводи проектують для збирання води від фонтануючих свердловин, а також від свердловин, обладнаних насосами, коли рельєф місцевості дає змогу подавати воду від свердловин самопливом. Такі водоводи влаштовують з безнапірних бетонних та залізобетонних (за  $d \geq 500$  мм), азбестоцементних, пластмасових (за  $d \leq 500$  мм) труб [2].

Самопливно-безнапірні трубопроводи, що працюють частиною перерізу, конструюють за правилами розрахунку і конструювання безнапірних каналізаційних труб.

В умовах пересіченої місцевості, коли стає не вигідним проектувати суто самопливні водоводи через необхідність великого заглиблення труб, застосовують *самопливно-напірні* збірні водоводи.

*Сифонні* збірні водоводи проектують на водозаборах з глибиною динамічного рівня від поверхні землі  $H_{дин} < 5-8$  м [2].

Водозабірні свердловини, об'єднані між собою збірними водоводами, являють єдину гідравлічну систему, працездатність якої слід оцінювати ще на стадії розроблення проекту на підставі комплексних розрахунків водозабірних споруд. Такі розрахунки виконують за різних розрахункових режимів і на різні періоди експлуатації водозаборів, що дає змогу визначати строки проведення заходів, спрямованих на підтримання стабільної роботи системи [2].

### ***Запитання для самоконтролю***

1. Вкажіть призначення і умови застосування шахтного колодязя.
2. Яких типів можуть бути шахтні колодязі відповідно до розміщення водоприймальної частини у пласті?
3. Де обирають місце спорудження шахтного колодязя?
4. З яких основних частин складається шахтний колодязь?
5. Як влаштовують водоприймальну частину шахтних колодязів? Що використовують як фільтрувальні матеріали?
6. Опишіть основні правила облаштування оголовків колодязів.
7. Як споруджують шахтні колодязі? Яку спецтехніку при цьому застосовують?
8. Назвіть способи підймання води із шахтних колодязів.
9. Яким чином виконують розрахунки шахтного колодязя? Від чого залежить приплив води до споруди?
10. Яке призначення мають збірні водоводи? Опишіть їх найбільш поширені схеми.
11. На які види поділяють збірні водоводи за характером руху води та способом її подавання?
12. Як змінюються діаметри ділянок лінійного збірного водоводу в напрямку до збірного вузла?

## **Тема 23. ГОРИЗОНТАЛЬНІ ВОДОЗАБОРИ**

### ***23.1. Призначення і загальні схеми***

Для забору підземних вод з малопотужних (до 2-3 м), але широких водоносних горизонтів, які залягають на невеликій глибині від поверхні землі (5-8 м), застосовують горизонтальні водозабори (рис. 23.1). Найчастіше їх розміщують поблизу відкритих водойм. Майданчик для горизонтальних водозаборів повинен бути достатньо віддаленим

від об'єктів можливих забруднень і мати достатній санітарний захист. Водоприймальну частину зазвичай розміщують на водоупорі і на лінії, перпендикулярній до напрямку руху ґрунтового потоку [5].

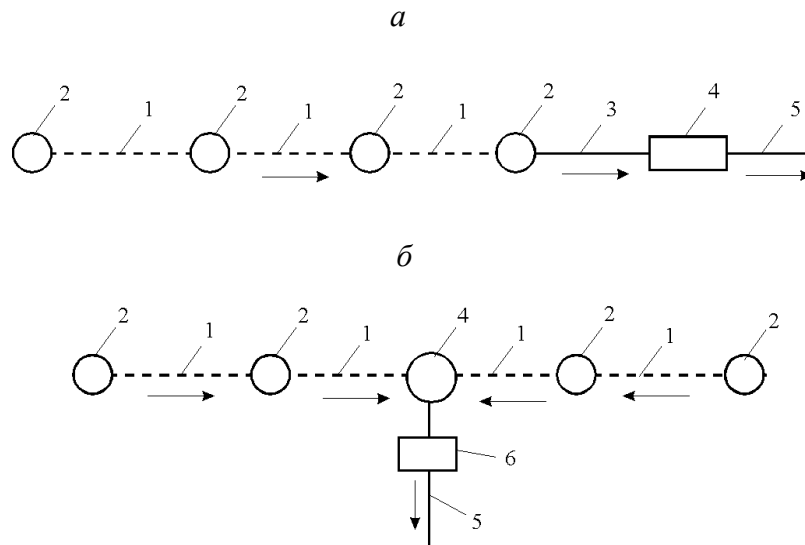


Рис. 23.1. Загальні схеми горизонтальних водозаборів:  
*а* – з фланговим розташуванням збірної камери; *б* – з центральним розміщенням збірної камери: 1 – водоприймальна частина; 2 – оглядові колодязі; 3 – водовід; 4 – збірна камера; 5 – напірний трубопровід до об'єкта водопостачання; 6 – насосна станція

### 23.2. Конструктивні елементи

Горизонтальні водозабори складаються з водоприймальної і транспортувальної частини, оглядових колодязів, водозбірної камери та насосної станції. Якщо станцію розміщено далеко від місця приймання води з пласта, то споруджують ще й водоводи.

*Водоприймальна частина* горизонтальних водозаборів найчастіше має вигляд трубчастої дрени або галереї. Її влаштовують з азбестоцементних, керамічних, пластмасових або бетонних труб з отворами. Отвори на трубах розміщують по верхній більшій частині бічної поверхні, що дорівнює приблизно  $2/3$  діаметра труби. Нижню частину труби (близько  $1/3$  діаметра) залишають без отворів і вона слугує лотком для стоку води. Дрени обсипають фільтрувальним піщано-гравійним матеріалом, який виконує роль зворотного фільтра. Його укладають у кілька шарів, товщина кожного становить не менш ніж 150 мм. Діаметр частинок гравійної обсіпки добирають так само, як і для гравійних фільтрів свердловин, тобто користуючись формулами (21.1) та (21.2) [5].

*Транспортувальна частина* водозабору призначена для самопливного відведення води у збірний колодезь. Вона конструктивно

є продовженням водоприймальної частини, але виконують її без отворів. Водонепроникний екран із глини укладають над дренаю для запобігання її забрудненню поверхневим стоком (рис. 23.2) [5].

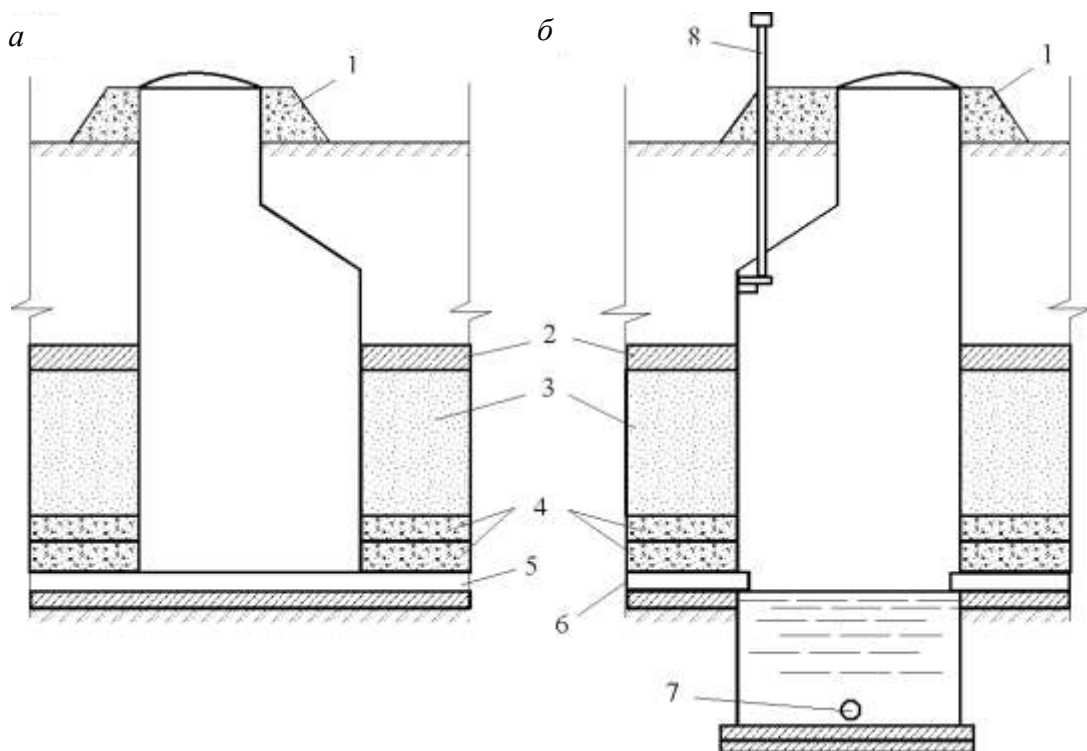


Рис. 23.2. Конструктивні схеми споруд горизонтального водозабору:  
 а – оглядовий колодязь; б – водозбірна камера; 1 – обсіпка навколо колодязя; 2 – глиняний екран; 3 – водоносний пласт; 4 – піщано-гравійна обсіпка дрена; 5 – трубчаста водозбірна дрена; 6 – транспортувальна частина трубопроводу; 7 – труба до споживачів; 8 – вентиляційна труба

*Оглядові колодязі* призначені для систематичного спостереження за роботою водоприймальної частини та своєчасного її очищення. Їх розміщують у місцях зміни напрямку водоприймальної частини в плані чи у вертикальній площині, а також на прямолінійних ділянках кожні 50 м – для труб діаметром від 150 до 500 мм і кожні 75 м – за діаметра труб понад 500 мм. Крім того, встановлення оглядових колодязів обов'язково планують на початку і в кінці водоприймальної частини [5].

*Водозбірна камера* або водозбірний колодязь призначені для приймання води та осідання зважених частинок, а також для спостереження за роботою водозабірної споруди і регулювання подачі води споживачам. Вода із збірної камери у водопровідну мережу, а за потреби її очищення – на очисні споруди, може подаватися самопливом (за умови розміщення камери на схилі та наявності деякого напору) або

за допомогою насосної станції першого підняття (НС-1). Для підвищення надійності водозабезпечення споживачів збірну камеру доцільно розділяти на дві або три секції, що дає можливість виводити їх по черзі на ремонт або очищення за безперервної подачі води [5].

### 23.3. Спорудження горизонтальних водозаборів

У разі влаштування горизонтального водозабору водоносний пласт розробляють горизонтальною виробкою, в якій розміщують різноманітні пристрої, що приймають воду з водоносного пласта (рис. 23.3) і транспортують її до водозбірного колодязя чи камери. Довжина такого водозабору може становити сотні метрів, чим досягають довгого фронту захоплення води з джерела [2].

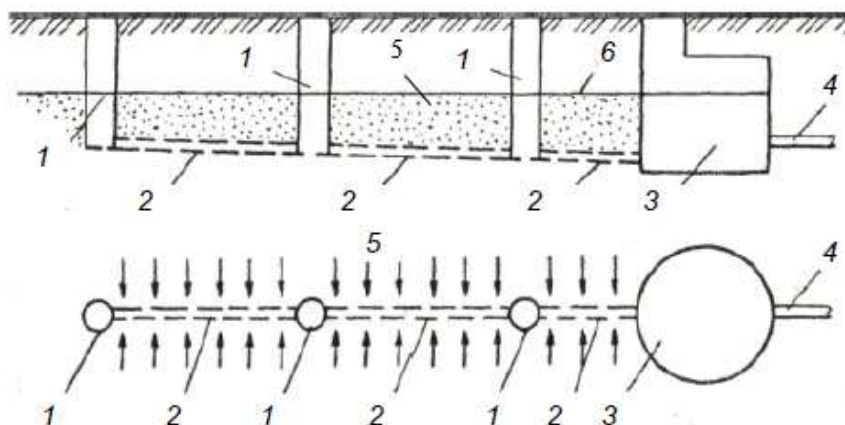


Рис. 23.3. Принципова схема горизонтального водозабору:  
1 – оглядовий колодязь; 2 – водоприймальна частина; 3 – водозбірний колодязь; 4 – витратна труба; 5 – водоносний пласт; 6 – рівень води

Залежно від способу влаштування водоприймальної частини горизонтальні водозабори поділяють на траншейні (кам'яно-щебеневі, трубчасті, галерейні) та штольневі (галерейні й штольневі) [1].

*Траншейні горизонтальні водозабори* влаштовують відкритим способом шляхом розроблення траншеї, монтажу в ній водоприймальної конструкції, влаштування водозахисного екрана та засипання траншеї. Глибина залягання водоносного пласта при цьому не повинна бути більшою за 8 м від денної поверхні землі. За більших глибин залягання водоносного пласта влаштовують штольневі водозабори шляхом закритої (штольневої) проходки [1].

Для прийому води в траншейних водозаборах застосовують водоприймальні конструкції у вигляді накиду із каміння та щебеню

розміром 30-50 см з обсіпкою в два-три шари фільтрувальним матеріалом; перфорованої труби з обсіпкою щебенем, гравієм і піском; галереї круглої, овалоподібної чи прямокутної форми з такою самою обсіпкою. Водопровідною конструкцією в траншейних водозаборах, відповідно, є кам'яно-щебеневиий накид, труба, галерея (рис. 23.4) [1, 2].

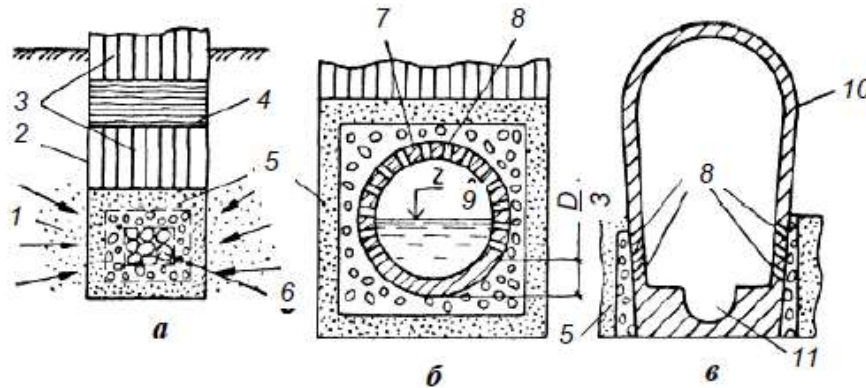


Рис. 23.4. Схеми водоприймальної частини горизонтальних водозаборів: а – кам'яно-щебеневої; б – трубчастої; в – галерейної; 1 – водоносний пласт; 2 – контури відритої канави; 3 – місцевий ґрунт; 4 – глиняний замок; 5 – зворотний фільтр; 6 – кам'яно-щебеневе укладання; 7 – труба; 8 – отвори у трубі та галереї; 9 – рівень води в трубі; 10 – галерея; 11 – лоток у галереї

*Кам'яно-щебенева водоприймальна частина* (рис. 23.4, а) із рваного каменю або щебеню розміром у поперечному перерізі 30 × 30 або 50 × 50 см викладають у заздалегідь відриту траншею з похилом 0,01-0,07 до водозбірного колодязя. Навколо такої дрени влаштовують дво- або тришаровий зворотний фільтр. Кам'яно-щебеневи горизонтальні водозбори захоплюють підземні води на глибині до 3-4 м від поверхні землі (води зони аерації), тому їх застосовують тільки для водопостачання невеликих об'єктів або у випадках тимчасового водопостачання. Для централізованих водопровідних систем їх майже не використовують [2].

У спорудженні траншейних водозаборів найчастіше використовують *трубчасту водоприймальну частину* (рис. 23.4, б). Такі водозбори влаштовують за глибини залягання підшви водоносного пласта до 5-8 м від поверхні землі. Їх застосовують в системах водопостачання невеликої продуктивності II та III категорії надійності. Водоприймальну частину виконують з труб, що мають круглі або щілинні отвори з обсіпкою двома-трьома шарами фільтрувального матеріалу за типом зворотного фільтра з товщиною кожного шару не менш ніж 150 мм. Діаметр перфорованої труби (азбестоцементної, залізобетонної, керамічної, пластмасової) залежить від витрати води. Швидкість течії в трубах повинна бути достатньою для

переміщення з водою часток водоносної породи, які попадають у трубу з водою. Вона має бути не меншою за 0,7 м/с за розрахункового наповнення  $0,5D$ . Водоприймальні отвори діаметром 0,5-1 см розміщують у верхній та бокових частинах труби. Їх загальна площа повинна бути розрахована на максимальний приплив води до водоприймальної частини водозабору [2; 5].

*Галерейні* горизонтальні водозбори (рис. 23.4, в) влаштовують в разі спорудження достатньо великих і відповідальних систем водопостачання I та II категорії надійності. Водоприймальна частина галереї складається із збірних залізобетонних ланок овалоподібної або прямокутної форми завширшки до 1 м і заввишки до 2,2 м, що дає експлуатаційному персоналу змогу проходити по бермах або містках, встановлених на них. Окремі залізобетонні елементи монтують на спеціально підготовленій бетонній основі, що не дає можливості елементам зміщуватись один відносно одного. Щілини або круглі водоприймальні отвори в стінках нижньої частини заповнюють пористим бетоном або іншим фільтрувальним матеріалом [2].

За глибини залягання підземних вод понад 8 м від поверхні землі можливим є влаштування горизонтальних водозбірних галерей, які проходять підземним способом (*штольні* горизонтальні водозбори). В перерізі штольні можуть мати круглу, овалоподібну, прямокутну форму і на відміну від галерей, влаштованих відкритим способом, не мають фільтрувальної обсіпки по всьому периметру галереї. В таких водозаборах фільтрувальним матеріалом заповнюють лише водоприймальні отвори. У разі спорудження в дрібнозернистих ґрунтах всередині штольні може бути влаштований зворотний гравійно-піщаний фільтр з щілинними плитами. Довжина деяких штольневих горизонтальних водозборів в передгірських районах може становити від кількох сотень метрів до кількох кілометрів за глибини закладання 60 м і глибше [2].

Водозабори у вигляді *відкритого каналу* використовують тільки для постачання споживачам виробничої або технічної води.

*Оглядові колодязі* вздовж кам'яно-щебених та трубчастих горизонтальних водозборів встановлюють з інтервалом 50-75 м, а галерейних та штольневих – кожні 100-150 м. Оглядові колодязі розміщують у місцях зміни напрямку водоприймальної частини в горизонтальній та вертикальній площині. Їх споруджують із бетонних або залізобетонних кілець, а іноді – з кам'яної або цегляної кладки на цементному розчині.

Внутрішній діаметр колодязів становить 0,75-1,25 м, а товщину стінок визначають за формулою (22.1). Верх колодязя має бути вищим за поверхню землі не менш ніж на 0,25 м. Навколо нього влаштовують водонепроникне мощення завширшки не менш як 1 м.

Оглядовий колодязь не повинен виконувати роль відстійника. Для цього на його дні споруджують лоток, однаковий за своїм перерізом з трубами, що входять в колодязь. Зверху лоток закривають кришкою [2; 5].

*Водозбірний колодязь* (камера), залежно від умов залягання водоносного пласта, розміщується в кінці або у проміжній точці лінії горизонтального водозбору, а в окремих випадках – на розгалуженні ліній. У ньому має бути забезпечений сприятливий режим роботи насосної установки та розміщене обладнання для спостереження за кількістю і якістю води, яка надходить з різних гілок водозбору. Часто водозбірні колодязі виконують роль регульовальних і запасних резервуарів. На великих водозборах влаштовують кілька збірних колодязів або один колодязь з кількома секціями відповідно до кількості гілок водозбору.

Зазвичай водозбірний колодязь круглої або прямокутної форми в плані споруджують із залізобетону. Його розміри визначають відповідно до вимог зберігання запасів води для забезпечення 100-200-секундних витрат води в період максимального водоспоживання, а також можливості розміщення трубопроводів, обладнання і контрольно-вимірювальних приладів. Для накопичення осаду, що випадає з води, дно збірного колодязя розміщують на 1-1,5 м нижче від низу труби або галереї [2; 5].

*Насосні станції I підняття* (НС-I) залежно від типу насосного обладнання і продуктивності влаштовують суміщено з водозбірним колодязем або за роздільною схемою зі зведенням окремих споруд.

#### **23.4. Розрахунок горизонтальних водозборів**

Розрахунки горизонтальних водозборів полягають у визначенні потрібної довжини їх водоприймальної частини для приймання розрахункової кількості води та встановленні розмірів труб, галерей чи кам'яно-щебеневого накиду, призначених для транспортування води, що надходить до них із водоносного пласта. Іноді розрахунками визначають кількість води, яку можна прийняти горизонтальним водозбором повної (заданої) довжини. Як перше, так і друге завдання

вирішуються на основі закону Дюпюї залежно від розрахункової схеми припливу води до горизонтального водозабору [1].

Найпростішою розрахунковою схемою є випадок однобічного припливу води до досконалого водозабору, розміщеного перпендикулярно до напрямку руху підземного потоку. Більш складними схемами є випадки двобічного припливу води до досконалого горизонтального водозабору з різних джерел: інфільтраційної з одного боку, і підземної – з другого; інфільтраційної, підземної з обох боків. Найбільш складним є випадок двобічного припливу води до недосконалого горизонтального водозабору [1].

У разі застосування горизонтального водозабору з трубчастими дренами (рис. 23.5) водоприймач виконують з дірчастих бетонних або залізобетонних труб. Нижня частина труби (не більш ніж на 1/3 висоти), якою тече зібрана вода, отворів не має, а на верхній влаштовують отвори. Кількість отворів і відстань між ними визначаються розмірами одного отвору відповідно до розмірів частинок водоносної породи або обсіпки та міцності труб і галерей [1, 13].

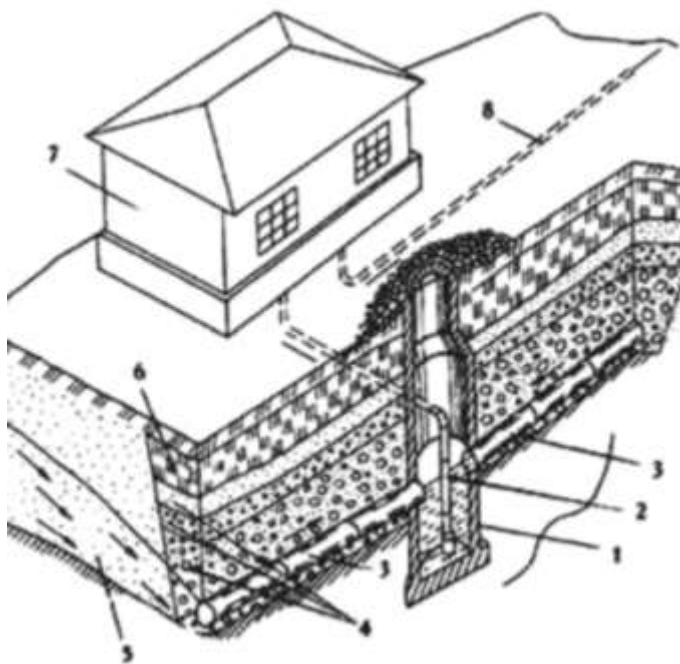


Рис. 23.5. Горизонтальний водозабір з трубчастими дренами:

- 1 – водозбірний колодезь;
- 2 – всмоктувальний трубопровід;
- 3 – водоприймальна труба (дрена);
- 4 – шар гравію;
- 5 – водоносний ґрунт;
- 6 – глина;
- 7 – насосна станція;
- 8 – напірний трубопровід

Мінімальний діаметр труб становить 150 мм. Оскільки в горизонтальних водозборах витрати води у водопровідній конструкції збільшуються в міру наближення до водозбірного колодезя, то розрахунки цієї частини водозбору слід вести для окремих ділянок, наприклад, від колодезя до колодезя, добираючи діаметр труб і їх похил відповідно до витрат ділянки [1].

Дренажні труби між оглядовими колодязями прокладають обов'язково по прямій лінії в плані з похилом у бік збірної камери, який визначають залежно від діаметра дрени [5]:

Діаметри труб, мм	150	200	250	300	350	500
Похил труби/не менше	0,007	0,005	0,004	0,003	0,002	0,001

Довжину водоприймальної частини горизонтального водозабору встановлюють відповідно до умов можливості забору з водоносного пласта розрахункової витрати води  $Q$ .

Дебіт *досконалого горизонтального водозабору з однією живленням*, розміщеного перпендикулярно до напрямку руху підземних вод, визначають за формулою [5]

$$Q = LK_{\phi} \frac{H^2 - h^2}{2R}, \text{ м}^3/\text{добу}, \quad (23.1)$$

де  $L$  – довжина водоприймальної частини, м;  $K_{\phi}$  – коефіцієнт фільтрації водоносної породи, м/добу;  $H$  – потужність водоносного пласта, м;  $h$  – глибина шару води водоприймальної частини, м; рекомендується  $h = (0,15-0,3)H$ ;  $R$  – радіус впливу горизонтального водозабору, м, який можна визначати за формулою (19.2).

За *двобічного живлення горизонтального водозабору* його дебіт подвоюють [5]:

$$Q = LK_{\phi} \frac{H^2 - h^2}{R} \quad (23.2)$$

або наближено визначають за формулою

$$Q = LK_{\phi} (H + h)I_{cp}, \quad (23.3)$$

де  $I_{cp}$  – середній похил кривої депресії, який становить для крупнопіщаних порід  $I_{cp} = 0,003-0,006$ ; для пісків середньої крупності –  $0,006-0,02$ ; для супіщаних ґрунтів –  $0,02-0,05$ .

Для водоприймальної частини порівняно невеликої довжини (до 30-50 м) дебіт горизонтального водозабору доцільно визначати за формулою

$$Q = 1,36K_{\phi} \frac{H^2 - h^2}{\lg \frac{R}{0,25L}}. \quad (23.4)$$

Під час проектування горизонтального водозабору спочатку визначають довжину водоприймальної частини  $L$  за відомих значень розрахункової витрати води  $Q$  та характеристик водоносного пласта ( $K_{\phi}$ ,  $R$  і  $H$ ), задаючись глибиною шару води  $h$  у місці її виходу з пласта в

дрену. Визначаючи величину  $L$ , значення  $H$  треба брати найменшим для водоносного пласта в межах розміщення горизонтального водозабору.

Діаметр трубчастої дрени  $d$ , яка працює неповним перерізом, визначають за гідравлічним розрахунком. Добирають його за умови, щоб за максимального наповнення дрени, що дорівнює  $1/2 d$ , швидкість руху води в ній  $V$ , м/с, була незамулювальною:

$$V = \frac{8Q}{\pi d^2} \geq 0,7 \quad (23.5)$$

звідки діаметр дрени, м, визначають за формулою

$$d = \sqrt{3,64Q} \quad (23.6)$$

де  $Q$  – витрата води в кінці водоприймальної частини перед збірною камерою, м<sup>3</sup>/с.

Витрата води вздовж горизонтального водозабору змінюється від 0 до  $Q$ , а отже, безперервно змінюється і глибина наповнення дрени та швидкість руху води. Тому горизонтальний водозабір розподіляють на розрахункові ділянки і розрахунок виконують за допомогою таблиць для гідравлічного розрахунку самопливних трубопроводів.

Площу водоприймальних отворів, що припадає на 1 п. м дренажних труб горизонтального водозабору, визначають за формулою [5]

$$f_0 = \frac{Q_1}{86400\mu\sqrt{2gh_1}} \quad (23.7)$$

де  $Q_1 = \frac{Q}{L}$  – приплив води на 1 п. м довжини водоприймальної частини, м<sup>3</sup>/добу·м;  $\mu$  – коефіцієнт витрати, рівний 0,6-0,62;  $g$  – прискорення вільного падіння, що дорівнює 9,81 м/с<sup>2</sup>;  $h_1$  – середній напір над водоприймальними отворами, м.

У розрахунках задаються діаметром одного отвору, визначають їх кількість та відстань між ними.

Площу поверхні зовнішнього шару гравійної обсіпки на 1 м довжини горизонтального водозабору визначають за формулою [5]

$$f_{zp} = \frac{Q_1}{V_\phi} \quad (23.8)$$

де  $V_\phi$  – припустима вхідна швидкість води в дренаж, яку встановлюють, використовуючи залежність (21.7).

У водозбірному колодязі допустиме зниження рівня води  $S_{доп}$ , за якого досягають технічної можливості встановлення насосного обладнання, орієнтовно визначають за формулою [2]

$$S_{доп} = (0,5-0,7)H - \Delta h_{нас} - \Delta h_\phi \quad (23.9)$$

де  $\Delta h_{нас}$  – максимальна величина заглиблення нижньої кромки насоса під динамічний рівень;  $\Delta h_{\phi}$  – втрати напору біля входу в дренаж.

### **Запитання для самоконтролю**

1. У яких випадках застосовують горизонтальні водозабори?
2. Що належить до складу горизонтальних водозаборів з підземних джерел?
3. Як обирають місце влаштування водоприймальної частини горизонтального водозабору?
4. Для чого призначені оглядові колодязі? У яких місцях їх споруджують?
5. Які функції виконують водозбірні камери або водозбірні колодязі? Яким чином збільшують надійність системи, щоб забезпечити безперервність подачі води споживачам?
6. На які типи поділяють горизонтальні водозабори залежно від способу влаштування водоприймальної частини?
7. Опишіть, як споруджують траншейні горизонтальні водозабори. Що можна використовувати як водопровідну конструкцію?
8. У яких випадках застосовують штольневі горизонтальні водозабори? Опишіть спосіб їх спорудження.
9. Яку форму поперечного перерізу можуть мати штольні? Якою є протяжність цих споруд?
10. Що потрібно брати до уваги, визначаючи відстань між оглядовими колодязями горизонтальних водозаборів?
11. Яким чином встановлюють розміри водозбірного колодязя? Що застосовують для накопичення осаду, який випадає з води?
12. У чому полягають розрахунки горизонтальних водозаборів? Які розрахункові схеми можуть бути застосовані залежно від умов?

## **Тема 24. ПРОМЕНЕВІ ВОДОЗАБОРИ**

### **24.1. Умови застосування і схеми**

Променевий водозабір, що є різновидом шахтних колодязів та горизонтальних водозаборів, складається з трьох основних елементів: шахти, системи горизонтальних свердловин, які виходять радіально у вигляді променів, і наземного павільйону (рис. 24.1) [5].

Променеві водозабори доцільно застосовувати у таких випадках [2]:

- для забору води з водоносних пластів, покрівля яких знаходиться на глибині не більш ніж 10 м від поверхні землі, а потужність водоносного пласта не перевищує 15-20 м;
- для захоплення підземних вод підруслових алювіальних відкладень в берегах і під руслом річок;
- в неоднорідних за висотою водоносних пластах, коли потрібно повніше використовувати шари з найбільшою водністю.

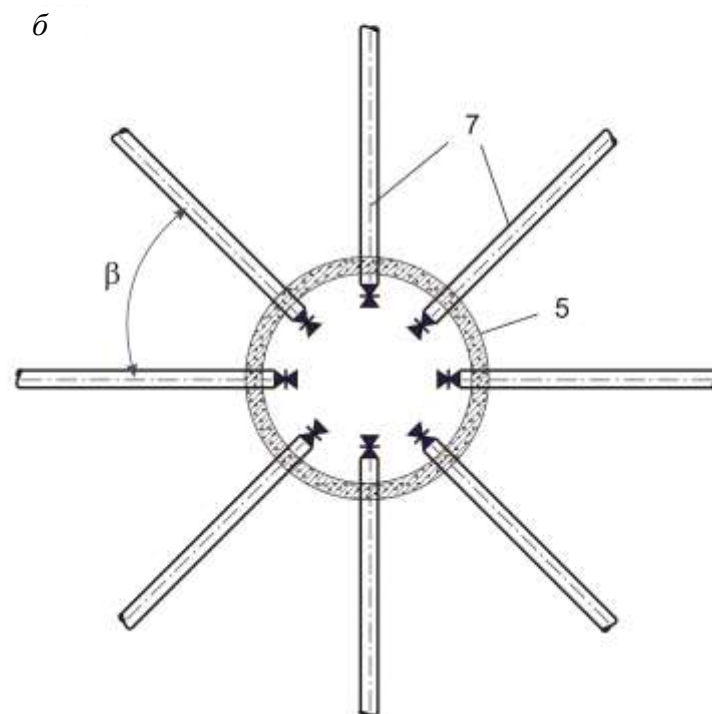
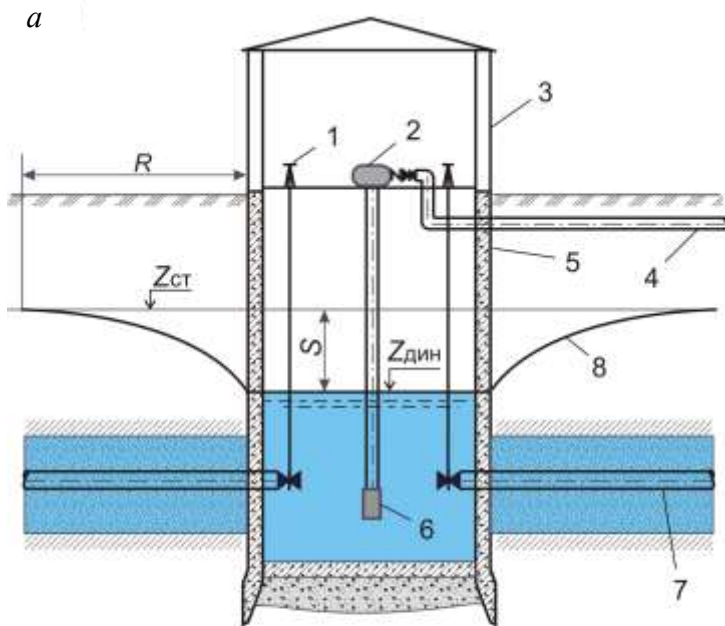


Рис. 24.1. Загальна схема променевого водозабору:

*a* – розріз;

*б* – план;

1 – механізм управління засувками;

2 – електродвигун;

3 – службовий наземний павільйон;

4 – напірний трубопровід до об'єкта водопостачання;

5 – шахта;

6 – насос;

7 – горизонтальні свердловини (промені);

8 – крива депресії

Вода з водоносного пласта спочатку надходить у горизонтальні чи похилі свердловини (промені), потім по них перетікає у водозбірний

колодязь (шахту), а вже звідти насосами її подають на очищення або безпосередньо споживачам.

Шахта являє собою бетонний або залізобетонний круглий в плані водозбірний колодязь діаметром 1-6 м. Вона призначена для створення умов буріння горизонтальних свердловин, розміщення водопідйомного обладнання, акумулювання деякого запасу води, а також може використовуватись як фундамент наземного службового павільйону.

Горизонтальні свердловини (промені) споруджують з сталевих дірчастих або щільних труб діаметром 80-250 мм та завдовжки 5-80 м. Трапляються водозабори з телескопічними променями завдовжки понад 100 м. Кут між променями  $\beta$  встановлюють не менш ніж  $20^\circ$ . Вони можуть розходитися в різні боки або відходити в якомусь одному напрямку. Якщо водозбір влаштовано на березі річки, то доцільно спрямовувати промені в бік річки і навіть під її русло (рис. 24.2) [2, 5].

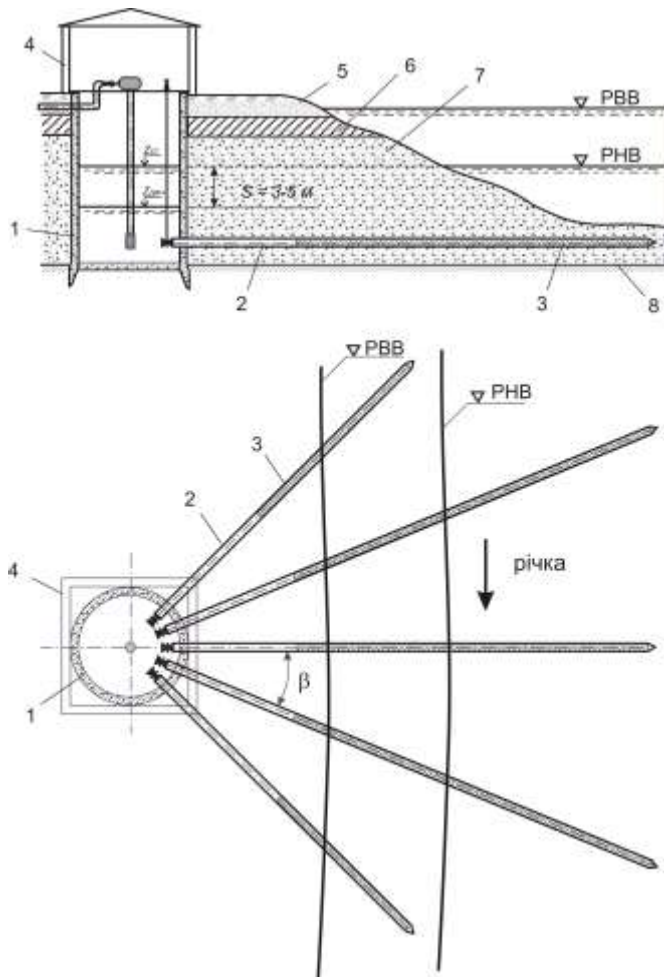


Рис. 24.2. Схема променевого водозбору на березі річки:

- 1 – залізобетонний шахтний колодязь;
- 2 – глуха (не перфорована) частина променевих дрен;
- 3 – перфоровані сталеві труби;
- 4 – павільйон з насосною станцією;
- 5 – насипний ґрунт;
- 6 – щільний суглинок;
- 7 – пісок і галька;
- 8 – глина

Часто променеві водозабори є основною конструкцією комбінованого водозбору – горизонтально-вертикального, коли дно шахти працює, як й у звичайному шахтному колодязі [1].

Найчастіше променеві водозабори застосовують як джерело водопостачання інфільтраційних вод. Більш того, забір підруслених інфільтраційних вод поверхневих джерел, що пересихають або перемерзають, або несуть велику кількість донних і завислих забруднень, доцільно й економічно вигідно вести тільки променевими водозаборами. Вони в багатьох випадках вигідніші за свердловини і шахтні колодязі, оскільки для їх спорудження не потрібна значна територія, отже, і територія зон санітарної охорони, все обладнання і засоби контролю зосереджені в одній споруді, а насоси встановлюють, як правило, великої продуктивності [1].

Крім того, порівняно зі свердловинами і шахтними колодязями променеві водозабори мають такі переваги [5]:

- забір і підйом води відбуваються в одному місці;
- одержують значні дебіти завдяки більшій кількості горизонтальних свердловин, довжина яких не залежить від потужності водоносного пласта;
- збільшення поверхні фільтрації призводить до зниження швидкості надходження води в горизонтальні свердловини, що зменшує втрати напору і запобігає занесенню колодязя дрібнозернистим піском;
- за допомогою променевих водозаборів можна одержати очищену воду з річок і озер завдяки фільтрації її крізь дно і береги.

## **24.2. Особливості спорудження**

Горизонтальні свердловини споруджують методом горизонтального буріння (продавлювання, проколювання). Трубопровід кожного горизонтального променя має на кінці спеціальну насадку із зовнішнім діаметром, більшим за діаметр обсадних труб. У водоносний пласт труби продавлюють гвинтовими або гідравлічними домкратами. Для цього застосовують також віброударні, обертові та інші методи буріння. Товщину стінок сталевих обсадних труб беруть в межах 8-12 мм. Для збереження міцності фільтрових труб їх шпаруватість повинна бути не більшою, ніж 20 % [5].

Випускні кінці горизонтальних свердловин (уста променів) повинні бути вище від дна шахти не менш ніж на 1-2 м й обладнані засувками, водолічильниками, манометрами. За довжини 60 м і більше промені зазвичай виконують телескопічними із зменшенням діаметра труб від шахти до кінцевих ділянок променя. В дрібнопіщаних породах можна спочатку влаштовувати захисну обсадну трубу, а вже в неї вставляти

робочу частину променя, яка має, як і водозабірні свердловини, фільтр. Потім захисні обсадні труби виймають [5].

Розміщувати фільтри-промені слід на глибині не менш ніж 0,5 м під покрівлю напірного водоносного пласта і не менш ніж 0,3-0,4 м над підшоною безнапірного водоносного пласта. В неоднорідних водоносних пластах невеликої потужності і різної водовіддачі рекомендується влаштовувати багатоярусні променеві водозабори [1].

Шахти споруджують відкритим, опускним або кесонним способами, а також способом відсікання палі. На практиці найчастіше водозбірну шахту споруджують способом опускного колодезя. У стінках шахти під час її спорудження залишають гнізда для променів, кількість яких повинна бути у два рази більшою за кількість горизонтальних свердловин на випадок їх заміни або можливості додаткового прокладання з метою збільшення продуктивності променевого водозабору [1].

Водозбірну шахту, як правило, виконують круглою в плані з внутрішнім діаметром, достатнім для розміщення домкратів, труб, фільтрів та іншого обладнання, що використовується для буріння і продавлювання фільтрів-променів. Глибина закладання шахти залежить від глибини розміщення фільтрів, тобто глибини залягання експлуатаційного пласта, відстані від фільтрів до дна шахти і товщини днища. За невеликої потужності водоносного пласта шахта перетинає його товщу і заглиблюється на 0,5-1 м у водотривкий шар [1].

Якщо променевий водозабір заплановано влаштувати на березі водойми або в її руслі, то верх водозбірної шахти повинен бути на 0,5 м вищим від розрахункового високого рівня води в поверхневому джерелі. Шахту треба перевіряти на стійкість проти спливання [1].

Для променевих водозаборів продуктивністю до 150-220 л/с шахту проєктують односекційною, а за більшої продуктивності її ділять на дві секції [5].

У службовому павільйоні розміщують електродвигуни, механізми управління засувками та інше обладнання. Насоси для водопіднімання встановлюють у шахті.

Недоліками променевих водозаборів є значна трудомісткість спорудження шахти та буріння горизонтальних свердловин, а також те, що для надійного постачання споживачів водою слід споруджувати мінімум дві шахти, що збільшує будівельну вартість водозабору [5].

Однак, хоча променеві водозабори дуже складні й трудомісткі під час спорудження, на противагу водозабірним свердловинам, потребують менше місця для їх будівництва, у них простіша

експлуатація, більша площа фільтрації й можливість надходження більшої кількості води з водоносного пласта за меншої швидкості входу у фільтрувальну поверхню [2].

### 24.3. Типи променевих водозаборів

Залежно від умов гідрогеологічного живлення і розміщення відносно відкритих водойм променеві водозабори поділяють на такі основні типи [2]:

- руслові – за розміщення променів під дном річки (із збірним колодязем на березі річки або в її руслі);
- берегові – у разі розміщення променів на березі річки;
- комбіновані – за розміщення горизонтальних свердловин в береговій зоні і під дном річки;
- водороздільні – у разі розміщення водозабору на значній відстані від відкритих водойм.

Залежно від кількості горизонтів водоприймальних променів розрізняють одно- і багатоярусні променеві водозабори. Багатоярусні водозабори слід застосовувати в неоднорідних водоносних пластах для більш повного використання водоносних шарів. У деяких випадках застосовують водозабори з нахиленими променями, що можуть бути висхідними або низхідними. Різні види променевих водозаборів проілюстровано на рис. 24.3 і 24.4 [2; 5].

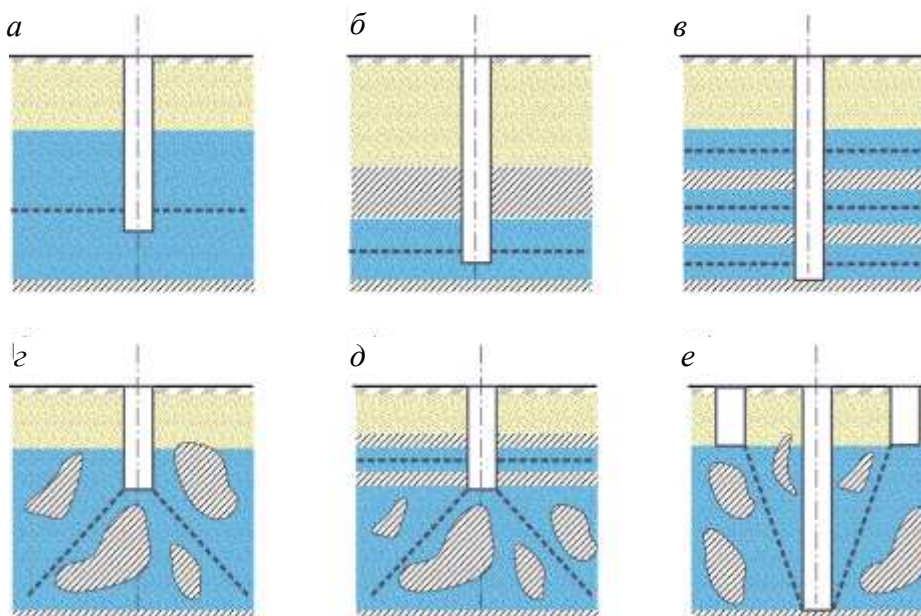


Рис. 24.3. Схеми променевих водозаборів у перерізі:  
а – звичайний; б – малий; в – багатоярусний; г – з висхідними нахиленими променями-свердловинами; д – комбінований; е – з низхідними нахиленими променями-свердловинами

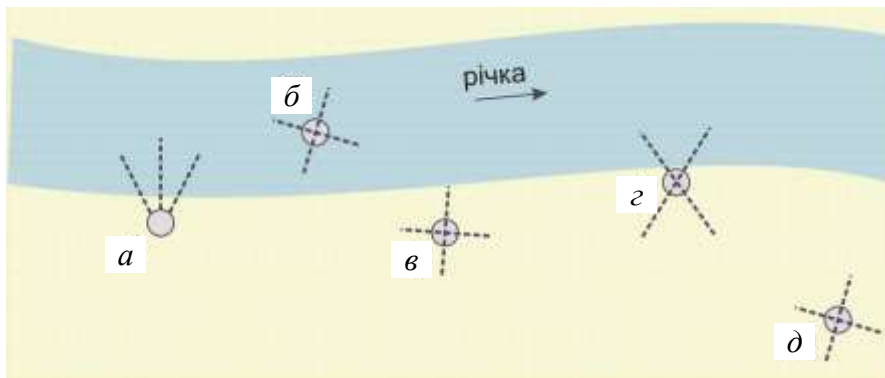


Рис. 24.4. Схеми променевих водозаборів залежно від їх розміщення відносно джерела в плані: *a* – підрусловий з колодязем на березі; *б* – те саме, з колодязем у руслі; *в* – береговий; *г* – комбінований; *д* – водороздільний

За конструктивними особливостями променеві водозабори бувають [1]:

- основного типу – з шахтою великого діаметра (3-6 м) і фільтрами-променями великої довжини ( $\geq 20$  м) та значного діаметра ( $\geq 100$  мм), які розміщені горизонтально в один ярус;
- особливого типу – з шахтою невеликого діаметра (до 3 м), короткими фільтрами-променями з діаметром до 100 мм, розміщеними кількома ярусами, з висхідними або низхідними нахиленими променями. До цього ж типу належать також променеві водозабори з вертикальними фільтрами-променями та водозабори з фільтрувальним дном шахти або з фільтрувальними вікнами в її стінках, тобто комбіновані водозабори.

#### 24.4. Розрахунок

У проектуванні променевих водозаборів слід керуватися такими рекомендаціями [5]:

- 1) оптимальна кількість променів має бути в межах 2-6;
- 2) горизонтальні свердловини слід розміщувати на глибині  $0,5m$  для напірного пласта і  $(0,3-0,4)m$  – для безнапірного ( $m$  – потужність водоносного пласта).

Мінімальна товщина стінок водозбірної шахти залежить від матеріалу, з якого її влаштовують, і умов, в яких її споруджують. Із досвіду будівництва променевих водозаборів, товщина стінок бетонних водозбірних шахт має становити  $1/10-1/12$  її внутрішнього розміру. За невеликої глибини (до 20-25 м) стінки шахти мають однакову товщину, а за більшої глибини – різну [1].

Дебіт променевих водозаборів залежить від багатьох факторів, головним з яких є гідрогеологічні фільтраційні властивості водоносної породи, потужність водоносного пласта, його межі і форми живлення, а також застосовані інженерно-технічні рішення – кількість, довжина і взаємне розміщення променів, їх заглиблення під дном відкритого джерела тощо [1].

У зв'язку з таким розмаїттям факторів, які впливають на дебіт променевих водозаборів, є і велика кількість методів їх розрахунків і розрахункових формул, переважно емпіричного характеру.

Для приблизних оцінок дебіту променевих водозаборів можна використовувати формулу К. Абвезера [1]

$$Q = \alpha \cdot E \cdot l \cdot K_{\phi} \cdot S, \text{ м}^3/\text{добу}, \quad (24.1)$$

де  $\alpha$  – коефіцієнт, що характеризує умови розміщення фільтра-променя у водоносному пласті, який беруть в межах  $\alpha = 1-1,25$ ;  $E$  – коефіцієнт, що характеризує пористість водоносної породи, довжину променя, однорідність пласта, який визначають в межах  $E = 1-2,5$ ;  $l$  – довжина променів, м;  $K_{\phi}$  – коефіцієнт фільтрації водоносної породи, м/добу;  $S$  – зниження статичного рівня води, м.

У загальному випадку розрахункова схема променевого водозабору охоплює системи берегових та підруслових променів-свердловин (рис. 24.5) [2].

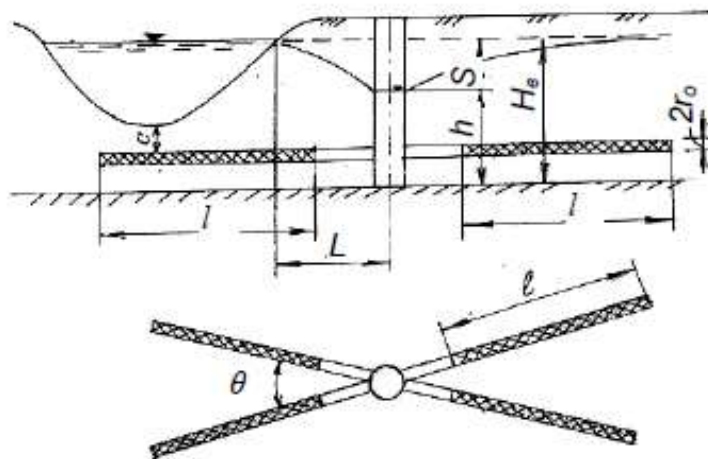


Рис. 24.5. Розрахункова схема променевого водозабору

Для такого випадку дебіт променевого водозабору визначають за формулою [2]

$$Q = 2\pi K_{\phi} m S \left( \frac{1}{R_6} + \frac{1}{R_n} \right), \text{ м}^3/\text{добу}, \quad (24.2)$$

де  $R_6$  – фільтраційний опір радіальної системи берегових променів-свердловин,  $R_6 = f(m, l, L, r_0, N_6)$ ;  $R_n$  – фільтраційний опір радіальної системи підруслових променів-свердловин  $R_n = f(m, l, C, r_0, N_n)$ ;  $N_6$ , і  $N_n$  – відповідно, кількість берегових та підруслових променів.

Для суто берегових водозаборів  $R_n \rightarrow \infty$ ,  $1/R_n = 0$ ,

а для суто підруслових водозаборів  $R_6 \rightarrow \infty$ ,  $1/R_6 = 0$ .

Для безнапірного водоносного пласта  $m \approx 0,8 H_e$ .

Дебіт променевого водозабору, що забирає воду з напірного водоносного пласта обмеженої потужності з круговим контуром живлення можна визначити за формулою [5]

$$Q = \frac{2\pi K_\phi m S}{\ln \frac{R}{r_e}}, \text{ м}^3/\text{добу}, \quad (24.3)$$

де  $S$  – зниження рівня води у шахті променевого водозабору, м;  $R$  – радіус кругового контуру живлення пласта, м, що визначається за формулою (19.3);  $r_e$  – еквівалентний радіус досконалого вертикального колодязя з таким самим дебітом, як у променевого водозабору, м, який визначають за формулою

$$r_e = l \cdot \sqrt[n]{0,25}, \quad (24.4)$$

І  $n$  – відповідно довжина і кількість променів водозабору.

Дебіт променевого водозабору, що живиться безнапірними підземними водами, можна визначити за формулою

$$Q = \frac{1,36 K_\phi (H^2 - H_1^2)}{\lg \frac{R}{l}}, \text{ м}^3/\text{добу}, \quad (24.5)$$

де  $H$  – потужність безнапірного водоносного пласта, м;  $H_1$  – напір ґрунтових вод на початку горизонтальної свердловини, який визначають з умов можливості подолання гідравлічного опору під час руху води з водоносного пласта в шахту за формулою

$$H_1 = T + \sqrt{\frac{2A}{3K_\phi} \left(\frac{Q}{n}\right)^3 + H_2^2}, \text{ м}, \quad (24.6)$$

де  $A$  – питомий опір фільтрових труб горизонтальних свердловин,  $\text{с}^2/\text{м}^6$ ;  $T$  – відстань від водоупору до горизонтальних свердловин, м;  $H_2$  – напір води біля початку (устя) свердловини, що визначається за виразом

$$H_2 = H - T - S, \text{ м}. \quad (24.7)$$

Питомий опір перфорованих сталевих труб [5]

$$A = \frac{0,00825}{d^5}, \text{ с}^2/\text{м}^6, \quad (24.8)$$

де  $d$  – внутрішній діаметр труб, м.

Радіус впливу  $R$ , що входить у формулу (24.5), визначають за формулою (19.2).

Розв'язавши сумісно рівняння (24.5) і (24.6), знаходять значення дебіту променевого водозабору. Це рішення можна отримати шляхом добору або графічним методом [5].

### ***Запитання для самоконтролю***

1. Із яких трьох основних елементів складається променевий водозабір?
2. За яких умов у системах водопостачання доцільно застосовувати променеві водозабори?
3. Вкажіть переваги променевих водозаборів порівняно із свердловинами та шахтними колодязями.
4. Що являють собою горизонтальні промені-свердловини? З яких матеріалів їх виготовляють? Як споруджують?
5. Поясніть призначення шахти променевого водозабору. Опишіть основні вимоги до її спорудження.
6. Для яких потреб використовують наземний павільйон у променевих водозаборах?
7. Що вважають недоліками променевих водозаборів?
8. На які основні типи поділяють променеві водозабори залежно від умов гідрогеологічного живлення та їх розміщення відносно відкритих водойм?
9. Як поділяють променеві водозабори за конструктивними особливостями?
10. Яких рекомендацій слід дотримуватися в проектуванні променевих водозаборів?
11. Назвіть основні фактори, від яких залежить дебіт променевих водозаборів.
12. Яким чином виконують розрахунки для встановлення дебіту променевих водозаборів, що живляться напірними та безнапірними водами?

## Тема 25. КАПТАЖ ДЖЕРЕЛЬНИХ ВОД. ІНФІЛЬТРАЦІЙНІ ВОДОЗАБОРИ

### 25.1. Призначення і типи каптажів

*Каптажі* – це споруди для захоплення і накопичення підземних вод, які виходять на денну поверхню землі. Їх конструкція залежить від гідрогеологічних умов виходу підземних вод на денну поверхню, товщини відкладень, що покривають водоносний пласт, витрати джерела [2].

За *зосередженого виходу* підземних вод на поверхню землі (рис. 25.1, а, б) каптажні споруди влаштовують у вигляді камери (колодязя) перед виходом низхідного гірського джерела або над виходом висхідного гірського джерела [2].



Рис. 25.1. Вихід підземних вод на поверхню землі та збір у каптажній камері:  
а – зосереджений вихід підземних вод з низхідного джерела;  
б – те саме, з висхідного джерела; в – розосереджений вихід  
підземних вод; г – збір джерельних вод у каптажній камері

У разі розосередженого виходу підземних вод на поверхню землі у вигляді окремих джерел (рис. 25.1, в), розміщених одне від одного на відстані понад 5 м, їх каптаж виконують роздільно із збиранням води у спільну водозбірну камеру. Такою камерою може бути камера на основному (найбільшому за дебітом) виході підземних вод або спеціальна збірна камера поза виходом підземних вод (рис. 25.1, г) [2].

Для запобігання забрудненню каптаж джерел підземних вод виконують до їх виходу на денну поверхню із захопленням, яке унеможливорює вихід вод в обхід каптажу. Для нормальної роботи каптажів потрібно [2]:

- достатньо повно за площею та глибиною розкрити вихід джерела;
- запобігти промерзанню і попаданню у джерело поверхневих забруднень;
- запобігти утворенню зсувів, обвалів, розмивів у місці влаштування каптажу;
- забезпечити надійну вентиляцію каптажу.

У разі невеликої товщини шару перехоплюваної води і неглибокого залягання водоупору днище каптажної камери заглиблюють нижче від подошви пласта на величину, яка дає змогу розміщувати витратну трубу з напором над нею  $H$ . При цьому для більш повного відбирання води днище колодязя не повинне бути вищим за подошву пласта. За глибокого залягання подошви може бути спроектована недосконала за глибиною розкриття пласта каптажна споруда [2].

Каптажі влаштовують не лише для приймання, а й для концентрованого збирання та накопичення підземних вод, що виходять на поверхню землі, інколи на значному просторі.

Конструкції водозбірних камер чи шахт можуть бути різноманітними – від звичайного кам'яного накиду до залізобетонних камер, які будують індустріальним способом. Природно, що найпростіші каптажі (кам'яний накид, глинобитні камери) влаштовують на малопотужних джерелах для водопостачання невеликих водоспоживачів. На середніх та великих джерелах влаштовують цегляні, бутобетонні, бетонні та залізобетонні каптажні споруди. Такі водозабори можуть забезпечувати водою навіть централізовані системи водопостачання середньої продуктивності [1].

Залежно від типу джерела (ключа) каптажні споруди влаштовують за двома принципово різними схемами – каптажі висхідних джерел та каптажі низхідних джерел.

*Каптажі висхідних джерел* – це водозбірні камери, які приймають воду з висхідних джерел, тобто джерел, в яких напрямок руху води перпендикулярний денній поверхні землі. Вода в таких каптажах надходить тільки крізь дно, влаштоване у вигляді зворотного фільтра. Якщо приймання води висхідного джерела відбувається із стійких тріщинуватих порід, то зворотним фільтром може бути один шар фільтрувального матеріалу (гравію, щебеню, гальки). У разі влаштування каптажу для збору води з піщаних порід дно каптажної камери виконують дво- або тришаровим, а за значного напору води в джерелі – з поділом зворотного фільтра на дві-три частини, як у шахтних колодязях. Особливістю каптажів висхідних джерел є те, що вони приймають воду лише крізь дно, а вода є напірною [1].

*Каптажі низхідних джерел* – це водозбірні камери, які приймають воду низхідних джерел, тобто джерел, в яких напрямок руху води не перпендикулярний до поверхні землі. Це джерела на схилах гір, ярів, річищ, де виходять на поверхню землі підземні води не тільки напірних пластів, а й безнапірних. Такі каптажі являють собою водозбірні камери з боковою водоприймальною поверхнею, виконаною у вигляді зворотного фільтра.

Якщо для забору води використовують розосереджені низхідні джерела, то в конструкції каптажів можуть бути використані стінки у напрямку до водозбірних камер у місцях з найбільш інтенсивним виходом підземних вод на поверхню землі. За невеликої потужності водоносного пласта каптажі низхідних джерел влаштовують досконалыми, тобто їх водозбірні і водоспрямувальні стінки заглиблюють нижче від подошви пласта, а за великої потужності каптажі можуть бути і недосконалыми, тобто розміщеними у товщі пласта [1].

У випадку, коли струмінь низхідного джерела виливається з тріщин скельних порід, то каптажна камера прилягає безпосередньо до скелі і збирає воду, що витікає з тріщин. Камеру обладнують переливною, спускною, забірною та вентиляційними трубами. Якщо водоносний пласт утворює на схилі гори багато невеликих джерел, розміщених приблизно на одному рівні, то розчищають місця виходу джерел і будують загальну каптажну камеру з технологічними трубопроводами. Коли водоносний шар захований під потужними делювіальними намулами, а окремі невеликі джерела розміщені на різних рівнях, то водоносний пласт розкопують, споруджують горизонтальні штольні або шахтні колодязі [5].

## 25.2. Схеми каптажних камер

Підземну джерельну воду, яка виходить на денну поверхню, забирають каптажними камерами різних конструктивних схем. Вода з висхідного джерела надходить крізь дно камери (рис. 25.2, а), а з низхідного – крізь бокову стінку з отворами (рис. 25.2, б) [2]. Зовнішні стіни камери ґрунтують і покривають бітумом. Зазвичай камери мають просту конструкцію, тип якої залежить від таких чинників [5]:

- вид джерельних вод (висхідні чи низхідні);
- характер водоносного пласта (тріщинуваті, гравійні чи піщані породи);
- характер виходу підземних вод (окрема жила чи група джерел);
- товщина шару ґрунту, що закриває вихід джерела;
- гідрогеологічні умови (унікання зсувів, ярів, розмивів тощо);
- наявність місцевих будівельних матеріалів.

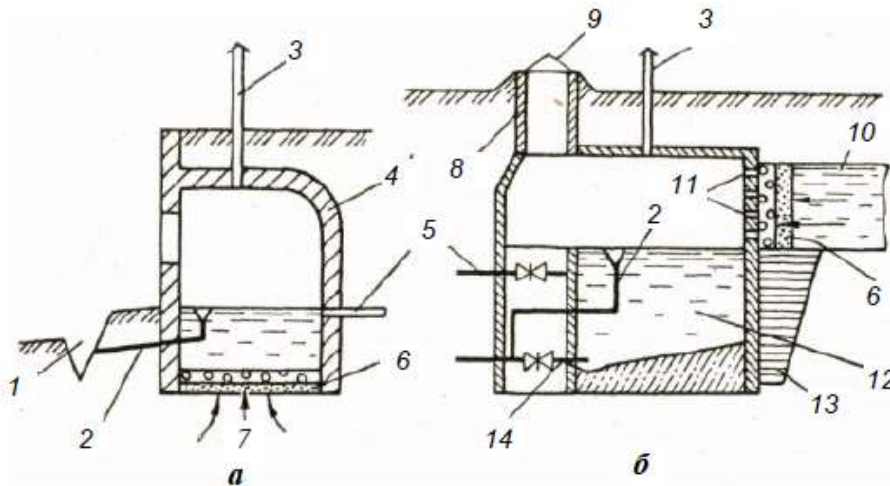


Рис. 25.2. Схеми каптажних камер: а – з висхідного джерела; б – з низхідного джерела; 1 – відвідна канава; 2 – переливна труба; 3 – вентиляційна труба; 4 – каптажна камера; 5 – витратна труба; 6 – зворотний фільтр; 7 – висхідне джерело; 8 – залізобетонні кільця; 9 – чавунний люк; 10 – низхідне джерело; 11 – водоприймальні отвори; 12 – відстійник; 13 – глиняний замок; 14 – труба для скидання бруду

Каптажні камери обладнують переливними трубами для відведення надлишків води, контрольно-вимірювальними приладами, арматурою для регулювання відбору води, водопідйомниками, трубопроводами, якими вода надходить у збірний резервуар, подається до водоспоживачів чи на станцію водопідготовки для очищення. Окрім цього, каптажні камери обладнують надійною вентиляцією і засобами, що захищають споруди від промерзання в холодну пору року, а також від попадання в них забруднених поверхневих вод. Як і для інших

водозаборів з підземних джерел, під час влаштування каптажних камер мають бути дотримані всі вимоги до створення зон санітарної охорони [1].

### **25.3. Інфільтраційні водозабори, їх типи і схеми**

*Інфільтраційними* називають водозабори підземних вод, у яких дебіту досягають переважно завдяки природній або штучній інфільтрації води з поверхневих джерел (річок, озер, водойм) [5].

За місцем влаштування водоприймальних споруд відносно поверхневого джерела інфільтраційні водозабори поділяють на такі типи: берегові, острівні, підруслові. Можливі також їх комбінації – берегово-острівні або берегово-підруслові водозабори [5].

За типом водоприймальних споруд інфільтраційні водозабори поділяють так [5]:

- вертикальні (трубчасті та шахтні колодязі);
- горизонтальні (дрени, галереї, промені);
- комбіновані (галереї з трубчастими колодязями, шахтні колодязі з променями тощо).

Вибір типу водоприймальних споруд інфільтраційних водозаборів залежить від глибини залягання підруслових вод (табл. 25.1) [5].

Таблиця 25.1

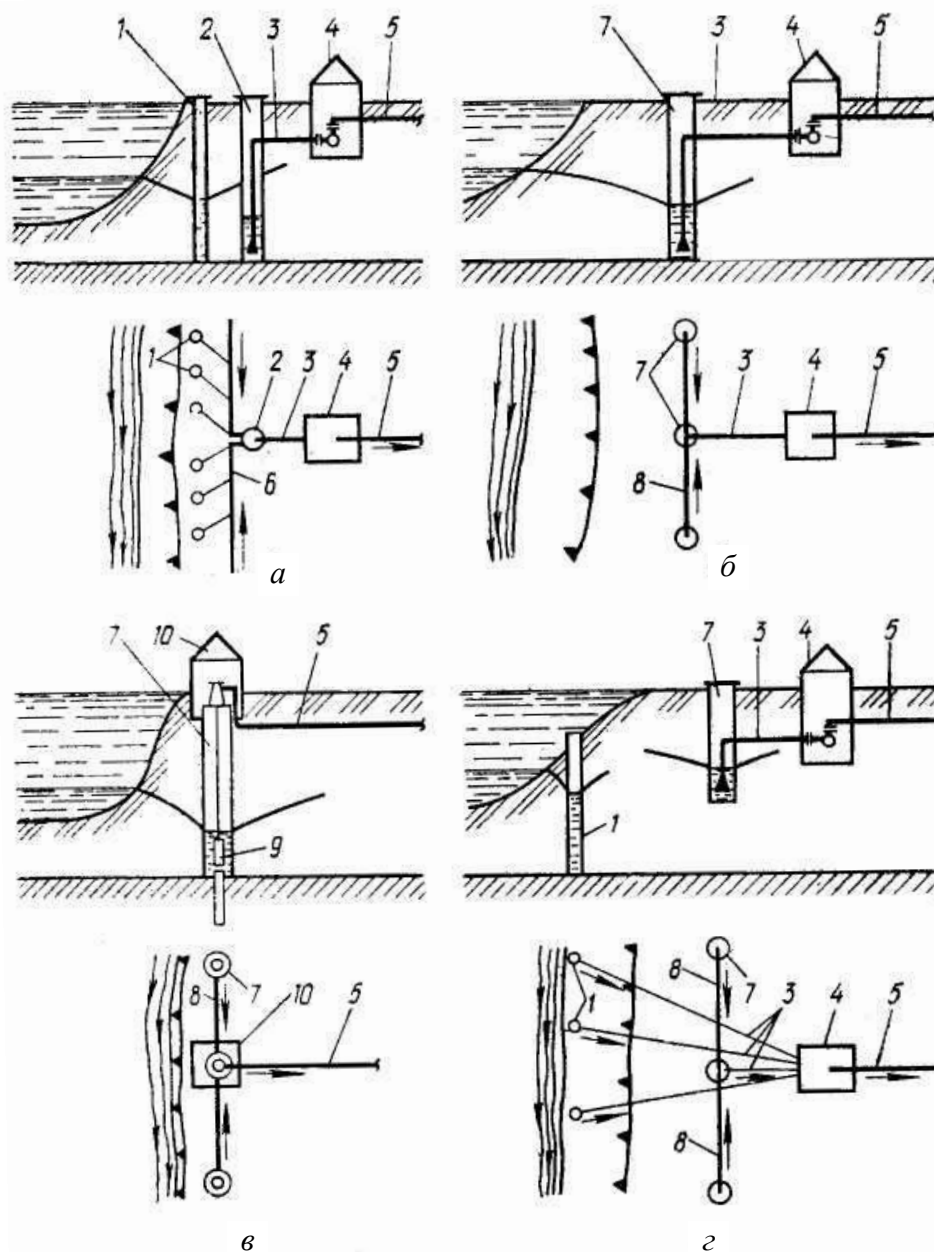
#### **Залежність типу водоприймальних споруд від глибини залягання підруслових вод**

Типи водоприймальних споруд	Глибина залягання підруслових вод, м
Вертикальні: бурові свердловини шахтні колодязі	понад 10 до 10
Горизонтальні: трубчасті та галерейні променеві	до 8 до 15-20

У берегових та острівних водозаборах застосовують вертикальні та горизонтальні водоприймальні споруди, а в підруслових – зазвичай тільки горизонтальні. Інфільтраційні водозабори з вертикальними водоприймальними спорудами (буровими свердловинами) найбільш поширені, оскільки дають можливість використовувати індустріальні методи будівництва (рис. 25.3) [5].

Інфільтраційні водозабори з горизонтальними водоприймальними спорудами застосовують зазвичай за малої потужності підруслового потоку (рис. 25.4) [5].

Можливим є також застосування комбінованих водозаборів, до яких входять і водозабірні галереї або штольні, і самопливні свердловини, пробурені в бокових нішах галерей. Комбіновані водозабори застосовують у тих випадках, коли разом з підрусловими безнапірними водами алювіальних відкладень є напірний водоносний пласт, який лежить ближче.



25.3. Інфільтраційні водозабори з вертикальними водоприймальними спорудами: а – зі свердловинами; б – з шахтними колодезями; в, г – з комбінованими водозахоплювальними пристроями; 1 – водозабірні свердловини; 2 – водозбірний колодезь; 3 – всмоктувальний трубопровід; 4 – насосна станція; 5 – напірний трубопровід; 6 – сифонний або напірний трубопровід; 7 – шахтні водозахоплювальні колодезі; 8 – сифонний водозбірний трубопровід; 9 – заглибні насоси; 10 – насосна станція, суміщена з шахтним колодезем

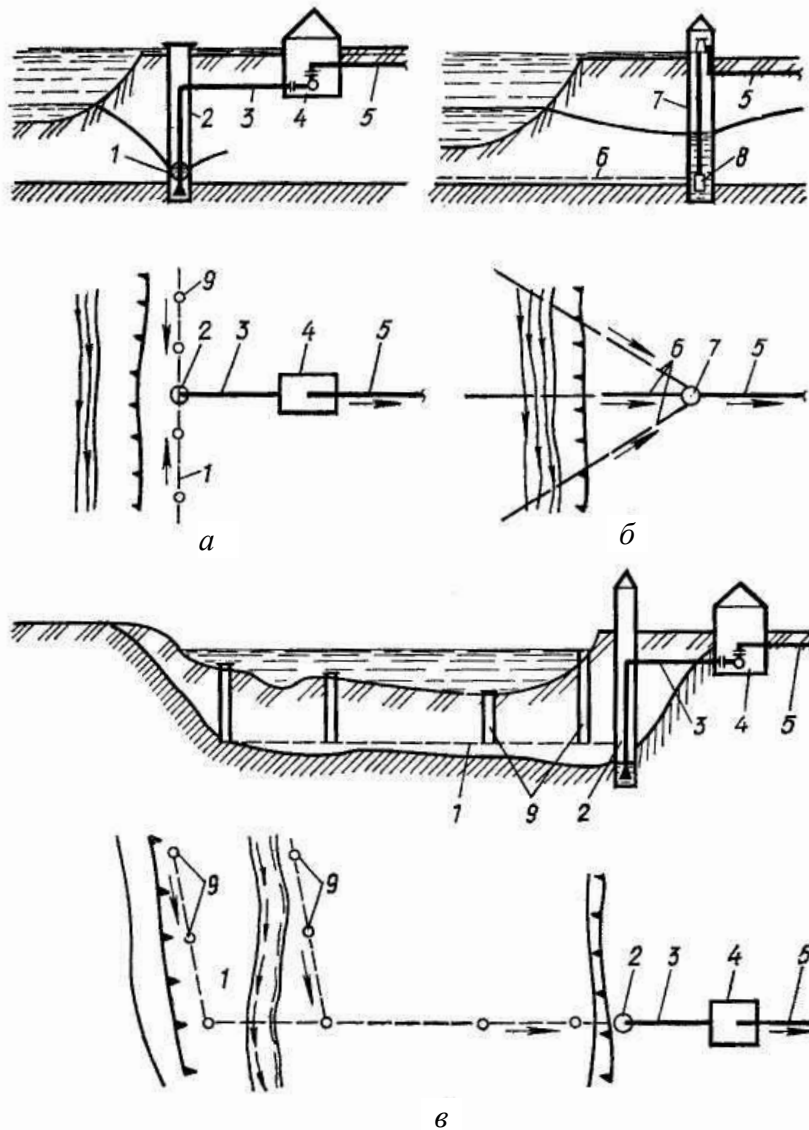


Рис. 25.4. Інфільтраційні водозабори з горизонтальними водоприймальними спорудами: а – береговий; б – підруслівий (променевий); в – берегово-підруслівий; 1 – інфільтраційна галерея; 2 – водозбірний колодязь; 3 – всмоктувальні трубопроводи; 4 – насосна станція; 5 – напірні трубопроводи; 6 – промені; 7 – насосна станція, суміщена з водозбірним колодязем; 8 – заглибні насоси; 9 – оглядові колодязі

Відбір підземних вод із двох пластів (напірного і безнапірного) водозахоплювальними пристроями одного типу не забезпечує максимального дебіту водозабору, тому в такому разі економічніше відбирати окремо підземні води з кожного водоносного пласта, а потім відводити їх по єдиній водозабірній системі.

Для відбору підруслівих вод використовують галереї або штольні, а для напірних вод, які залягають нижче, – вертикальні свердловини (рис. 25.5) [5].

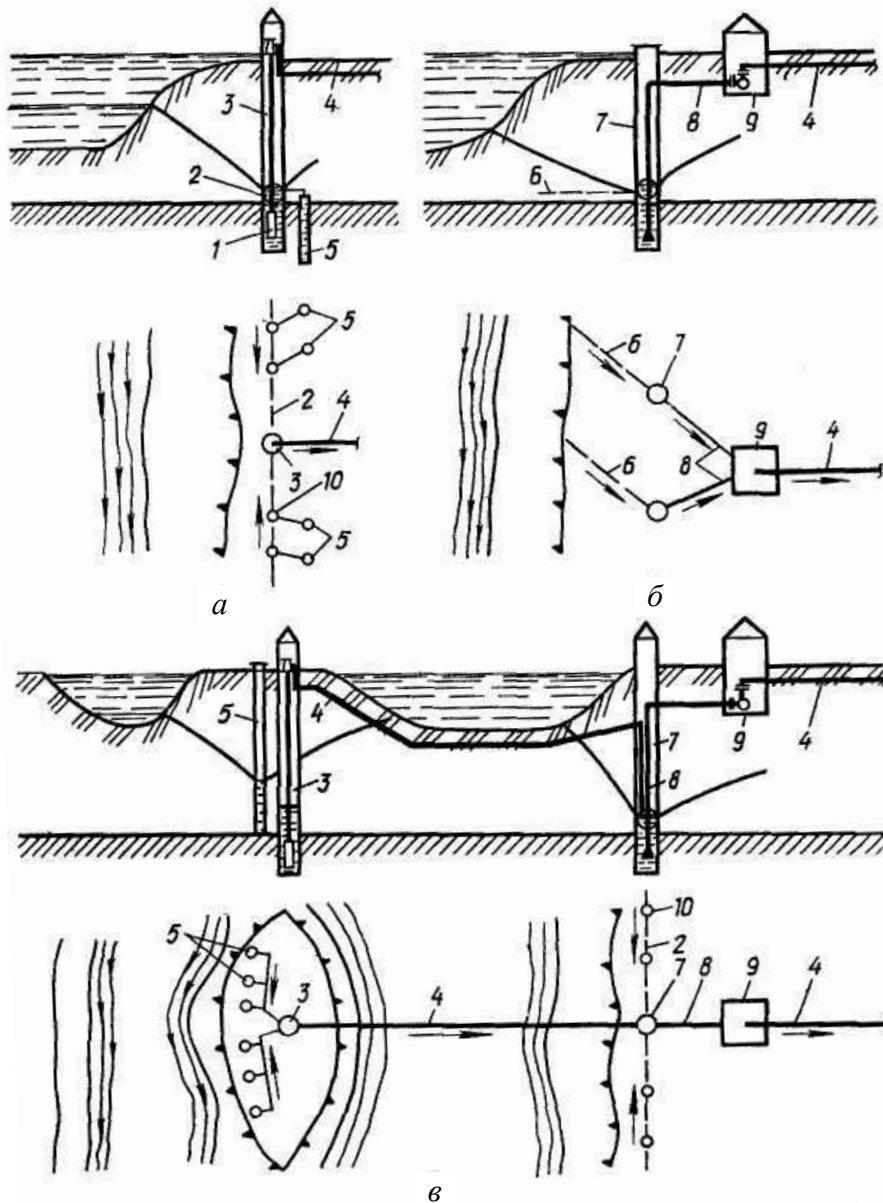


Рис. 25.5. Інфільтраційні водозабори з комбінованими водоприймальними спорудами: а – береговий водозабір з галереєю і з самовиливними свердловинами; б – береговий водозабір з шахтними колодязями і дренами; в – берегово-острівний водозабір з галереєю і з безнапірними свердловинами; 1 – заглибний насос; 2 – інфільтраційна галерея; 3 – насосна станція, суміщена з водозбірним колодязем; 4 – напірні трубопроводи; 5 – свердловини; 6 – дрени; 7 – шахтні колодязі; 8 – всмоктувальні трубопроводи; 9 – насосна станція; 10 – оглядові колодязі

У компонуванні інфільтраційних водозаборів треба дотримуватись таких вимог [5]:

- водозахоплювальні пристрої розміщують, зважаючи на максимальну концентрацію підземних вод, призначених для відбору;

- комплекс водозабірних споруд розділяють на окремі вузли (групи свердловин, ділянки галерей) відповідно до черговості будівництва об'єкта;
- ділянки водозаборів обирають з розрахунку перспективи їх майбутнього розширення;
- насосні станції розміщують на мінімальній відстані від водозахоплювальних пристроїв.

Найбільш відповідними цим вимогам є горизонтальні водозахоплювальні пристрої, насамперед променеві водозабори. Незважаючи на певні труднощі, які виникають під час будівництва таких споруд і влаштування променів методом горизонтального буріння (продавлювання), виконуваного з водозбірного колодязя, далі в процесі експлуатації променеві водозабори дають змогу досягти потрібних розрахункових витрат води, і тому їх вважають найбільш прогресивними й економічними водозаборами річкових підруслових та підземних безнапірних вод [5].

### ***Запитання для самоконтролю***

1. Що називають каптажем?
2. Які фактори беруть до уваги в проектуванні каптажів?
3. Яким чином влаштовують каптажні споруди за зосередженого та розосередженого виходів підземних вод на поверхню землі?
4. Що потрібно забезпечувати для нормальної роботи каптажів?
5. З яких матеріалів споруджують водозбірні камери каптажів?
6. За якими двома принципово різними схемами влаштовують каптажні споруди залежно від типу джерела (ключа)? У чому їх відмінність?
7. Від чого залежить конструкція каптажної камери?
8. Чим обладнують каптажні камери?
9. Які водозабори називають інфільтраційними?
10. Назвіть типи інфільтраційних водозаборів залежно від місця влаштування водоприймальних споруд відносно поверхневого джерела.
11. Як поділяють інфільтраційні водозабори за типом водоприймальних споруд?
12. Від чого залежить вибір того чи іншого типу водоприймальних споруд інфільтраційних водозаборів?
13. Яких вимог слід дотримуватись у компонуванні інфільтраційних водозаборів?

## **Тема 26. САНІТАРНА ОХОРОНА ПІДЗЕМНИХ ДЖЕРЕЛ І ВОДОЗАБОРІВ. ТЕХНІЧНА ЕКСПЛУАТАЦІЯ СПОРУД**

### ***26.1. Зони санітарної охорони водозаборів підземних вод***

Зоною санітарної охорони (ЗСО) джерела водопостачання називають спеціально виділену територію, що охоплює використовувану водойму і частково басейн її живлення. Відповідно до постанови Державного санітарного нагляду проєктні організації зобов'язані розробляти проєкт ЗСО, який є обов'язковою і невід'ємною частиною проєкту водопостачання, без якого він не може бути затверджений. Проєкт ЗСО узгоджується і затверджується представником місцевих органів Державного санітарного нагляду [13].

Зони санітарної охорони джерел водопостачання та водозабірних споруд встановлюють для забезпечення санітарно-епідеміологічної надійності та охорони від випадкового або навмисного забруднення водних джерел і водопровідних споруд системи централізованого питного водопостачання (незалежно від форми власності або відомчої підпорядкованості), а також прилеглих до них територій [13].

Організація та утримання ЗСО регламентуються Положенням про проєктування зон санітарної охорони централізованого водопостачання та водних джерел, затверджених органами Державного санітарного нагляду. Вимоги цього документа обов'язкові для всіх організацій, що проєктують, будують, реконструюють та експлуатують системи водопостачання, а також для всіх підприємств, які мають будь-яке відношення до водопостачання [1].

Першочергова і найбільш сувора охорона підземних вод потрібна безпосередньо на ділянці їх відбору для потреб господарсько-питного водопостачання. Для цього навколо водозабору і створюють ЗСО, в якій передбачають спеціальні заходи, що унеможливають надходження забруднень у водозабір і водоносний горизонт у районі розміщення водозабору (рис. 26.1) [2].

До складу ЗСО водозаборів підземних джерел, так само як і поверхневих, належать три пояси – I, II, III. I пояс ЗСО – це зона суворого режиму, яка охоплює територію, безпосередньо прилеглу до водозабору, а II та III пояси ЗСО – це зони обмежень, створені для запобігання мікробному і хімічному забрудненню. Межі цих зон мають бути на відстанях від водозабору, які гарантують допустимий час руху до нього відповідних забруднень [2].

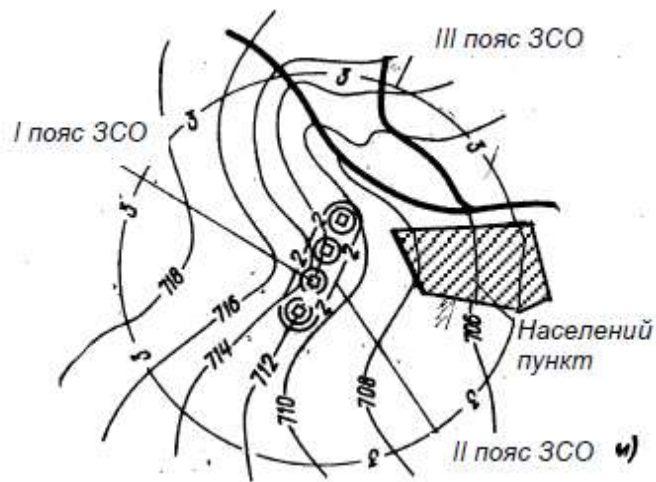


Рис. 26.1. Ситуаційний план підземного водозабору з межами поясів зони санітарної охорони

В I, II, III поясах ЗСО водозаборів підземних вод встановлюється режим, аналогічний до такого самого у ЗСО водозаборів поверхневих вод.

I пояс (зона суворого режиму) охоплює джерело на місці водозабору і територію розміщення насосних та очисних станцій, резервуарів і водопровідних веж. Територія I поясу ЗСО повинна бути спланована для відведення поверхневого стоку за її межі. Доріжки до споруд повинні мати тверде покриття. На території забороняється перебування осіб, не пов'язаних з експлуатацією споруд. Для цього поясу встановлюють постійну цілодобову охорону. Територію огорожують і по можливості оточують поясом зелених насаджень. При цьому не допускається посадка високостовбурних дерев [2, 13].

На території I поясу заборонено всі види будівництва, які безпосередньо не стосуються експлуатації, реконструкції та розширення водопровідних споруд, зокрема прокладання трубопроводів різного призначення, розміщення житлових і господарсько-побутових будівель, проживання людей, застосування отрутохімікатів і добрив [13].

Будинки повинні бути обладнані каналізацією з відведенням стічних вод у найближчу систему побутової чи виробничої каналізації або на місцеві станції очисних споруд, розміщені за межами I поясу ЗСО відповідно до санітарного режиму на території II поясу. У виняткових випадках, де немає каналізації, треба влаштовувати водонепроникні приймачі нечистот і побутових відходів в місцях, що унеможливають забруднення території I поясу ЗСО під час їх вивезення [13].

У I поясі, крім заходів, передбачених для такого самого поясу в ЗСО водозаборів поверхневих вод, мають бути дотримані спеціальні санітарно-технічні вимоги до конструкцій свердловин. Водопровідні споруди повинні бути обладнані з огляду на запобігання ймовірному забрудненню питної води через оголовки і гирла свердловин, люки і переливні труби резервуарів та пристрої заливання насосів. Всі водозабори повинні бути обладнані апаратурою для систематичного контролю відповідності фактичного дебіту під час експлуатації водопроводу проєктної продуктивності водозабору з об'ґрунтованими межами ЗСО [2; 13].

Наступний, II пояс ЗСО (зона обмежень) охоплює джерело водопостачання і басейн його живлення, тобто території і акваторії, які можуть вплинути на якість води джерела. В межах зони проводять оздоровчі заходи й обмеження господарської діяльності для захисту джерела від погіршення якості води, а саме [13]:

- не допускається розміщення кладовищ, скотомогильників, полів асенізації, полів фільтрації, гноєсховищ, силосних траншей, тваринницьких і птахівницьких підприємств та інших об'єктів, що становлять небезпеку мікробного забруднення підземних вод;
- не допускається застосування добрив і отрутохімікатів;
- не допускається вирубування лісу.

Крім того, у II та III поясах ЗСО водозаборів підземних вод обов'язковим є таке [2]:

- виявлення, тампонування або відновлення всіх старих, неактивних, дефектних або неправильно експлуатованих свердловин, які становлять небезпеку забруднення водоносних горизонтів;
- узгодження буріння нових свердловин з органами влади, геологічного контролю і органами з регулювання використання й охорони вод;
- заборона закачування відпрацьованих вод у підземні горизонти та підземного складування твердих відходів і розробок надр землі, які можуть призвести до забруднення водоносного горизонту.

У III поясі ЗСО заборонено розміщення складів паливно-мастильних матеріалів, отрутохімікатів і мінеральних добрив, накопичувачів промислових стоків, шламосховищ та інших об'єктів, що становлять небезпеку хімічного забруднення підземних вод. Розміщення таких об'єктів допускається в межах III поясу ЗСО тільки за умови виконання спеціальних заходів для захисту водоносного горизонту від забруднення [13].

Для джерел та водозаборів системи промислового водопостачання, що не потребують суворого дотримання санітарних норм, зони санітарної охорони можна не планувати [1].

Контроль за утриманням зон санітарної охорони джерел водопостачання та водозабірних споруд покладається на органи Державного санітарного нагляду [1].

## **26.2. Встановлення меж поясів зони санітарної охорони**

У визначенні розмірів поясів ЗСО потрібно, зокрема, брати до уваги природну захищеність підземних вод від поверхневого забруднення [2].

До захищених підземних вод належать напірні і безнапірні міжпластові води, що мають суцільну покрівлю, яка унеможливорює їх гідравлічний зв'язок з розміщеними вище водоносними горизонтами або поверхневими водами [2].

До недостатньо захищених підземних вод належать ґрунтові води, а також напірні і безнапірні міжпластові води, які залягають у пластах з водопроникною покрівлею або покрівлею з літологічними вікнами [2].

У кількісному відношенні ступінь захищеності водоносного горизонту оцінюється часом низхідного руху забруднень від поверхні землі до його покрівлі, який за малої інтенсивності інфільтрації  $\varepsilon$  ( $\varepsilon < K_\phi$ , де  $K_\phi$  – коефіцієнт фільтрації порід зон аерації) з неповним насиченням пор водою визначається за співвідношенням [2]

$$t_0 \approx \frac{m \cdot n}{\sqrt[3]{\varepsilon^2 \cdot K_\phi}}, \quad (26.1)$$

а за значної інтенсивності інфільтрації ( $\varepsilon > K_\phi$ ) – за співвідношенням

$$t_0 \approx \frac{m \cdot n}{K_\phi}, \quad (26.2)$$

де  $m$ ,  $n$  – відповідно потужність та активна поруватість порід над експлуатаційним водоносним горизонтом.

Водоносний горизонт вважають *незахищеним від мікробних забруднень*, що фільтруються крізь товщу порід у покрівлі, якщо  $t_0 < T_m$  (де  $T_m$  – допустимий час руху мікробних забруднень, який залежно від кліматичних умов і характеру залягання водоносного горизонту обчислюють в межах 100-400 діб), і *незахищеним від хімічних забруднень*, якщо  $t_0 < T_x$  (де  $T_x$  – допустимий час руху хімічних

забруднень, який становить відповідно до терміну експлуатації водозабору 25-50 років).

Межі I поясу ЗСО водозаборів з підземних джерел залежать від захищеності підземних вод в межах I та II поясів ЗСО. Встановлюють їх від одиничних водозаборів (свердловини, шахтного колодязя, каптажу) або від крайніх водозабірних споруд групових водозаборів на відстані 30 м у разі використання захищених від забруднень з поверхні землі підземних вод і 50 м – в разі використання недостатньо захищених. Для водозаборів, розміщених на території об'єктів, які унеможливають забруднення ґрунтів і підземних вод, а також для водозаборів, розміщених у сприятливих санітарних, топографічних і гідрогеологічних умовах, розміри I поясу ЗСО можуть бути зменшені за погодженням з місцевими органами санітарного нагляду, але в усіх випадках повинні бути не менш ніж 15 і 20 м відповідно [1; 13].

У разі використання групи вертикальних водозаборів і відстані між сусідніми свердловинами (шахтними колодязями)  $\leq 100$  м I пояс ЗСО допустимо влаштовувати спільним для групи водозаборів за додержання нормативних відстаней від меж поясу до крайніх свердловин [2].

За штучного поповнення запасів підземних вод границя I поясу ЗСО встановлюється на відстані  $\geq 50$  м від водозабору і на відстані  $\geq 100$  м від інфільтраційних споруд [2].

Межі I, II, III поясів ЗСО для берегових (інфільтраційних) та підруслових водозаборів підземних вод визначають аналогічно до таких водозаборів поверхневих вод.

Для інфільтраційних водозаборів за відстані між ними і поверхневими джерелами  $< 150$  м в межах I поясу ЗСО охоплюють територію між водозаборами і поверхневим джерелом [2].

Межу II поясу ЗСО підземного джерела водопостачання потрібно визначати гідродинамічними розрахунками з огляду на архітектурно-будівельний кліматичний район, як час  $T_m$  просування мікробного забруднення потоком підземних вод до місця водозабору. Визначають згідно з ДБН В.2.5-74:2013 [13].

Межу III поясу ЗСО підземного джерела водопостачання також встановлюють гідродинамічними розрахунками, коли враховується час проходження хімічного забруднення води до водозабірної споруди, який повинен бути більшим за термін експлуатації водозабірної споруди, але не менш ніж 25 років [13].

Таким чином, межі II та III поясів ЗСО водозаборів підземних вод визначають за гідродинамічними розрахунками з застосуванням методів гідромеханіки на підставі аналізу структури фільтраційної двомірної течії навколо водозабору [2].

У складних умовах (складна схема водозабору, складна гідрогеологічна обстановка тощо) застосовують графоаналітичні та числові методи моделювання на аналогових приладах [2].

Аналітичні методи визначення розмірів ЗСО розроблено для таких найпростіших схем фільтрації [2]:

- 1) зосереджений водозабір (поодинокі свердловини або компактна група взаємодійних свердловин) поблизу досконалого або недосконалого поверхневого джерела, коли немає спрямованого потоку підземних вод або коли потік підземних вод спрямований до річки, вздовж річки, від річки;
- 2) лінійний ряд свердловин поблизу досконалого або недосконалого поверхневого джерела коли немає спрямованого потоку підземних вод або коли потік підземних вод спрямований до річки, вздовж річки, від річки;
- 3) зосереджений водозабір в ізольованому безмежному (за умови віддаленого від джерел живлення) водоносному горизонті за наявності або відсутності спрямованого потоку підземних вод;
- 4) лінійний ряд свердловин в ізольованому безмежному водоносному горизонті за наявності або відсутності спрямованого потоку підземних вод;
- 5) зосереджений водозабір у водоносному горизонті, що додатково живиться завдяки перетоку з суміжних водоносних горизонтів.

Задача гідрогеологічного обґрунтування меж ЗСО водозабору зводиться до визначення характерних параметрів  $R$ ,  $r$ ,  $d$  еліптичної зони його захоплення (рис. 26.2) за заданого інтервалу часу  $T$  (для визначення меж II та III поясів ЗСО вважають, що  $T = T_m$  та  $T = T_x$ ) [2].

Цю задачу розв'язують, аналізуючи рух часток води, які в початковий момент часу знаходяться на різних ділянках області фільтрації підземного потоку, за допомогою диференціальних рівнянь, що характеризують траєкторію руху часток за планової двомірної фільтрації [2]:

$$v_x = \frac{dx}{dt}; \quad v_y = \frac{dy}{dt}. \quad (26.3)$$

Межі усіх поясів ЗСО, які встановлені на підставі санітарно-гідрологічного і санітарного обстежень району джерела водопостачання та здійснення гідродинамічних розрахунків, позначають на карті місцевості (рис. 26.3) [13].

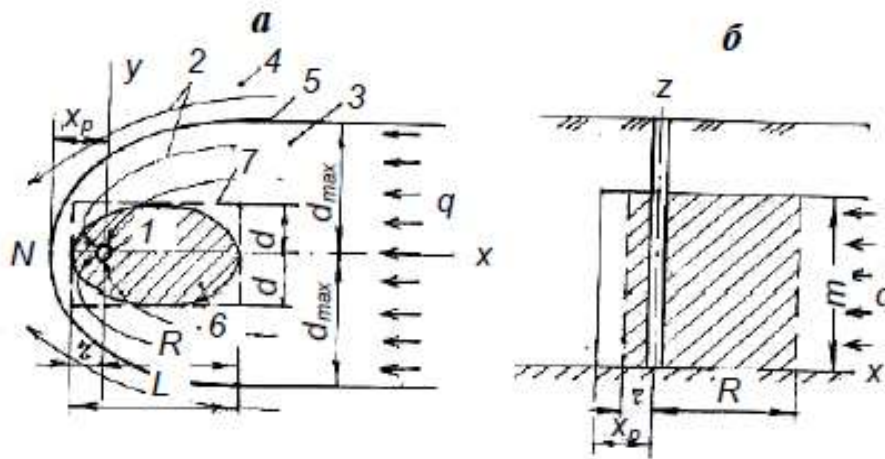


Рис. 26.2. Планова (а) та висотна (б) схеми фільтрації підземних вод до зосередженого водозабору в однорідному необмеженому водоносному пласті за наявності одномірної течії: 1 – водозабір; 2 – лінії припливу води; 3 – область живлення (всі лінії припливу, що спрямовані до водозабору); 4 – область транзитної течії; 5 – гранична (нейтральна) лінія току; 6 – область захоплення, в якій всі частки води за певний заданий проміжок часу досягають водозабору; 7 – межі ЗСО;  $q$  – погонна витрата одномірної течії;  $N$  – точка вододілу

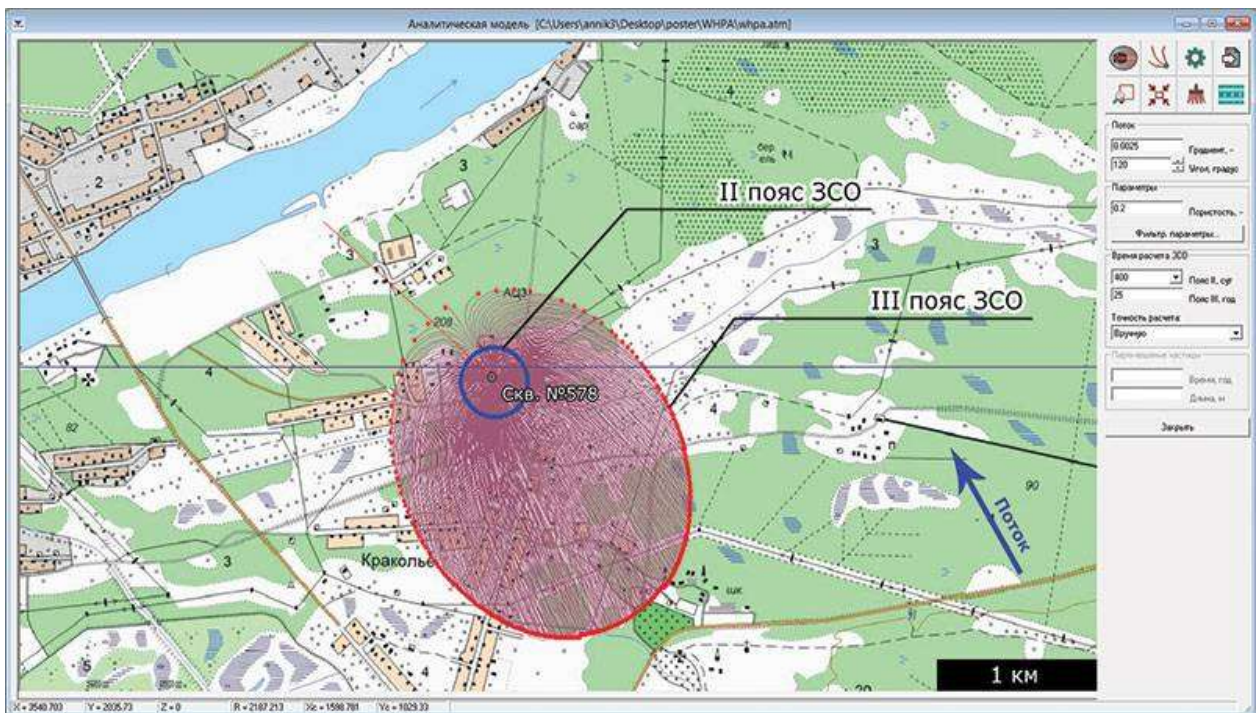


Рис. 26.3. Зони санітарної охорони підземних джерел водопостачання

### **26.3. Правила технічної експлуатації споруд для забору підземних вод**

На водозаборах повинна зберігатись така документація [5]:

- генплан території водозабору з позначенням всіх підземних комунікацій;
- технологічна схема роботи агрегатів, комунікацій та перемикачів;
- схема автоматизації і телемеханізації;
- паспорт на всі водозабірні споруди і встановлені в них агрегати;
- журнали обліку води, контролю і обліку роботи споруд і обладнання;
- бурові журнали;
- розрізи свердловин, матеріали про відкачування води, аналізи води.

Експлуатуючи споруди, значну увагу слід приділяти їх санітарному стану. Споруди повинні бути захищені від попадання поверхневих вод. Для цього треба спланувати герметизацію устя колодязів. Обсадну трубу влаштовують вище від павільйона, але не менш ніж на 0,5 м [5].

Приміщення свердловини слід регулярно прибирати. Перед опусканням у свердловину все обладнання дезінфікують 3-5% розчином хлорного вапна. Крім робочого освітлення, слід подбати про аварійне (переносні акумуляторні ліхтарі). Пуск в експлуатацію підземного водозабору здійснюється спеціальною приймальною комісією, яка повинна: перевірити наявність належного обладнання на свердловині (рівнемірів, водолічильників, контрольно-вимірювальних приладів тощо); перевірити відмітки низу та верху обсадних труб, вертикальність колодязя, кріплення насосного агрегату і водопідйомних труб, якість виконання бетонних робіт та інше; визначити питому витрату води із колодязя, статичний та динамічний рівні води у ньому [5].

Для обслуговування свердловин допускають осіб, що пройшли медичне обстеження та вивчили інструкцію з технічної експлуатації і правила техніки безпеки. Черговий машиніст зобов'язаний вести журнал роботи свердловини, суворо дотримуватися посадової інструкції і знати основні можливі несправності в роботі свердловини та насосного агрегата, їх причини і способи усунення (табл. 26.1). Він повинен зазначити в журналі години пуску та зупинки насосного агрегата, показання амперметра, вольтметра і манометра – щогодини,

один раз за зміну занотовувати в журналі показання водоміра і електролічильника [5].

Пуск в експлуатацію насосного агрегата виконують за закритої засувки. Після досягнення паспортного тиску в напірному трубопроводі свердловини поступово відкривають засувку. Зупиняють агрегат, поступово закриваючи засувку, після чого вимикають електродвигун. Зупинка електродвигуна за відкритої засувки може призвести до гідравлічного удару, розриву магістрального водоводу, розгерметизації стикових з'єднань, а інколи і до падіння насосного агрегата в свердловину [5].

Таблиця 26.1

**Основні несправності в роботі свердловин і насосів  
із заглибленими електродвигунами**

Несправності	Причини	Способи усунення
Недостатній напір	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Електродвигун обертається в зворотному напрямку</li> <li>2. Розрив напірних труб</li> <li>3. Частина робочих коліс насоса повертається на валу</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Перемінити фази на клеммах</li> <li>2. Ліквідувати розрив на трубі</li> <li>3. Демонтувати насос й усунути несправності</li> </ol>
Зменшення подачі води	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Корозія напірних труб</li> <li>2. Корозія приймальної сітки</li> <li>3. Робочі колеса піднято надто високо</li> <li>4. Спрацювались робочі колеса</li> <li>5. Спрацювались пластмасові сегменти</li> <li>6. Витікання води з труб</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Прочистити напірні труби</li> <li>2. Демонтувати і прочистити сітку</li> <li>3. Демонтувати і відрегулювати осьовий зазор</li> <li>4. Демонтувати і замінити колеса</li> <li>5. Замінити сегменти</li> <li>6. Ліквідувати витоки води</li> </ol>
Вода не подається	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Рівень води в свердловині нижчий за всмоктувальну сітку</li> <li>2. Всмоктувальна сітка насоса повністю закрыта солями</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Заглибити насос або замінити його на насос з більшим напором</li> <li>2. Демонтувати насос і прочистити сітку</li> </ol>
Після короткочасної роботи агрегату спрацьовує захист пускової станції	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Електродвигун перевантажено</li> <li>2. Пускова станція не відповідає електродвигуну або не відрегульована</li> <li>3. Велике механічне тертя</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Зменшити подачу води насосом</li> <li>2. Замінити або відрегулювати пускову станцію</li> <li>3. Демонтувати насос, усунути тертя</li> </ol>
Зменшення питомого дебіту свердловини, зниження динамічного рівня води в свердловині	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Замулення або заростання фільтра свердловини</li> <li>2. Кольматація прифільтрової зони свердловини</li> <li>3. Дефекти в обсадних трубах</li> <li>4. Вплив сусідньої свердловини</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Замінити або прочистити фільтр</li> <li>2. Прочистити прифільтрову зону свердловини ерліфтними відкачуваннями або солянокислою обробкою</li> <li>3. Ліквідувати дефекти в обсадних трубах</li> </ol>

## **Запитання для самоконтролю**

1. Що називають зоною санітарної охорони джерела водопостачання?
2. З ким узгоджується і затверджується проєкт ЗСО?
3. Яким положенням регламентується організація та утримання ЗСО? Для кого є обов'язковими вимоги цього документа?
4. Скільки поясів налічує у своєму складі ЗСО водозаборів з підземних джерел?
5. Що є зоною суворого режиму? Які обмеження застосовують у ній?
6. Що є зонами обмежень? З якою метою їх створюють?
7. Які вимоги до облаштування території I поясу ЗСО вам відомі? Вкажіть санітарно-технічні вимоги до конструкцій свердловин у цій зоні.
8. Назвіть оздоровчі заходи й обмеження господарської діяльності у II поясі ЗСО для захисту джерела.
9. Які заборони запроваджують для III поясу ЗСО?
10. Що беруть до уваги, визначаючи розміри поясів ЗСО?
11. Які води належать до захищених та недостатньо захищених? Як оцінюють ступінь захищеності водоносного горизонту?
12. Опишіть правила технічної експлуатації споруд для забору підземних вод. Назвіть основні несправності в роботі свердловин, їх причини та способи усунення.

## **Тема 27. БУРІННЯ ВОДОЗАБІРНИХ СВЕРДЛОВИН. КОЛОНКОВИЙ ТА ШНЕКОВИЙ СПОСОБИ БУРІННЯ**

### **27.1. Види водозабірних свердловин і технології їх спорудження**

У разі застосування як джерела водопостачання підземних вод, основними спорудами, які використовуються для забору води, є свердловини, що можуть бути різних видів і конструкцій. Їх поділяють за господарським призначенням, типом водоприймальної частини, способом буріння тощо.

За господарським призначенням свердловини на воду бувають такі: розвідувальні, експлуатаційні, розвідувально-експлуатаційні, допоміжні. *Розвідувальні* свердловини на воду бурять в районах, що слабо вивчені в гідрогеологічному плані, для розкриття й опробовування водоносних горизонтів. Вони мають незначний діаметр, їх обладнують тимчасовим фільтром. *Експлуатаційні* свердловини мають діаметр, достатній для розміщення постійного фільтра й експлуатаційного водопідйомника,

розрахованого на проектну витрату свердловини. Їх бурять після розвідки місцевості на наявність запасів води. *Розвідувально-експлуатаційні* свердловини споруджують для одиночних водозаборів невеликих систем водопостачання, для яких недоцільно окремо бурити розвідувальні та експлуатаційні свердловини. Діаметр розвідувально-експлуатаційних свердловин повинен бути достатнім для встановлення в них експлуатаційного водопідйомника після розкриття й опробування експлуатаційного водоносного пласта. *Допоміжні* свердловини призначені для обслуговування водозабору. До них відносять спостережні, водопонижувальні, поглинальні свердловини [2].

Влаштування водозабірних свердловин пов'язане із застосуванням різних методів буріння. Пухкі і насичені водою ґрунти витягують на поверхню за допомогою желонки. Для проходження крізь глинисті та скельні породи використовують способи буріння свердловин, що ґрунтовані на обертальному принципі. При цьому в роботі задіяні механізми, що дають змогу виконувати розробку ґрунтів різних типів і на різну глибину [15; 16].

Для локальних об'єктів в простих умовах свердловини невеликої глибини можна влаштовувати і ручним методом. Однак практично всі водозабірні свердловини в системах централізованого водопостачання нині бурять механізовано, здійснюючи руйнування ґрунту та подаючи його на поверхню землі одним з шляхів: *сухим*, коли відпрацьований ґрунт забирають зі свердловини за допомогою механізмів, і *гідравлічним*, коли він вимивається водою, поданою під напором або самопливом [15; 16].

Розрізняють три основних способи механізованого буріння [16]:

- *обертальний*, коли ґрунт розробляють шляхом обертання спеціального обладнання;
- *ударний*, коли буровий снаряд руйнує ґрунт ударами;
- *вібраційний*, коли ґрунт розробляють високочастотними коливаннями.

*Обертальний* спосіб буріння є найбільш продуктивним, що в 3-5 разів перевищує за ефективністю ударний і в 5-10 разів – вібраційний. Крім того, обертальний спосіб є найдешевшим і найдоступнішим, а тому його широко застосовують не тільки для механізованого спорудження свердловин, але й нерідко використовують у ручному бурінні [16].

Обертальний спосіб буріння свердловин підрозділяють на три основних види: *колонковий*; *шнековий*; *роторний*. Кожен з них має свої особливості і виконується спеціально призначеним для цього обладнанням. Розглянемо ці види буріння докладніше.

## 27.2. Специфіка колонкового буріння свердловин

Колонкове буріння належить до механічного обертального способу, який полягає в тому, що глинистий або щільний піщаний ґрунт витягують на поверхню у вигляді керна циліндричної форми. Буровий снаряд для колонкового буріння являє собою товстостінну металеву трубу. Зверху снаряда є пристосування для приєднання штанг, які використовують з метою нарощування бурової колони (рис. 27.1), а знизу міститься коронка, вид якої добирають залежно від категорії ґрунту, що підлягає розбурюванню [16].



Рис. 27.1. Процес колонкового буріння свердловин

У процесі колонкового буріння ґрунт руйнується коронкою, він ніби висвердлюється нею і захоплюється колонковою трубою у вигляді керна. Коронка має кільцеподібну форму, тому внутрішня частина керна залишається в незруйнованому вигляді. Для полегшення процесу буріння в твердих і напівтвердих суглинках, глинах, скельних породах на забій подають промивну рідину. Шлам із забоя іноді видаляють промиванням, яке виконують шляхом нагнітання у ствол виробки великої кількості води, але найчастіше промивання замінюють продуванням стисненим повітрям, яке подають компресором всередину труби [16].

Механічне колонкове буріння дає змогу бурити свердловини завглибшки до 1000 метрів і діаметром від 8 до 20 см. Його виконують

буровими установками типу ЗИФ, УГБ, УКБ, які монтують на автомобілях типу КАМАЗ, КрАЗ, трельовальні трактори тощо. Цей спосіб буріння застосовують в таких випадках [16]:

- геологорозвідка корисних копалин;
- буріння розвідувальних свердловин;
- спорудження водозабірних свердловин будь-якої глибини, в тому числі безфільтрових свердловин у скельних породах.

У деяких випадках колонковий спосіб буріння використовують перед тим, як розпочати шнекове або роторне буріння, виконуючи одночасно розвідувальну і підготовчу роль. За певних умов колонкове буріння виконують у комплексі з ударно-канатним. Глинисті шари при цьому проходять колонковою трубою, а піски нещільного складу, гравій та галечник з піщаним заповненням, які не затримуються в колонковій трубі, витягують зі ствола за допомогою желонки [16].

Ефективність колонкового буріння водозабірних свердловин є дещо нижчою, ніж у разі застосування шнекового способу. Шнеком бурять швидше, але він не дає змоги повністю звільнити ствол від розбуреної породи, тоді як коронки не руйнують ґрунт, а акуратно вирізають його по периметру, утворюючи стовпчики – керни (рис. 27.2.), вивчаючи які можна скласти гідрологічний розріз ділянки [16].



Рис. 27.2. Керни, які утворюються під час колонкового буріння свердловин

Різновиди коронок, використовуваних у колонковому методі буріння свердловин, наведено на рис. 27.3 [16].



Рис. 27.3. Різновиди коронок

Для колонкового буріння використовують такі інструменти [16]:

- бурові коронки з алмазного або іншого твердосплавного матеріалу (сталь, вольфрам, победит);
- колонкова труба;
- труба для відведення шламу;
- штанги для нарощування бурової колони;
- муфтові з'єднання, перехідники між трубами, промивний сальник.

У разі буріння в скельних породах бурова коронка швидко спрацьовується і підлягає заміні. Матеріал коронки має витримувати колосальні навантаження, тому найбільшого поширення набули алмазні бурові варіанти, що вирізняються міцністю, але і високою вартістю. Всі використовувані у процесі буріння інструменти повинні розміщуватися рівно щодо осі буріння [16].

Головна особливість колонкового буріння – проходження породи з повним її збереженням у колонковій колоні. Тобто під час роботи бурильного обладнання коронка по кільцю руйнує ґрунт, який у міру заглиблення проштовхується в колонкову трубу й утримується в ній завдяки власній щільності. Після вилучення наповненої труби зі ствола виробки її звільняють від керна шляхом простукування кувалдою [16].

Поетапний процес колонкового буріння відбувається так [16]:

- бурильну коронку з'єднують з колонковою трубою;
- колонкову трубу з'єднують зі штангами, які нарощуються в міру заглиблення;
- верхню штангу закріплюють у бурильному станку;

- бурильний станок обертає бурову колону і поступово угвинчує її в ґрунт;
- колонкова труба поступово наповнюється керном;
- після проходження 50-70 см бурову колону витягують на поверхню, штанги по черзі від'єднують доти, доки не підніметься колонкова труба;
- трубу звільняють від розбуреної породи;
- спорожнений снаряд знову опускають у забій, нарощуючи бурову колону штангами.

Такі дії виконують доти, доки свердловина не розкриє водоносний горизонт і не заглибиться на 50 см у водонепроникну породу.

За колонкового буріння з промивною водою насос через шланг всередину труб подає промивний розчин (рис. 27.4), який виносить розбурений ґрунт на поверхню [16].

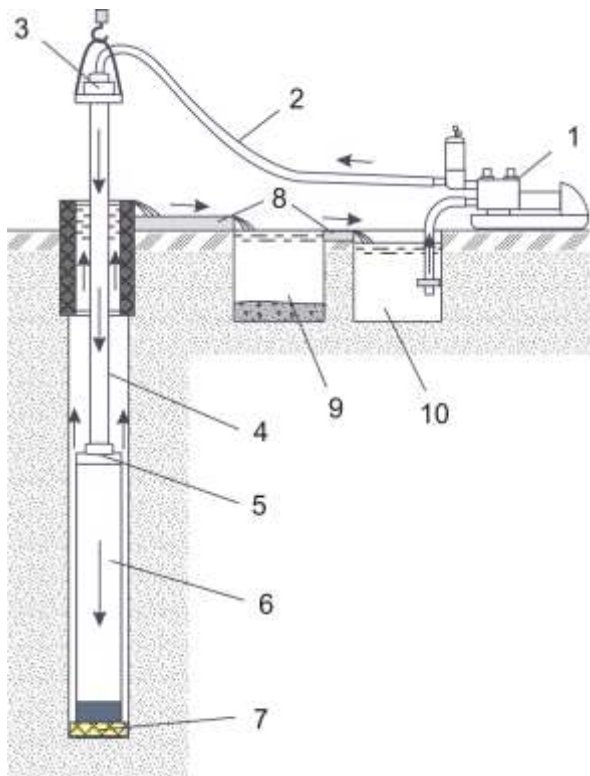


Рис. 27.4. Технологія колонкового буріння з промивною водою:

- 1 – бурильний насос;
- 2 – шланг для подавання води;
- 3 – сальник;
- 4 – колона бурового інструмента;
- 5 – перехідник;
- 6 – колонкова труба;
- 7 – коронка;
- 8 – жолоб;
- 9 – відстійник;
- 10 – бак для промивної рідини

У порівнянні з ударно-канатним і роторним способом колонкове буріння відбувається досить швидко, час виконання робіт зі спорудження свердловин значно скорочується. Крім того, перевагами колонкового буріння вважають [16]:

- можливість бурити свердловини завглибшки понад 100 м;
- зменшення навантажень на бурильне обладнання завдяки так званому вирізанню глинистої породи, а не цілковитому її розбурюванню;

- можливість застосування мобільної бурової установки компактних габаритів.

Головний недолік колонкового буріння – неможливість підняття пухких ґрунтів і насичених водою галькових включень. Крім того, повільно просувається буровий інструмент у скельних породах, а для проходження валунів потрібне долото [16].

### **27.3. Особливості шнекового буріння свердловин**

Шнековий спосіб буріння водозабірних свердловин подібний до угвинчування. Робочим інструментом є шнек, що дає змогу розбурювати породи з одночасним їх видаленням зі ствола на поверхню землі без залучення додаткового обладнання (рис. 27.5) [16]. До такого буріння найчастіше вдаються для влаштування водозабірних свердловин у приватних господарствах.



Рис. 27.5. Шнекове буріння свердловин

Шнек являє собою металевий стержень з лопатями. Загвинчуючись у ґрунт, шнек руйнує породу, яка затримується на його лопатях. Буріння за допомогою шнека є швидким і недорогим способом, що не потребує організації резервуара для промивної рідини, великих зусиль і фінансових затрат, а тому сфера його застосування досить широка: геологорозвідувальні свердловини, прокладання комунікацій, влаштування буронабивних свердловин і частково буріння на воду. Однак шнек категорично не підходить для роботи в скельних породах.

Через специфіку конструкції шнеком неможливо повністю звільнити забій від відвалу, тому його застосовують переважно для проходження верхніх шарів ґрунту [16].

Шнекове буріння можна використовувати для спорудження водозабірних свердловин завглибшки до 30 м у м'яких і пухких ґрунтах, а також до 20 м у ґрунтах середньої щільності. Після розбурювання шнеком і встановлення обсадної колони ствол свердловини обов'язково потрібно очистити від породи, яка там лишилася, за допомогою желонки. Шнек може бути застосований і для часткового буріння свердловин завглибшки 120 м, але при цьому його робота комбінується з іншими способами буріння: роторним, ударно-канатним, колонковим [16].

Шнекове буріння виконують буровою установкою (рис. 27.6), головним елементом якої є бурильний інструмент гвинтового типу, виконаний з високоміцного металу. Бурову колону у міру заглиблення нарощують шнеками рівного розміру. У комплекті іноді застосовують лопатеві долота, потрібні для проходження пухких порід, а також долота з круглими або конусоподібними головками, які використовують для розроблення твердих порід [16].



27.6. Бурова установка для шнекового буріння свердловин

Бурова установка на базі автомобіля, оснащеного потужним двигуном, є оптимальним варіантом для буріння свердловин у важкодоступних і віддалених місцях. Більшість сучасних бурових

установок обладнано порожнистими снарядами з реверсивними замками, які не допускають руху інструмента у зворотний бік. Різальні частини шнека в процесі буріння охолоджуються завдяки розроблюваному ґрунту. Розбурена порода спіралями піднімається вгору до поверхні землі. Все це дає змогу виконувати буріння без зупинок, значно зменшуючи час й енергетичні витрати на створення водозабірної свердловини [16].

Після розбурювання порід й утворення ствола шнек витягують, а в свердловину встановлюють обсадні труби. Діаметр водозабірної свердловини, пробуреної за допомогою шнека, становить 50-200 мм – залежно від розміру використовуваного інструменту. Обсадні труби запобігають обваленню стінок свердловини, що особливо важливо для пухких незв'язних ґрунтів [16].

Зазвичай для проходження супісків і суглинків використовують шнеки з розміщенням лопатей під кутом 30-60°, а для буріння пісків щільного складу – інструменти з лопатями, розташованими під кутом 90°. Що меншим є нахил витків шнекової спіралі, то більше незв'язного відвалу виносить на поверхню шнек. Різні види шнеків показано на рис. 27.7 [16].

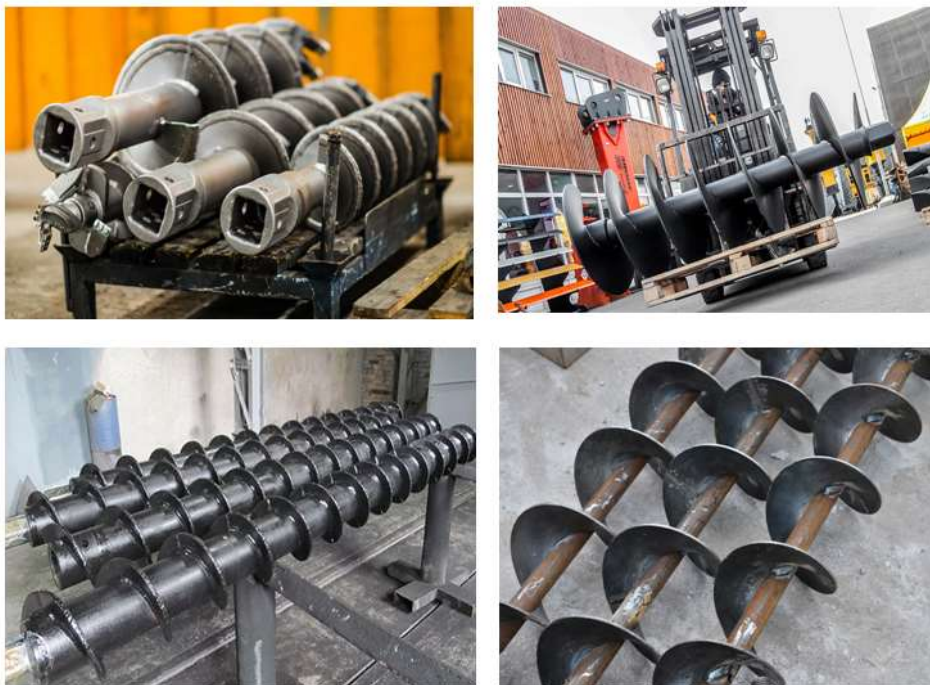


Рис. 27.7. Різновиди шнеків

Шнекове буріння не потребує використання промивної рідини. Розроблення ґрунту може бути виконане за допомогою долота, що є наконечником шнека, а далі на лопатях інструмента порода виноситься на поверхню землі (рис. 27.8 і 27.9).

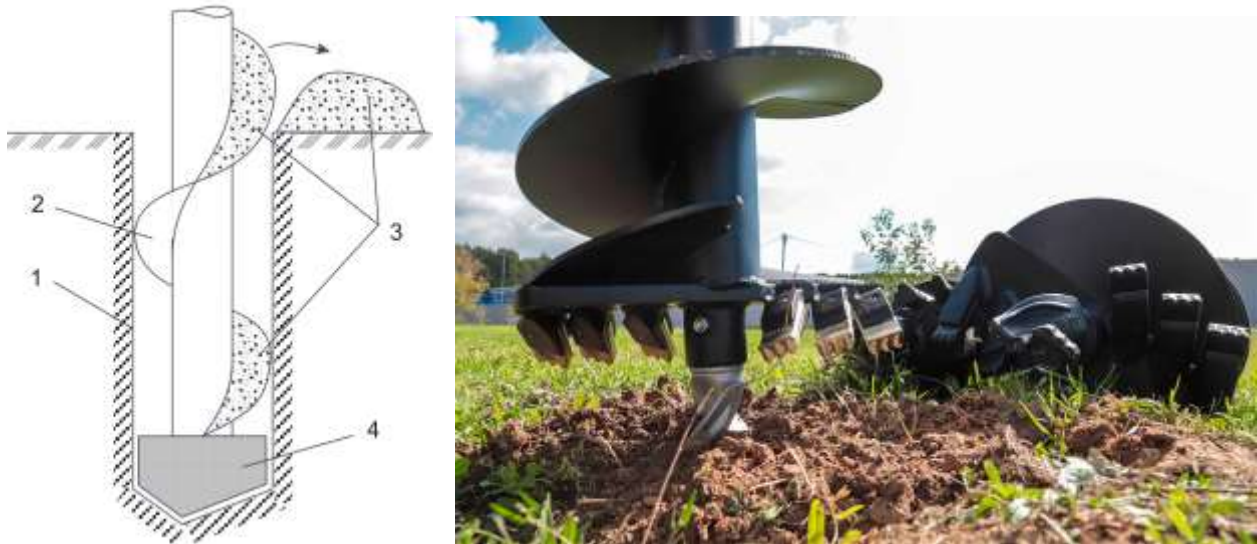
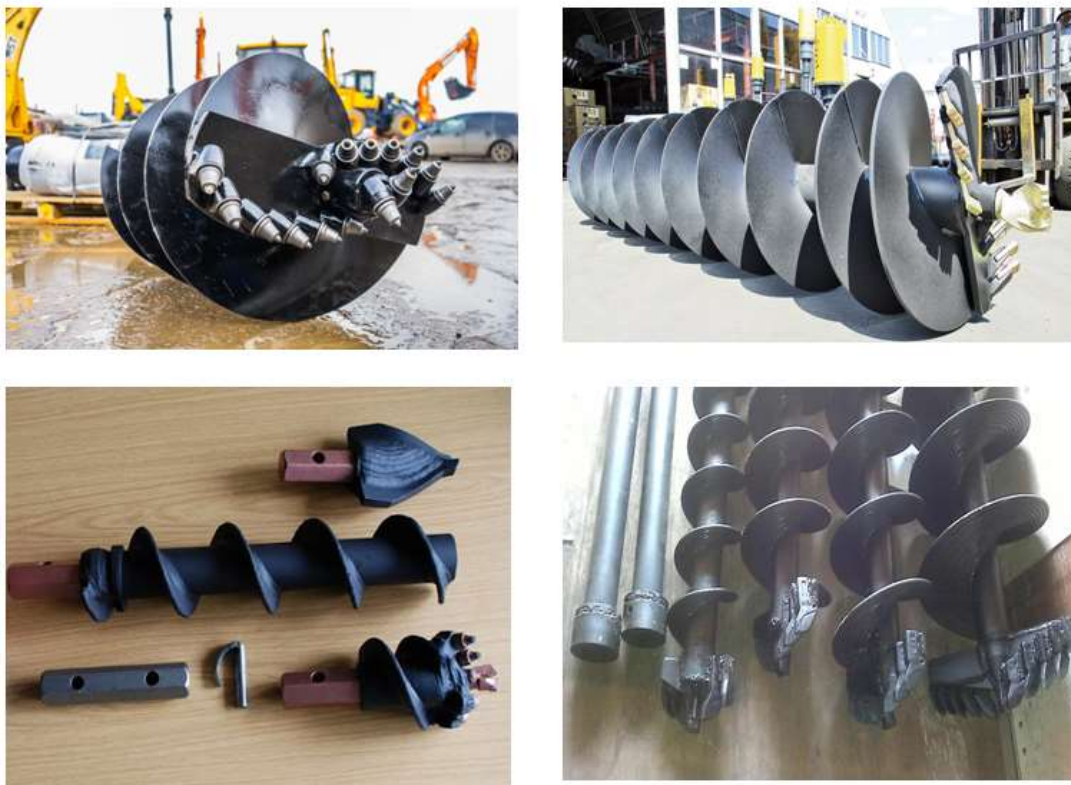


Рис. 27.8. Схема шнекового буріння свердловини з використанням долота:  
 1 – стінки свердловини; 2 – сталеві витки (реборди);  
 3 – розбурена порода; 4 – долото



27.9. Різновиди наконечників шнека

Шнековий метод буріння дає змогу споруджувати свердловини максимально швидко, за умови, що розміри і кут нахилу шнека та долота були дібрані правильно.

Переваги шнекового буріння [16]:

- ґрунт піднімається на поверхню відразу в процесі буріння;
- висока швидкість заглиблення в ґрунт без технологічних зупинок;
- немає потреби в промиванні ствола свердловини;
- компактною шнековою установкою або ручним шнеком можна бурити навіть всередині будинку (у підвалі);
- немає потреби піднімати на поверхню першу ланку та розбирати й збирати бурову колону, як за колонкового методу.

Головним недоліком шнекового буріння є неможливість його виконання в сипких і дуже твердих ґрунтах, але в той же час шнек є ідеальним інструментом для буріння в суглинистих, змішаних (глина і супісок) та м'яких глинистих ґрунтах. Ще одним недоліком такого способу буріння, що обмежує використання шнека у влаштуванні більш глибоких водозабірних свердловин, є потреба в додатковому застосуванні установки ударно-канатного буріння для очищення ствола від відваленої породи [16].

### ***Запитання для самоконтролю***

1. Назвіть види свердловин згідно з господарським призначенням.
2. Якими способами зруйнований під час буріння свердловин ґрунт може подаватися на поверхню?
3. Вкажіть три основних способи механічного буріння свердловин згідно з принципом руйнування породи.
4. На які три основних види поділяють спосіб буріння свердловин на воду за обертальним принципом?
5. У чому специфіка колонкового буріння свердловин?
6. В яких випадках використовують колонкове буріння? Поясніть його переваги і недоліки.
7. Що треба мати з інструментарію для колонкового буріння?
8. Опишіть процес колонкового буріння з промивною водою.
9. У чому особливості шнекового буріння свердловин? Окресліть сферу його застосування. Назвіть переваги і недоліки шнекового буріння.
10. Що являє собою шнек? Які його різновиди вам відомі?
11. Опишіть принцип шнекового буріння. З якою метою використовують долото?

## Тема 28. РОТОРНИЙ СПОСІБ БУРІННЯ ВОДОЗАБІРНИХ СВЕРДЛОВИН

### 28.1. Суть методу і умови застосування

Роторне буріння є одним із способів обертального буріння, за якого руйнування ґрунту здійснюється за допомогою долота, що приводиться у рух в забої свердловини від ротора бурової установки (рис. 28.1). Ротор обертається від двигуна автомобіля або окремо встановленого електродвигуна за допомогою приводного валу. Розпушений ґрунт вимивається з шахти свердловини методом прямої або зворотної промивки. Розчин для промивання може подаватися як самопливом, так і насосною станцією [16].



Рис. 28.1. Бурова установка для роторного буріння свердловин

Більшість артезіанських свердловин бурять саме методом роторного буріння за допомогою бурильного долота, що обертається ротором, з подальшим промиванням свердловини і кріпленням обсадних труб.

Роторне буріння застосовують для розроблення скельних і напів-скельних ґрунтів під час улаштування глибоких свердловин до 150 м. Роторна бурова установка з правильно дібраним долотом і більш важкими бурильними трубами відмінно долає міцні скельні породи.

Такий спосіб буріння рекомендується використовувати за дотримання кількох умов [16]:

- достатньо добре досліджено гідрогеологічний розріз ділянки, відомо, що буріння відбуватиметься в скельних породах, встановлено рівень залягання водоносних горизонтів в корінних породах;
- підземна вода має характерний для артезіанських свердловин напір;
- є можливість безперервного постачання технічної води для промивання свердловини.

У південних районах роторне буріння можна виконувати цілий рік, а в північних кліматичних умовах застосування цього способу взимку може бути обмеженим через можливість замерзання промивної рідини [16].

## **28.2. Склад бурової установки**

Роторне буріння водозабірних свердловин виконують із застосуванням рамної або решітчастої вишки, на якій розміщено підйомне устаткування та інші елементи бурової установки. Вишка дає можливість піднімати й опускати у свердловину бурильні колони [16].

До складу бурової установки роторного типу належать (рис. 28.2):

- рамна або решітчаста вишка;
- двигун з приводом;
- ротор і бурильна колона;
- насосне обладнання і система очищення промивної рідини;
- підйомне устаткування, напірна магістраль, вертлюг, сальники тощо.

У самохідних установках використовують двигун внутрішнього згорання автомобіля, на базі якого розміщений буровий комплекс. У такому разі потужністю двигуна регулюються обороти бурового інструмента.

Джерелом енергії для роторної бурової установки може бути стаціонарний або мобільний електродвигун, двигун внутрішнього згорання автомобіля, генератори.

Ротор за допомогою зубчастого пристрою передає обертання на провідну трубу, яка також передає обертальні рухи на основний бурильний інструмент – долото [16].

Долото може мати різну форму. Його виготовляють з високоміцних матеріалів: композити, сталь з алмазним напиленням тощо. Для кожного типу ґрунту добирають особливий розмір і форму долота, досягаючи високої ефективності і швидкості буріння свердловини (рис. 28.3) [16].

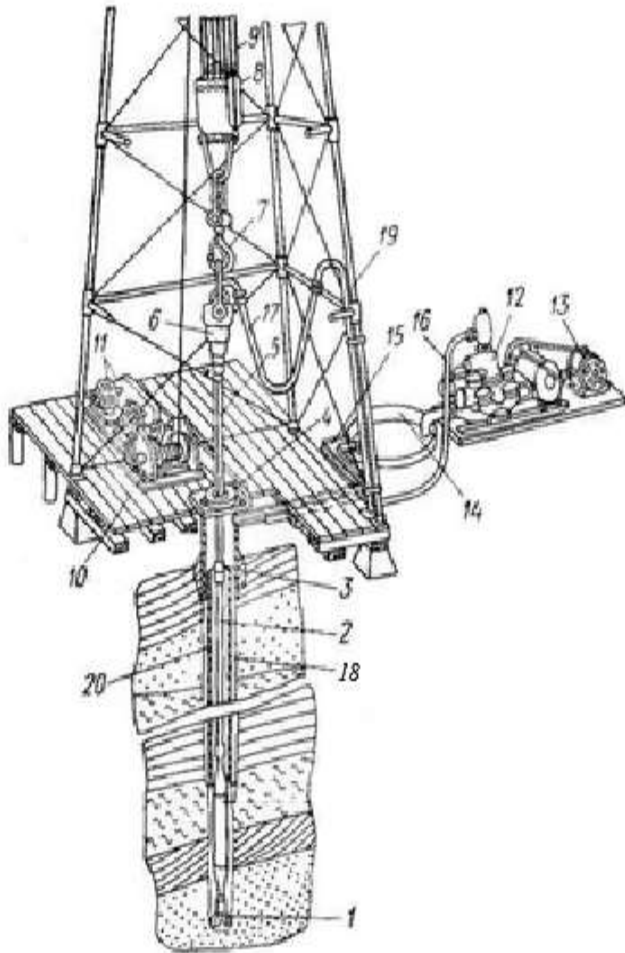


Рис. 28.2. Установка для буріння свердловин роторним способом:

- 1 – долото;
- 2 – бурильні труби;
- 3 – перевідник;
- 4 – ротор;
- 5 – провідна труба;
- 6 – вертлюг;
- 7 – крюк;
- 8 – талевий блок;
- 9 – талевий канат;
- 10 – лебідка;
- 11 – двигуни лебідки і ротора;
- 12 – буровий насос;
- 13 – двигун;
- 14 – приймальна місткість;
- 15 – жолоб;
- 16 – нагнітальний трубопровід;
- 17 – буровий шланг;
- 18 – цементна оболонка;
- 19 – вишка;
- 20 – обсадні труби



Рис. 28.3. Різновиди форм долота для роторного буріння

- Роторне буріння свердловин на воду виконують за три етапи [16]:
- руйнування породи за допомогою долота;
  - винесення розбуреної породи на поверхню потоком води;
  - зміцнення стінок свердловини обсадними трубами.

Обсадні труби можуть бути виготовлені з різних матеріалів – металу, пластмаси, азбестоцементу тощо (рис. 28.4). Металеві труби для свердловин поділяються на емальовані, з нержавіючої сталі, оцинковані, сталеві.



Рис. 28.4. Обсадні труби:

а – з нержавіючої сталі; б – сталеві; в – азбестоцементні; г – пластмасові

Для спорудження глибоких свердловин у складних умовах звичайно використовують *обсадні труби зі сталі*, оскільки вони довговічні і міцні, здатні витримувати великі бічні навантаження від ґрунту, стійкі до руху пластів. Серед недоліків слід відзначити високу вартість таких труб і схильність до корозії. *Емальовані труби* дуже вразливі, тому що верхній шар емалі може легко тріскатися й обсипатися. Якщо труби встановлюють за допомогою спеціальної техніки, то застосовувати емальовані труби не рекомендується. *Труби з*

*нержавіючої сталі* для свердловини міцні, довговічні і стійкі до корозії, однак мають дуже високу вартість, що обмежує їх використання. *Оцинковані обсадні труби* також не схильні до корозії, але сполуки цинку можуть спричинити утворення шкідливих для здоров'я людей речовин, тому для систем питного водопостачання їх не застосовують. *Пластмасові труби* не виділяють шкідливих речовин, не забруднюють довкілля і можуть слугувати дуже довго, не втрачаючи своїх позитивних властивостей. Крім того, такі труби не іржавіють, мають досить низьку вартість, малу вагу і дуже прості у використанні, що значно полегшує роботу зі спорудження свердловин. Але порівняно зі сталевими вони мають меншу міцність, тому рекомендуються для використання за глибини свердловин до 50-60 м, якщо немає насичених верхніх водоносних шарів та пливунів, які можуть пошкодити труби. *Азбестоцементні обсадні труби* для свердловини мають досить тривалий термін експлуатації, помірну вартість і високий ступінь стійкості до корозії. Однак суттєвим недоліком є крихкість матеріалу, що потребує спорудження свердловин великого діаметра через дуже товсті стінки труб, які все одно залишатимуться досить крихкими, що ускладнює процес монтажу. Такі труби можна застосовувати за глибини свердловин до 100 м, але їх категорично заборонено встановлювати у місцях з рухомими ґрунтами [17].

Стінки свердловини зазвичай закріплюють після досягнення потрібної глибини (рис. 28.5) [2].

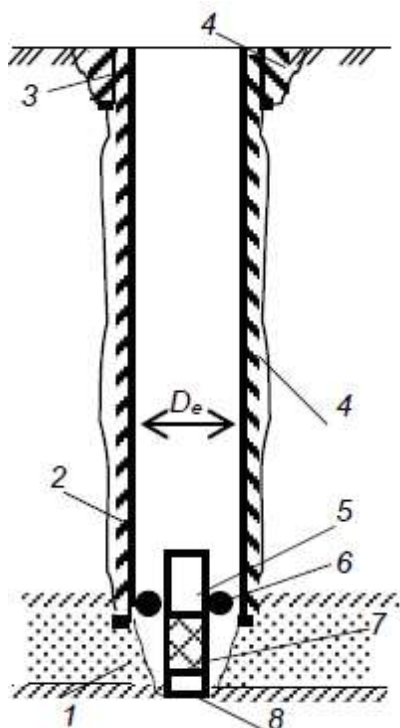


Рис. 28.8. Конструкція бурової свердловини для роторного буріння:

- 1 – водоносний пласт;
- 2 – експлуатаційна колона обсадних труб;
- 3 – кондуктор;
- 4 – затрубна цементация;
- 5 – надфільтрова труба;
- 6 – сальник;
- 7 – фільтр;
- 8 – відстійник

Винесення розбуреного ґрунту зі свердловини виконують шляхом зворотного або прямого промивання. Вибір способу промивання залежить від конкретних умов: глибини свердловини, типу ґрунтів, наявності достатнього об'єму промивної води.

У деяких випадках під час роторного буріння застосовують не пряме чи зворотне промивання, а продування повітрям під тиском, створеним за допомогою компресора [16].

### **28.3. Буріння свердловин з прямим промиванням**

Суть буріння полягає у руйнуванні породи інструментом, який обертається навколо осі з одночасним тиском на забій свердловини під вагою бурового снаряда. Промивна рідина охолоджує робочий інструмент, утримує стінки свердловини від обвалювання, а також виносить із забою зруйновану породу (шлам) висхідним потоком.

Технологія буріння свердловин з прямим промиванням складається з кількох етапів [16]:

- заглиблення в ґрунт долота великого діаметра;
- обертання долота за допомогою ротора;
- встановлення бурильних труб і монтаж обважнених труб між ними і долотом;
- видалення відпрацьованого ґрунту напором рідини, створюваним за допомогою насоса;
- монтаж обсадної труби, що запобігає обсипанню ґрунту всередині свердловини;
- буріння долотом меншого діаметра і повторення всього циклу спочатку.

Під час роторного буріння свердловин з прямим промиванням глинистим розчином промивна рідина подається у забій бурильними трубами, а піднімається на поверхню по простору між стінками свердловини та бурильною колоною (рис. 28.9). Вода самопливом надходить у заздалегідь підготовлений резервуар, який слугує відстійником глинистого промивного розчину. У ньому вода очищається від ґрунту і шламу, а далі знову повертається в бурильну колону по нову порцію відпрацьованої породи [13].

Технічну характеристику установок, які призначені для роторного буріння свердловин з прямим промиванням забою, наведено в табл. 28.1 [13].

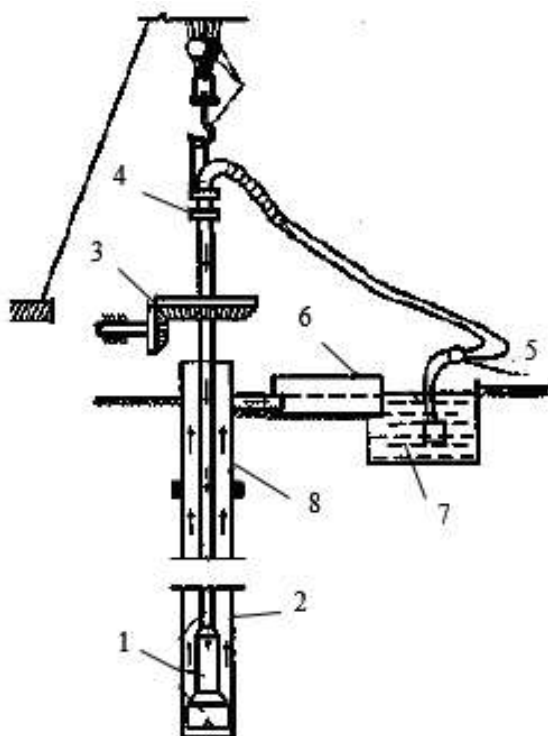


Рис. 28.9. Схема роторного буріння свердловин з прямим промиванням:  
 1 – буровий снаряд;  
 2 – свердловина;  
 3 – ротор;  
 4 – вертлюг-сальник;  
 5 – буровий промивний насос;  
 6 – лоток циркуляційної системи;  
 7 – відстійник глинистого промивного розчину;  
 8 – кондуктор

Таблиця 28.1

**Технічна характеристика установок роторного буріння з прямою промивкою**

Показники	ІБА-15В	УРБ-2А2	УРБ-2,5А	УРБ-3АМ
Глибина буріння, м	500	300	200	500
Найбільший діаметр буріння, мм	490	200	146	200
Потужність двигуна, кВт	77,2	54	54	39,7
Потужність бурового насоса, л/хв	360	300	300	390
Частота обертання ствола ротора, об./хв	65-245	100-300	100-300	110-314
Вантажопідйомність щогли, т	12	10	10	12
Маса установки, т	13,6	10,1	10,8	13,6

**28.4. Буріння свердловин зі зворотним промиванням**

Під час зворотного промивання забою промивна рідина рухається у зворотному напрямку, тобто заливається між стінками свердловини і трубами, а ґрунт виноситься зі свердловини по трубах бурильної колони, звідки по шлангах скидається у відстійник.

Технічну характеристику установок роторного буріння зі зворотним промиванням наведено в табл. 28.2 [13].

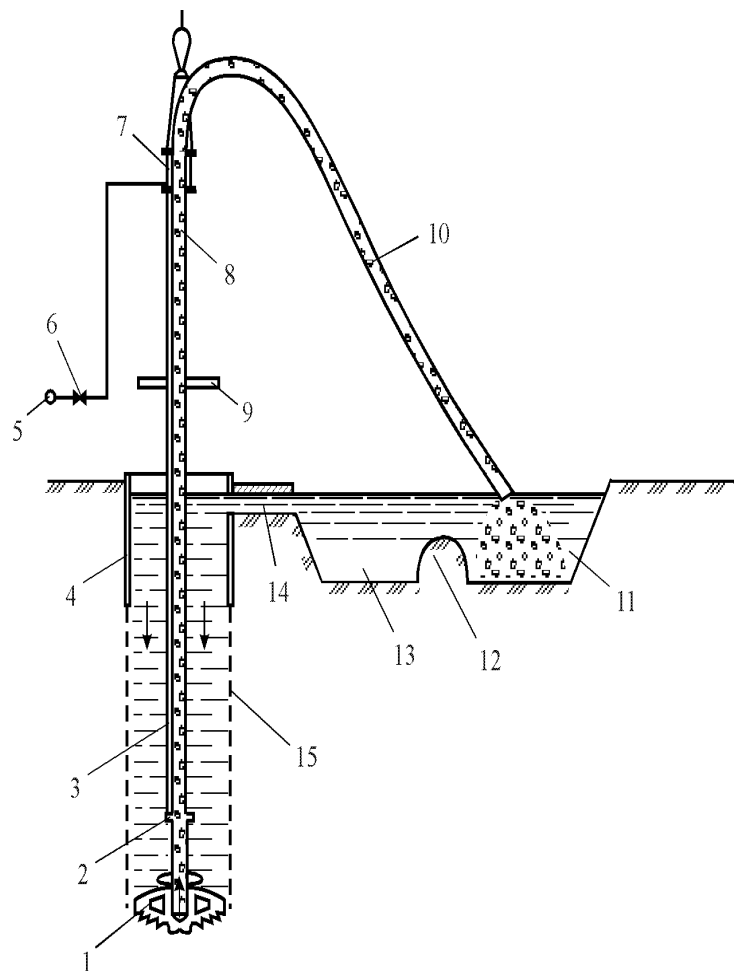
**Технічні характеристики установок роторного буріння  
зі зворотним промиванням**

Показники	ІБА-15В-ОП	УРБ-3АМ-ОП	ІБА-15К	ФА-12 (Румунія)
Найбільша глибина буріння, м	200	150	200	250
Діаметр буріння, мм	1200	1200	1270	1270
Вантажопідйомність, т	12	12	20	12,5
Маса установки, т	14,7	13,6	14,9	15,6

Роторне буріння зі зворотним промиванням нині все частіше застосовують на практиці. Перевагами такого способу є збільшення у 10-15 разів швидкості буріння порівняно з прямим промиванням, можливість спорудження свердловин з кінцевим діаметром 1200 мм і більше, запобігання глинизації водоносних горизонтів внаслідок заміни глинистого розчину на звичайну воду. Схему такого буріння з використанням ерліфтів наведено на рис. 28.10 [13].

Рис. 28.10. Схема роторного буріння зі зворотним промиванням завою ерліфтом:

- 1 – долото;
- 2 – змішувач (форсунка);
- 3 – повітропровідні труби;
- 4 – напрямна труба (кондуктор);
- 5 – магістральні повітроводи;
- 6 – вентиль;
- 7 – вертлюг-сальник;
- 8 – бурильні труби;
- 9 – ротор;
- 10 – зливний рукав (гнучкий шланг);
- 11 – відстійник з буровим шламом;
- 12 – перемичка;
- 13 – водоприймач відстояної води;
- 14 – водопровідна труба;
- 15 – стінки свердловини



Свердловину бурять долотом 1, яке крутиться разом з бурильними трубами 8 за допомогою ротора 9. Вертлюг-сальник 7 забезпечує герметичність з'єднання бурильних труб, що крутяться навколо вертикальної осі, з нерухомим гнучким шлангом 10, по якому скидається буровий шлам у відстійник 11. Розбурена порода зі швидкістю 2-2,5 м/с піднімається бурильними трубами 8 за допомогою водо-повітряної емульсії, що утворюється після змішування з водою повітря, яке подається від компресора трубами 5 і 3 за відкритого вентиля 6. Освітлена вода з відстійника 11 переливається через перемичку 12 у водоприймач 13, звідки вона по трубі 14 подається у свердловину, утримуючи її стінки 15 від завалювання в піщаних породах завдяки гідростатичному тиску [13].

Такий спосіб дає змогу бурити свердловини великого діаметра, створюючи можливість спорудження фільтрів з великим контуром гравійної обсіпки. Крім того, в разі буріння свердловини таким способом не погіршуються фільтраційні властивості порід у прифільтрових зонах, як це відбувається під час буріння роторним способом з прямим промиванням глинистим розчином [13].

Для спорудження свердловин зі зворотним промиванням використовують переобладнані станки для роторного буріння з прямим промиванням. У процесі буріння стінки свердловин закріплюють колоною сталених, а за невеликих глибин (до 50 м) – пластмасових або азбестоцементних труб [13].

Головною перевагою роторного способу буріння є можливість бурити глибокі свердловини із забором води в тріщинуватих вапняках. Крім того, такий метод буріння має кілька переваг [16]:

- висока якість розкриття водоносного пласта в корінних скельних породах;
- можливість влаштування свердловин великого діаметра;
- висока швидкість буріння, невеликі витрати енергоресурсів.

Істотним недоліком роторного способу буріння є потреба в організації промивання свердловини.

Нині всі способи механічного буріння (колонковий, шнековий та роторний) широко застосовують для спорудження водозабірних свердловин. Оцінюючи особливості кожного із способів та беручи до уваги умови їх застосування, можна підбити такий підсумок. Колонковий спосіб доцільно використовувати для буріння в пластичних глинистих ґрунтах. Він прийнятний для влаштування більшості водозабірних свердловин, а в разі потреби може бути використаний у парі з ударно-

канатним. Шнековий спосіб буріння за сферою застосування схожий з колонковим, але характеризується неякісним очищенням ствола, тому потребує використання желонки чи тривалого промивання свердловини перед експлуатацією. Роторне буріння є оптимальним варіантом для пробивання ствола свердловини у скельних ґрунтах [16].

Слід зазначити, що буріння водозабірних свердловин – це доволі трудомісткий і затратний процес. Вартість влаштування свердловини із застосуванням того чи іншого методу буріння багато в чому залежить від використовуваного обладнання та характеристик розроблюваних порід. Правильно обраний спосіб буріння свердловини дасть змогу не тільки знизити будівельні витрати на буріння й облаштування свердловини, а й у майбутньому без проблем експлуатувати водне джерело [16].

### ***Запитання для самоконтролю***

1. Опишіть суть методу роторного буріння свердловин.
2. Для яких умов застосування роторного буріння є доцільним?
3. Що належить до складу бурової установки роторного типу?
4. Які два типи промивання забою можуть бути застосовані за роторного буріння свердловин?
5. З яких матеріалів виготовляють долото для роторного буріння? Чим керуються, обираючи форму долота?
6. Опишіть три послідовні етапи, з яких складається роторне буріння свердловин на воду.
7. З яких матеріалів виготовляють обсадні труби для водозабірних свердловин? Дайте характеристику кожному виду обсадних труб.
8. З яких основних конструктивних елементів складається бурова свердловина за роторного буріння?
9. Опишіть технологію буріння водозабірних свердловин з прямим промиванням забою.
10. Які установки застосовують для роторного буріння свердловин з прямим промиванням? Вкажіть їх основні технічні характеристики.
11. Як здійснюється буріння водозабірних свердловин зі зворотним промиванням забою? У чому переваги такого способу порівняно з бурінням свердловин з прямим промиванням?
12. Які установки застосовують для роторного буріння свердловин зі зворотним промиванням? Назвіть їх основні технічні характеристики.
13. Вкажіть переваги і недоліки роторного буріння свердловин.

## Тема 29. УДАРНО-КАНАТНИЙ ТА ВІБРАЦІЙНИЙ СПОСОБИ БУРІННЯ. ВИЗНАЧЕННЯ КОНСТРУКТИВНИХ РОЗМІРІВ ЕЛЕМЕНТІВ СВЕРДЛОВИН

### 29.1. Ударно-канатний спосіб буріння свердловин

У разі застосування ударно-канатного буріння порода у свердловині руйнується під ударами важкого бурового снаряда, який скидають у забій з висоти 0,35-1,0 м. Розбурену породу виймають періодично (у міру її накопичення) желонкою, яку також скидають з висоти 0,35-5,0 м. За такого способу буріння м'яких порід та порід середньої міцності стінки свердловини закріплюють обсадними трубами одночасно з бурінням, тобто, пройшовши свердловину на 0,5-1,0 м, виймають буровий снаряд та желонку і забивним снарядом забивають обсадні труби (рис. 29.1) [2].

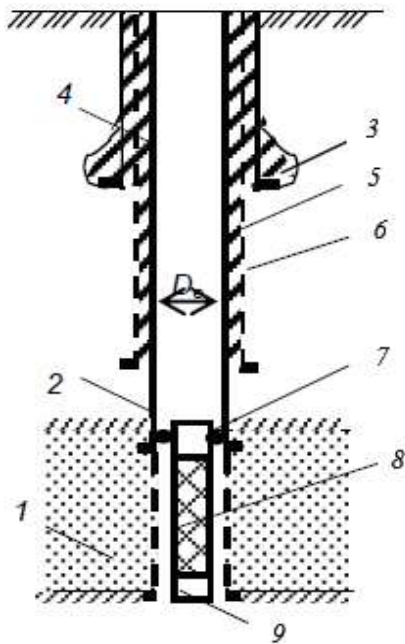


Рис. 29.1. Конструкція бурової свердловини за ударно-канатного буріння:

- 1 – водоносний пласт;
- 2 – експлуатаційна колона обсадних труб;
- 3 – башмак;
- 4 – затрубна цементация;
- 5 – міжтрубне цементування;
- 6 – технічна колона;
- 7 – сальник;
- 8 – фільтр;
- 9 – відстійник

Діаметр долота і желонки є меншим за внутрішній діаметр труб, тому під час забивання обсадних труб ними зрізується певний шар ґрунту, опір порід трубам збільшується, і просування труб на глибину понад 50 м стає неможливим. Цю глибину називають *виходом колони*. Для подальшого буріння треба поступово переходити на менші діаметри. Таким чином, конструкція свердловини набуває телескопічного вигляду [2].

Водоносний пласт, як правило, проходять останньою експлуатаційною колоною обсадних труб. Після цього в свердловину опускають фільтрову колону, а експлуатаційну колону підіймають до

повного відкриття фільтра. Іноді проміжні технічні колони виймають, а в міжтрубний простір заливають цементний розчин [2].

Схему ударно-канатного способу буріння свердловин наведено на рис. 29.2. Вага бурового снаряда, ударами якого руйнують породу, досягає 1,5 т. Кількість таких ударів сягає 40-50 за хвилину. Желонки, якими видаляють на поверхню землі розбурену породу, являють собою порожнисті труби з клапанами [13].

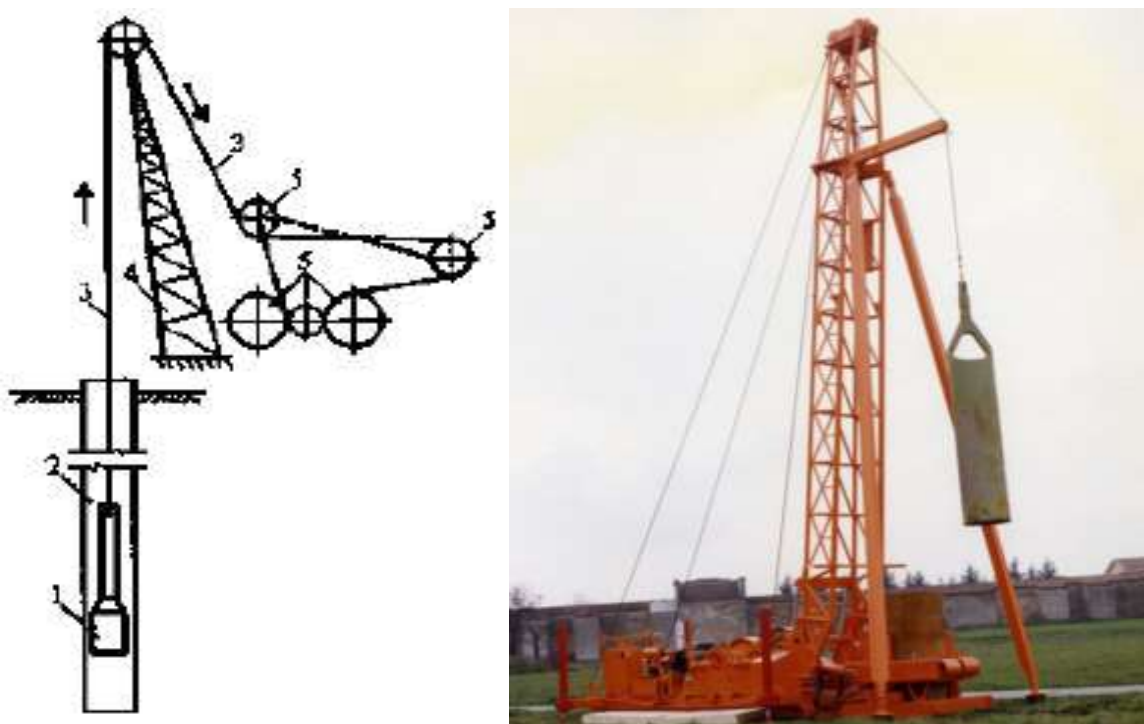


Рис. 29.2. Ударно-канатне буріння свердловин:  
1 – буровий снаряд; 2 – свердловина; 3 – канат; 4 – щогла;  
5 – система ударно-піднімального механізму

Під час буріння башмак обсадної колони зупиняють в щільних породах або в забій для ущільнення додають деяку кількість м'ятої глини. Тверді стійкі породи можна розбурювати на повну глибину, а потім обсаджувати трубами, які мають досить вільно входити у свердловину [2].

В табл. 29.1 наведено технічні характеристики найпоширеніших установок ударно-канатного буріння (рис. 29.3) [13].

На відміну від роторного способу, під час ударно-канатного буріння не глинизуються стінки свердловини, отже, не зменшується її питомий дебіт, що дає можливість використовувати для водопостачання безнапірні чи малонапірні водоносні горизонти. Проте цей спосіб дорожчий за роторний і має меншу швидкість буріння [13].

## Технічна характеристика установок ударно-канатного буріння

Показники	УГБ-ЗУК	УГБ-ЧУК	БУГ-100м	ЕДФ-55 (Франція)	20 ТН (Японія)
Найбільша глибина буріння, м	300	500	100	100	30
Найбільший діаметр буріння, мм	600	900	500	1200	2000
Тип двигуна	електричний	електричний	дизельний	дизельний	дизельний
Потужність двигуна, кВт	20	40	29	137	48
Вантажопідйомність барабанів, т	1,3-2,0	2,0-3,0		1,0-2,5	
Висота щогли, м	12,25	16,0	11,35		
Маса установки, т	7,6	16,3	11,0	32	31
Габаритні розміри у робочому положенні, м	5,8x2,3x 12,75	10,0x2,64x 16,3		8,7x3,65x 13,5	7,86x3,7x 14,5



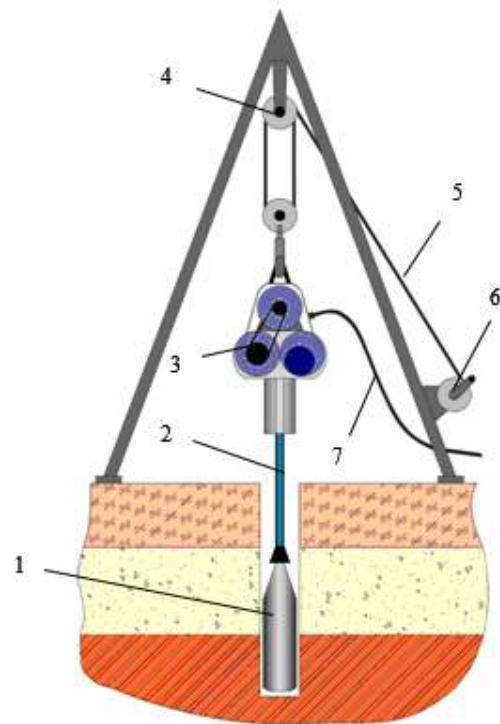
Рис. 29.3. Установки ударно-канатного буріння

**29.2. Особливості вібраційного способу буріння**

Під час вібраційного буріння робочий вплив на забій свердловини формується шляхом передавання породоруйнівному інструменту (віброзонду) через колону бурильних труб вібраційного (високочастотного ударного) навантаження від поверхневого генератора. Принципову схему вібраційного буріння представлено на рис. 29.4 [15].

Рис. 29.4. Вібраційне буріння свердловин:

- 1 – віброзонд;
- 2 – бурильна колона;
- 3 – поверхневий генератор вібраційного навантаження;
- 4 – ролик на вершині щогли;
- 5 – канат;
- 6 – лебідка;
- 7 – електрокабель



Вібраційний спосіб буріння має свої особливості, які полягають в такому. Цим способом можна бурити тільки фізично ущільнювані породи, оскільки навіть найслабші неміцні скельні породи на зразок вугілля, кам'яних солей, крейдяних відкладень абсолютно не піддаються вібраційному бурінню внаслідок того, що пружні хвилі розсіюються в них, не спричинюючи переведення пружної деформації зонда в пластичну деформацію породи і її ущільнення в зоні контакту. Вібраційне буріння дає змогу легко проходити гравійно-галечникові відкладення, але дуже погано бурити пливуні – обводнені піски і близькі за будовою до них лесоподібні породи, що практично не мають механічної міцності у вільному стані. Крім того, вібраційне буріння має обмежену глибину застосування, що пояснюється «розпливанням» пружних хвиль стиснення під час їх поширення по колоні бурильних труб, а це знижує ефективність буріння.

Згадані особливості стали причиною того, що вібраційний спосіб буріння застосовують лише у спорудженні неглибоких свердловин (до 25-30 м) у м'яких породах з метою проведення інженерно-геологічних вишукувань та розвідування корисних копалин (рис. 29.5). У спорудженні водозабірних свердловин його практично не використовують.

Перевагами вібраційного буріння можна вважати відсутність обертання бурового снаряда; відсутність промивання свердловини; немає потреби створювати додаткове осьове навантаження; 100%-й вихід непорушеного керна. Недоліками такого способу буріння є мала глибина буріння; вузька сфера застосування.



Рис. 29.5. Установка вібраційного буріння

### **29.3. Вибір місця і способу буріння свердловин**

У проектуванні водозабірних свердловин зазвичай їх розміщення планують поблизу відкритих водойм, у долинах річок, які не повинні затоплюватися паводковими водами. Біля водозаборів треба створювати зону санітарної охорони, тому свердловини розміщують за межами територій промислових підприємств та інших потенційно небезпечних об'єктів, що дає змогу запобігти забрудненню експлуатаційних водоносних горизонтів стічними водами.

Як вже відзначено раніше, для спорудження водозабірних свердловин можуть бути застосовані різні технології і механізми. Для систем водопостачання буріння свердловин виконують переважно ударно-канатним, роторним або комбінованим способом залежно від глибини і діаметра свердловини, виду і товщини порід, які проходять у процесі буріння, гідрогеологічних умов, характеристики водоносного пласта, конструкції фільтра та інших факторів. Умови застосування кожного способу буріння водозабірних свердловин, їх переваги та недоліки наведено в табл. 29.2 [13].

**Способи буріння водозабірних свердловин і умови їх використання**

Спосіб буріння	Умови застосування	Переваги	Недоліки
Ударно-канатний	Буріння свердловин глибиною до 150 м в будь-яких гідрогеологічних умовах	Не потрібна вода і глина для буріння. Уникнення розглинизації водоносних горизонтів	Невелика швидкість буріння. Велика витрата обсадних труб
Роторний: а) з глиняним розчином  б) з промиванням чистою водою або продуванням повітрям  в) із зворотним промиванням	За будь-якої глибини свердловини в сприятливих гідрогеологічних умовах та можливості забезпечення водою і високоякісною глиною  В стійких скельних породах  Свердловини завглибшки до 300 м, діаметром до 1000 мм і більше. В породах без включення валунів і великої кількості гальки	Досить велика швидкість буріння м'яких порід, значна економія обсадних труб  Без глинизації водоносних горизонтів, можливість буріння зимою без утеплення  Досить велика швидкість буріння, без глинизації водоносних горизонтів	Трудомісткість розглинизації водоносних пластів, потреби у воді та глині для буріння, ускладнення під час буріння взимку  Невелика швидкість буріння  Потреба у великій кількості води, можливість буріння тільки в стійких породах, необхідність утеплення під час буріння взимку
Комбінований (ударно-канатний і роторний)	Під час буріння свердловини завглибшки понад 150 м в складних гідрогеологічних умовах	Можливість буріння в будь-яких гідрогеологічних умовах і на велику глибину	Потреба в станках двох типів (роторного та ударно-канатного)

Таким чином, спосіб буріння водозабірних свердловин призначають залежно від місцевих умов. Ударно-канатний спосіб рекомендують за глибини свердловини до 150 м і важких геологічних умов, а роторний – навпаки, за глибших свердловин і сприятливих геологічних умов. Складними геологічними умовами є малодебітні і малонапірні пласти, які за роторного способу дуже кольматуються, не достатня кількість води, глини, крейди для приготування промивних розчинів або необхідність підігрівання цих розчинів у зимових умовах. Для усіх свердловин перед здаванням їх в експлуатацію виконують *будівельні відкачування*, потрібні для видалення шламу, глинистих частинок, найдрібніших фракцій піску, а також *дослідні відкачування*,

метою яких є встановлення залежності дебіту від зниження рівня води. Для встановлення в процесі буріння припливу води в свердловину виконують *пробні відкачування*. Якщо є підозра щодо виснаження водоносного пласту, виконують *тривалі відкачування*. Перед закінченням відкачувань беруть проби води для фізичного, хімічного, бактеріологічного аналізів. Відкачування виконують ерліфтами, поршневыми, водоструминними і відцентровими насосами [2].

#### **29.4. Визначення конструктивних розмірів елементів свердловин**

Для визначення конструктивних розмірів елементів свердловин можна скористатись даними табл. 29.3 [13].

*Таблиця 29.3*

##### **Значення конструктивних розмірів елементів свердловини**

Позначки	Найменування	Розміри
$l_1; l_2$	Висота заглиблення колони обсадних труб	30-50 м
$l_3$	Заглиблення останньої колони обсадних труб	20-30 м
$l_4$	Висота надфільтрової труби в експлуатаційній колоні обсадних труб	3-5 м
$l_5$	Висота відстійника фільтра	0,5-3 м
$l_6$	Перевищення фільтра над підшвою водоносного пласта	Не менше 1 м
$l_7$	Заглиблення насоса під динамічний рівень	Залежить від типу насоса (3-7 м)
$l_8$	Відстань від поверхні землі до динамічного рівня	Залежить від гідрогеологічних умов
$l_{\phi}$	Робоча довжина фільтра	Залежить від потужності водоносного пласта
$D_{\phi}$	Діаметр фільтра	Визначають розрахунком
$D_{\epsilon}$	Внутрішній діаметр експлуатаційної колони	$D_{\epsilon}=D_{\phi}+(50\dots 100)$ мм
$D_2$	Внутрішній діаметр захисної колони обсадних труб	$D_2=D_{\epsilon}+(50\dots 100)$ мм
$D_1$	Внутрішній діаметр першої колони обсадних труб	$D_1=D_2+(50\dots 100)$ мм
$b_1$	Зазор між фільтром і експлуатаційною колоною	$b_1=(D_{\epsilon}-D_{\phi})/2$ , мм
$b_2$	Зазор між водопідйомником і експлуатаційною колоною	$b_2=(D_{\epsilon}-D_{\text{нас}})/2$ якщо $l_8 \leq 20$ м $b_2 \geq 10$ мм якщо $l_8 > 20$ м $b_2 \geq 25$ мм

Діаметр та довжина використовуваних заглибних насосів впливають на конструктивне рішення свердловин. Діаметр колон обсадних труб та глибина їх опускання залежать від діаметра фільтра (водоприймальної частини) і заглибного насоса, їх висотного

положення, гідрогеологічних та геологічних умов, способу буріння свердловини. Різниця діаметрів суміжних колон для свердловин роторного буріння має бути не меншою за 100 мм, а для свердловин ударно-канатного буріння – не меншою за 50 мм [2].

### ***Запитання для самоконтролю***

1. Опишіть суть ударно-канатного методу буріння свердловин.
2. Коли закріплюють стінки свердловини обсадними трубами за ударно-канатного буріння?
3. Що називають виходом колони під час ударно-канатного буріння?
4. Якого вигляду набувають конструкції глибоких свердловин під час ударно-канатного буріння?
5. Назвіть установки ударно-канатного буріння. Наведіть їх характеристики.
6. Вкажіть переваги і недоліки ударно-канатного методу буріння свердловин порівняно з роторним.
7. Опишіть особливості вібраційного методу буріння свердловин. В яких умовах його можна застосовувати?
8. Наведіть переваги та недоліки вібраційного методу буріння свердловин.
9. Чим керуються у виборі місця влаштування водозабірних свердловин під час проектування?
10. Які фактори впливають на вибір способу буріння водозабірних свердловин?
11. З якою метою виконують будівельні, дослідні та пробні відкачування.

## **Тема 30. ШТУЧНЕ ПОПОВНЕННЯ ЗАПАСІВ ПІДЗЕМНИХ ВОД**

### ***30.1. Призначення і методи штучного поповнення запасів підземних вод***

Використання підземних та інфільтраційних вод для господарсько-питного водопостачання в багатьох випадках буває більш раціональним, ніж поверхневих. Однак запаси підземних вод не є невичерпними і мають достатньо нерівномірний розподіл територією. Посилена експлуатація водозаборів з підземних джерел є причиною зниження статичного рівня і може призвести до виснаження водоносних горизонтів та погіршення якості води. Тому одним з прогресивних

методів у водопостачанні, спрямованим на вирішення завдань раціонального використання та охорони водних ресурсів, є метод штучного поповнення запасів підземних вод (далі – ШПЗПВ). Його виконують з метою [2]:

- збільшення продуктивності водозабору внаслідок підняття рівнів та додаткового припливу води;
- поповнення запасів виснажених водоносних пластів поверхневою водою;
- поліпшення якості поверхневих вод, що досягається інфільтрацією крізь природний ґрунт, очищенням та подальшим їх забором;
- одержання підземної води, в якій вміст фтору, заліза, марганцю, солей жорсткості, загального солевмісту задовольняє вимоги споживача завдяки розбавленню підземних вод поверхневими;
- акумулювання у водоносному пласті великої кількості води, яка використовується періодично або несподівано;
- захисту прісноводних горизонтів від засолення завдяки підвищенню рівня прісних вод над солоними;
- запобігання зниженню рівня підземних вод.

ШПЗПВ – це сезонне або багатолітнє штучне регулювання підземного стоку для його накопичення в окремі сезони чи роки і планомірне використання у міру потреби. При цьому регулюють динамічний баланс підземного потоку, особливо перший напірний або безнапірний водоносний пласт [1; 2].

Джерелами ШПЗПВ можуть бути поверхневі води річок, водосховищ, озер, каналів, шахтні і джерельні води, відпрацьовані води систем кондиціонування або охолодження виробничого обладнання, інші незабруднені стічні води. Найбільш сприятливими умовами для штучного поповнення запасів підземних вод є райони з теплим і середнім кліматом за наявності безнапірних водоносних пластів, складених з порід з доброю фільтрувальною здатністю, що виходять на поверхню або залягають неглибоко від поверхні землі. Можуть використовуватись і карстові утворення та гальково-гравійні поклади [1].

Методи ШПЗПВ класифікують за різними ознаками, а саме: за характером їх впливу на баланс підземних вод; за мірою їх впливу на баланс підземних вод; за цільовим призначенням поповнення і за технічним його виконанням [1].

За характером впливу на баланс підземних вод застосовують такі способи: збільшення їх прибуткової частини (це всі води поверхневої і підземної фільтрації, берегові та інфільтраційні

водозабори, заходи з накопичення підземного стоку і переведення поверхневого стоку в підземний); влаштування підземних гребель, збільшення напору поверхневих джерел, зменшення випаровування з поверхні води [1].

За мірою впливу на баланс підземних вод розрізняють зосереджений інтенсивний вплив (інфільтрація з допомогою фільтрувальних басейнів, ставків, поглинальних свердловин, колодязів тощо) та довгостроковий, розрахований на тривалий вплив на значних територіях і значний час (зрошення, снігозатримання, зменшення випаровування з поверхні, стримування і регулювання поверхневого стоку тощо) [1].

За цільовим призначенням методи штучного поповнення можуть бути прямими і побічними. *Прямі* методи – це методи безпосереднього поповнення або створення запасів підземних вод для потреб водопостачання. *Побічні* – це методи штучного створення запасів підземних вод як результат виконання інших заходів, не пов'язаних з водопостачанням (зрошення, створення водосховищ, гідровузлів, каналів тощо) [1].

За технічним виконанням виділяють два основних способи ШПЗПВ: *поверхнева інфільтрація води і внутрішньогрунтова інфільтрація*. Відповідно до цих методів інфільтраційні споруди штучного поповнення розділяють на два типи: *відкриті* (басейни, ставки, канали, борозни, канали, затоплені території) та *закриті* (свердловини, колодязі, галереї тощо) [1].

Обираючи метод штучного поповнення запасів підземних вод, слід пам'ятати, що він обов'язково спричиняє штучну зміну природних умов, які склалися століттями, а тому ці втручання можуть мати і негативні наслідки [1].

### **30.2. Відкриті інфільтраційні споруди**

Відкриті інфільтраційні споруди належать до поверхневого способу поповнення запасів підземних вод. Найкращими умовами застосування цього способу є райони з теплим кліматом, коротким періодом від'ємних температур і наявністю неглибоко розміщених або повністю наближених до поверхні землі водоносних пластів. Як виняток цей спосіб можна застосовувати і в умовах помірного клімату за наявності водоносних пластів з великою регульовальною ємністю [1].

Як відкриті інфільтраційні споруди для ШПЗПВ використовують басейни, канали, ставки, борозни, канави, висушли озера, кар'єри. Інколи використовують тимчасові і постійні річки, для чого їх розчищають, перегороджують і поглиблюють [1].

У розрахунках відкритих інфільтраційних споруд вирішують такі основні завдання: вибір конструкції споруд, визначення геометричних розмірів (довжина, ширина, глибина), режиму експлуатації, перспективи зміни продуктивності, способу регенерації [1].

Із-поміж усіх видів споруд поверхневого способу поповнення запасів підземних вод найчастіше використовують інфільтраційні басейни. Як правило, їх влаштовують прямокутними в плані та трапецієподібними у поперечному і поздовжньому перерізах (рис. 30.1). Зазвичай їх розміри такі: ширина дна – 15-30 м; довжина – 200-400 м; глибина – 1,5-4 м (найчастіше 1,5-2 м) [1, 2].

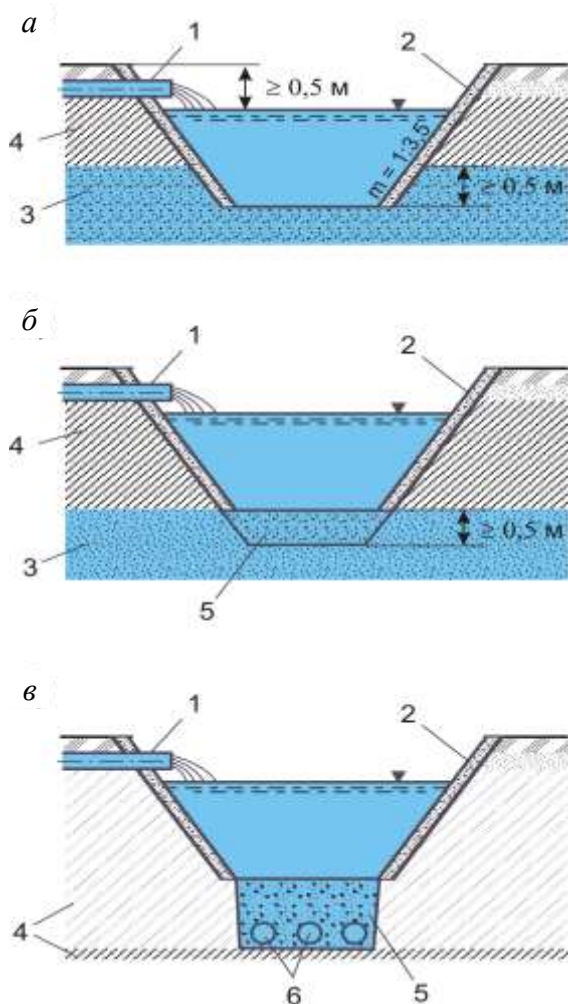


Рис. 30.1. Перерізи інфільтраційних басейнів:

- а – без завантаження дна;
- б – з піщаним ( $d = 0,5-2$  мм) або гравійним ( $d = 3-8$  мм) завантаженням дна;
- в – з дренами під днищем басейну;
- 1 – зосереджений трубчастий водовипуск;
- 2 – кріплення;
- 3 – фільтрувальна порода;
- 4 – слабопроникний ґрунт;
- 5 – піщане або гравійне завантаження;
- 6 – дрени

Інфільтраційні басейни без завантаження дна (рис. 30.1, а) застосовують в разі неглибокого залягання породи з доброю фільтрувальною здатністю, а басейни з піщаним або гравійним завантаженням

(рис. 30.1, б) застосовують за більш глибокого залягання фільтрувальних ґрунтів, що складаються переважно з гравійно-галькових фракцій. За наявності слабопроникних шарів дно басейну повинно бути нижче за них і врізатися в фільтрувальні породи не менше, ніж на 0,5 м. Піщане або гравійне завантаження слугує для попереднього освітлення води, яку подають на інфільтрацію, що запобігає інтенсивній кольматації ґрунту. Розміри зерен піщаного завантаження повинні бути 0,5-2 мм, гравію – 3-8 мм. Якщо під дном басейну немає ґрунтів з доброю фільтрувальною здатністю, для покращення дренажної спроможності під басейном прокладають трубчасті дрени, обсіпані фільтрувальним матеріалом (рис. 30.1, в) [1; 2].

Загальна глибина басейну від дна до верха укусу повинна бути на 0,5 м більшою за його максимальну глибину наповнення. Для подачі води в басейни влаштовують один або два водовипуски, розмістивши їх посередині поздовжнього або торцевого укусів, аераційні водоскиди в одному або в обох поздовжніх укусах басейну, розбризкувальні сопла, розміщені рівномірно по площі басейну [1].

Є три можливі *режими експлуатації* інфільтраційних басейнів (рис. 30.2): режим постійної подачі ( $Q_0 = const$ ); режим швидкого наповнення ( $H_{max} = const$ ); змішаний режим [2].

У режимі постійної подачі (рис. 30.2, а) упродовж всього робочого періоду подають постійні витрати  $Q$ . Внаслідок кольматажу і зменшення фільтрувальної спроможності ґрунту під дном басейну рівень води в басейні поступово підвищується і в кінці робочого періоду сягає свого максимального значення  $H_{max}$ . Такий режим може бути запропонований для басейнів з гравійним та гравійно-гальковим завантаженням [2].

У режимі швидкого наповнення (рис. 30.2, б) відразу після пуску басейну в роботу подаються підвищені витрати води, що приводять до швидкого досягнення  $H_{max}$ . Такий режим є доцільним за наявності під дном басейну ґрунтів, які не здатні кольматуватись на велику глибину (супісок, дрібнозернистий пісок) [2].

*Складний (змішаний) режим* (рис. 30.2, в) застосовують для басейнів в середньозернистих і крупнозернистих пісках на великих системах ШПЗПВ [2].

По завершенню робочого періоду, коли фільтраційна спроможність басейну зменшується до рівня, за якого його подальша експлуатація стає недоцільною, подачу води в басейн припиняють, після чого настає період спорожнення, по завершенню якого басейн чистять, відновлюючи його початкову фільтрувальну спроможність.

Сумарний період часу, що дорівнює  $T = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5$ , називають робочим фільтроциклом. Його тривалість призначають залежно від кліматичних умов району і кількості чищень басейну, якості води, що подається на поповнення, режиму роботи басейну, складу ґрунтів його дна тощо.

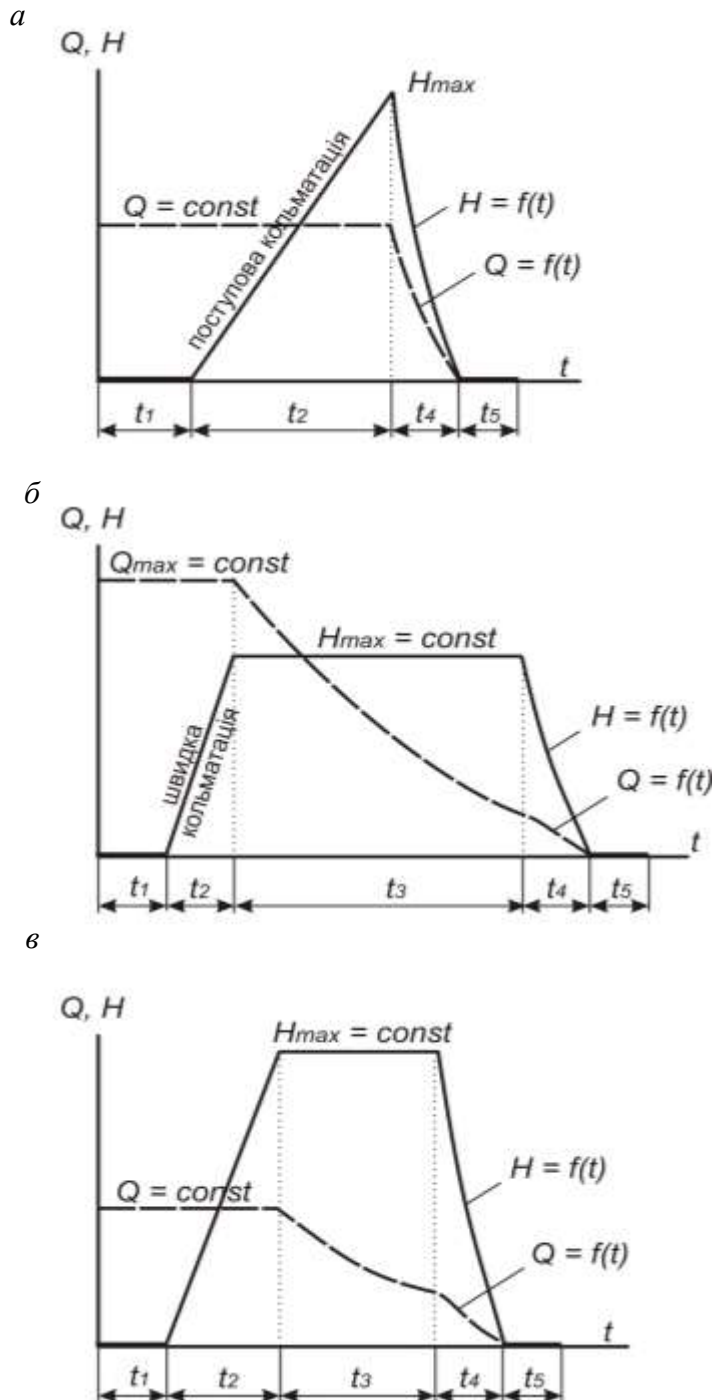


Рис. 30.2. Режими роботи інфільтраційних басейнів:

а – режим постійної подачі ( $Q = \text{const}$ );

б – режим швидкого наповнення ( $H_{\text{max}} = \text{const}$ );

в – складний (змішаний) режим;

$t_1$  – період затоплення басейну тонким шаром;

$t_2$  – період затоплення басейну до граничного рівня  $H_{\text{max}}$ ;

$t_3$  – період підтримування  $H = \text{const}$ ;

$t_4$  – період спорожнення (падіння витрати і рівня до нуля);

$t_5$  – період чищення дна

Зазвичай для басейнів у піщаних та гравійно-галькових ґрунтах влаштовують 1-2 чищення на рік (тобто  $T = 180-365$  діб). Тривалість періоду спорожнення беруть  $t_4 = 5-10$  діб. У разі перевищення цього терміну пропонується влаштовувати примусове спорожнення басейну

за допомогою водовипусків. Тривалість періоду чищення становить  $t_5 = 15$  діб у разі чищення вручну та  $t_5 = 1-5$  діб – за механізованого чищення [2].

Для відновлення продуктивності відкритих інфільтраційних споруд зазвичай знімають забруднений шар піску завтовшки 1,5-3 см вручну, гідравлічним або механічним способом (бульдозерами, скреперами, екскаваторами) і замінюють його таким самим шаром чистого піску. Таку регенерацію виконують переважно під час весняного паводку, коли подачу води на інфільтрацію припиняють через великий вміст у ній завислих частинок [1].

Продуктивність фільтрувальних басейнів можна визначити за аналогом споруд нині експлуатованих систем ШПЗПВ або за розрахунками.

### **30.3. Закриті інфільтраційні споруди**

До закритих інфільтраційних споруд, які використовують в системах штучного поповнення і створення запасів підземних вод, належать вертикальні споруди (свердловини, трубчасті і шахтні колодязі, шурфи) та горизонтальні споруди (трубчасті дренажі, штольні та галереї) [1].

Кліматичних обмежень для штучного поповнення запасів підземних вод внутрішньоґрунтовою інфільтрацією практично немає. Ці споруди успішно можна використовувати для поповнення або створення запасів підземних вод у водоносних пластах, які безпосередньо виходять на поверхню землі, в тих самих умовах, що й відкриті інфільтраційні споруди, а також в міжпластових водоносних горизонтах, для яких поверхнева фільтрація є неможливою [1].

Найчастіше на практиці застосовують вертикальні інфільтраційні споруди у вигляді свердловин, рідше – шахтні колодязі, шурфи і зовсім рідко – горизонтальні споруди, що пояснюється складністю їх влаштування на значних глибинах й браком ефективних методів поновлення їх продуктивності [1].

Свердловини в системах ШПЗПВ за *призначенням та умовами експлуатації* поділяють на три типи: поглинальні, дренажно-поглинальні і подвійного призначення.

*Поглинальні свердловини* подають воду безпосередньо в експлуатаційний пласт (рис. 30.3). Вони можуть працювати в режимі самопоглинання за самопливної подачі води або в режимі примусового закачування води у пласт. Такі свердловини використовують не тільки

для поповнення запасів підземних вод, а й для утворення гідравлічних бар'єрів, які запобігають припливу морських та інших недоброякісних вод у водоносний горизонт, що експлуатується. Споруджують їх зазвичай великого діаметра з фільтром з антикорозійних матеріалів і з влаштуванням гравійної обсіпки [1; 2].

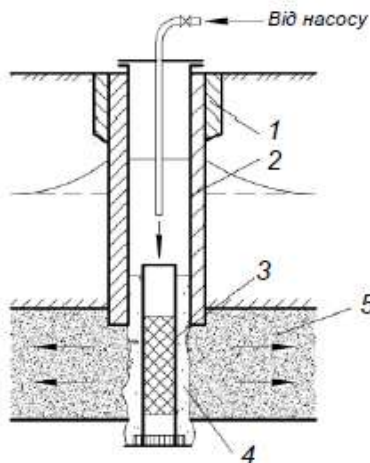


Рис. 30.3. Поглинальна інфільтраційна свердловина:

- 1 – кондуктор;
- 2 – експлуатаційна колона обсадних труб;
- 3 – фільтр;
- 4 – гравійна обсіпка;
- 5 – водоносний пласт, що поповнюється водою

*Дренажно-поглинальні свердловини* приймають воду з одного водоносного пласта і подають її в інший, призначений для експлуатації (рис. 30.4). Зазвичай воду із верхнього водоносного горизонту подають у нижній [1; 2].

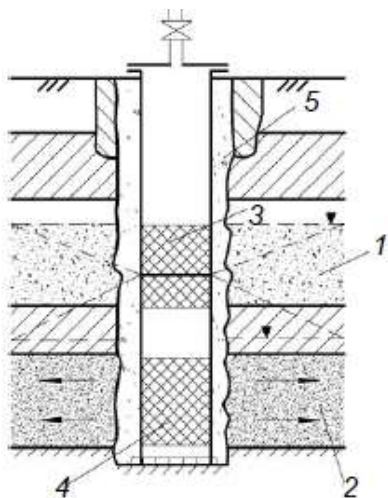


Рис. 30.4. Дренажно-поглинальна інфільтраційна свердловина:

- 1 – водоносний пласт, з якого воду забирають;
- 2 – водоносний пласт, який поповнюють;
- 3, 4 – фільтри;
- 5 – гравійна обсіпка

*Свердловини подвійного призначення* – це звичайні свердловини, що працюють у певний період як поглинальні, а в інший – як водозабірні. Їх використовують у системах водопостачання, що потребують дублювання джерел водопостачання або ж за великих коливань рівня підземних вод за порами року. Найчастіше їх використовують в системах водопостачання, які забирають воду з меліоративних каналів. У літню пору, коли води в каналі вдосталь, її вистачає і на потреби водопостачання, і на створення підземних

запасів. У зимовий період, коли канали спорожнюють, накопичені влітку підземні води використовують за допомогою тих самих свердловин для потреб водопостачання [1].

Експлуатувати свердловини системи ШПЗПВ, як і інфільтраційні басейни, можна в двох режимах: з постійною подачею води ( $Q = const$ ) та з постійним напором води ( $H = const$ ). Як правило, поглинальні свердловини та свердловини подвійного призначення, коли вони працюють як поглинальні, експлуатують в режимі постійної подачі води, а дренажно-поглинальні – в режимі постійного напору [1].

Розраховують поглинальні свердловини за тими самими формулами, що й водозабірні, але при цьому беруть до уваги, що положення динамічного рівня води буде вище його статичного горизонту, а крива депресії матиме зворотну форму. Наприклад, подачу води у напірний водоносний пласт через поглинальну інфільтраційну свердловину (рис. 30.5) визначають з виразу [1; 2]:

$$Q = \frac{+2,72K_{\phi} \cdot m \cdot S}{\lg \frac{R}{r}}, \quad (30.1)$$

де  $K_{\phi}$  і  $m$  – відповідно, коефіцієнт фільтрації та товщина пласта;  $S$  – перевищення рівня в свердловині під час її роботи над статичним рівнем в пласті;  $R$  і  $r$  – відповідно радіус депресійної воронки і свердловини. Знак «+» в чисельнику означає приплив води до пласта.

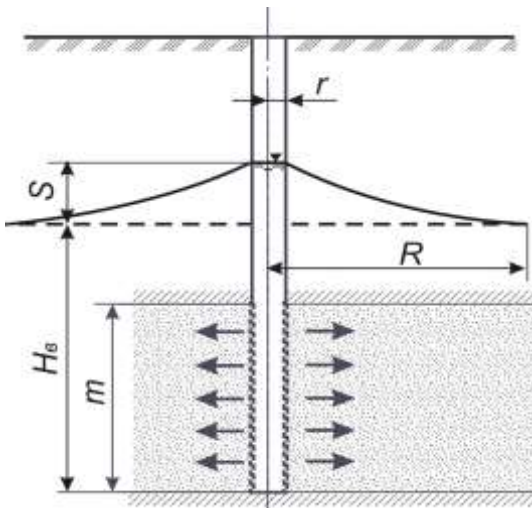


Рис. 30.5. Розрахункова схема поглинальної інфільтраційної свердловини

Величину  $S$  визначають з виразу [2]

$$S = \Delta S_0 + \Delta S_e, \quad (30.2)$$

де  $\Delta S_0$  – зовнішній опір:

$$\Delta S_0 = \frac{Q}{2\pi \cdot R \cdot m}, \quad (30.3)$$

$\Delta S_e$  – втрати напору, пов'язані з внутрішнім опором у свердловині і присвердловинній зоні, зумовлені недосконалістю свердловини:

$$\Delta S_e = \frac{Q}{2\pi \cdot K_\phi \cdot m} (\xi_1 + \xi_2), \quad (30.4)$$

$\xi_1$  – коефіцієнт, який характеризує внутрішній опір, пов'язаний з недосконалістю свердловини за ступенем розкриття водоносного пласта;  
 $\xi_2$  – коефіцієнт, який характеризує внутрішній опір, пов'язаний з кольматацією фільтра і прифільтрової зони пласта.

### 30.4. Система водопостачання з підземних джерел зі ШПЗПВ

Для того щоб уникнути виснаження водоносних горизонтів за значного забору підземних вод, проектують системи водопостачання, в яких одночасно планують штучне поповнення запасів підземних вод завдяки поверхневому стоку. Оскільки подача неочищеної води призводить до швидкого замулення інфільтраційних споруд і потребує частих чищень, то у водозабірних вузлах з поверхневих джерел можуть бути також споруди водопідготовки (грубого очищення). Схема водоочищення залежить від конструкції і типу інфільтраційних споруд, якості води в джерелі поновлення, місцевих гідрогеологічних умов. Основним видом обробки води є її освітлення шляхом відстоювання, фільтрування та дощування або барботування [1]. Таким чином, у загальній системі водопостачання з ШПЗПВ проектують споруди для забору води з поверхневого джерела та її попередньої підготовки, інфільтраційні споруди для поповнення водоносного пласта та споруди, призначені для потреб водопостачання (водозабірні, очисні, регульовальні тощо) (рис. 30.6) [2].

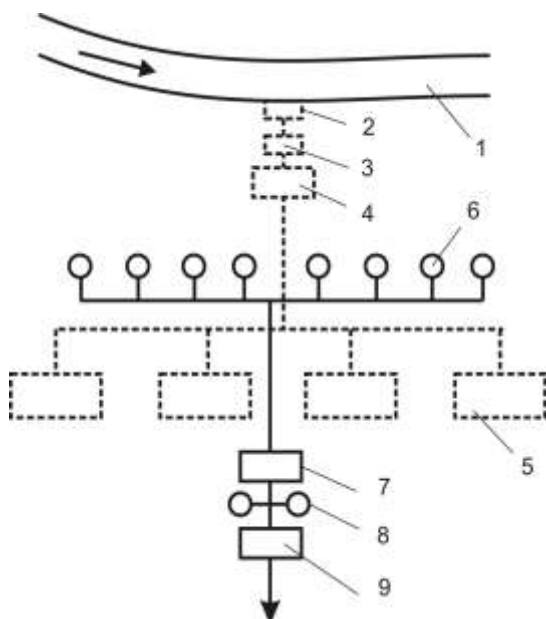


Рис. 30.6. Система водопостачання з підземних джерел зі ШПЗПВ:

- 1 – поверхнєве джерело;
- 2 – водозабір поверхневих вод;
- 3 – НС для подачі на очищення води, призначеної для інфільтрації;
- 4 – споруди попередньої підготовки води;
- 5 – інфільтраційні споруди (басейни);
- 6 – водозабірні свердловини;
- 7 – водопровідні очисні станції;
- 8 – РЧВ;
- 9 – НС для подачі води споживачам

Продуктивність водозаборів з підземних джерел або пониження (підвищення) рівня води в них за ШПЗПВ розраховують залежно від взаємного розміщення водозабірних та інфільтраційних споруд і методу поповнення. Відстань між водозабірними й інфільтраційними спорудами призначають, по можливості, найменшою, але за умов, щоб тривалість руху води від інфільтраційних споруд в напрямку підземного водозабору була достатньою для очищення води від бактеріальних та інших видів забруднень. Компонування споруд має задовольняти вимоги щодо належної якості води з підземного водозабору, зважаючи на змішування інфільтраційної й природної води в експлуатаційному водоносному пласті. Зазвичай відстань від інфільтраційних до водозабірних споруд беруть у межах 40-300 м залежно від водопроникності, фільтраційної та очисної спроможності водоносних пластів, якості води, що подається на інфільтрацію, способу ШПЗПВ, рельєфу місцевості, призначення води, яку забирають [1].

### ***Запитання для самоконтролю***

1. Що називають штучним поповненням запасів підземних вод (ШПЗПВ)? З якою метою його виконують?
2. Назвіть джерела, які використовують для ШПЗПВ.
3. Опишіть найбільш сприятливі умови для здійснення ШПЗПВ.
4. За якими ознаками класифікують методи ШПЗПВ?
5. Що використовують як відкриті інфільтраційні споруди для ШПЗПВ?
6. Які основні задачі розв'язують у розрахунках відкритих інфільтраційних споруд?
7. Назвіть конструктивні елементи інфільтраційних басейнів, споруджуваних в різних гідрогеологічних умовах.
8. Опишіть можливі режими експлуатації інфільтраційних басейнів. Для яких умов використовують кожен з них?
9. Що називають робочим фільтроциклом інфільтраційного басейну? Від чого залежить його тривалість?
10. Які закриті інфільтраційні споруди проєктують в системах ШПЗПВ?
11. На які три типи поділяють свердловини в системах ШПЗПВ за призначенням та умовами експлуатації? Опишіть особливості їх будови і застосування.
12. Вкажіть споруди, що належать до складу системи водопостачання з підземних джерел зі ШПЗПВ. Опишіть послідовність роботи такої системи, починаючи від забору води з поверхневого джерела.

## Список джерел

1. *Тугай А.М.* Водопостачання. Водозабірні споруди: текст лекцій / А.М. Тугай, Я.А. Тугай. – Київ: КНУБА, 2008. – 88 с.
2. *Орлов В.О.* Водозабірні споруди: навч. посіб. / В.О. Орлов, С.М. Назаров, А.М. Орлова. – Рівне: НУВГП, 2010. – 167 с.
3. *Видання.* Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування: ДБН В.2.5-74:2013. – [Чинний від 2014-01-01] – Київ: Мінрегіон України, 2013. – 172 с. – (Національний стандарт України).
4. *Видання.* Сільськогосподарське водопостачання. Зовнішні мережі і споруди. Норми проектування: ВБН 46/33-2.5-5-96. – Київ: Держводгосп України. – 152 с. – (Національний стандарт України).
5. *Хоружий П.Д.* Ресурсозберігаючі технології водопостачання / П.Д. Хоружий, Т.П. Хомутецька, В.П. Хоружий. – Київ: Аграрна наука, 2008. – 534 с.
6. *Видання.* Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною: ДСанПін 2.2.4-171-10. – [Чинний від 2019-12-28]. – Київ: Міністерство охорони здоров'я, 2010. – 28 с. – (Національний стандарт України).
7. *Тугай А.М.* Водопостачання: підручник / А.М. Тугай, В.О. Орлов. – Київ: Знання, 2009. – 735 с.
8. *Тугай А.М.* Розрахунок і проектування споруд систем водопостачання: навч. посіб. / А.М. Тугай, В.О. Терновцев, Я.А. Тугай. – Київ: КНУБА, 2001. – 256 с.
9. *Тугай А.М.* Водопостачання. Джерела та водозабірні споруди / А.М. Тугай, Я.А. Тугай. – Київ: УДІМІБ, 1998. – 192 с.
10. *Орлов В.О.* Проектування водозабірних споруд: навч. посіб. / В.О. Орлов, С.М. Назаров, В.О. Шадура. – Рівне: УДУВГП, 2002. – 128 с.
11. *Споруди для забору поверхневих вод: методичні вказівки до виконання курсового проекту / уклад.: А.М. Тугай, Я.А. Тугай, І.А. Обертас, Ю.М. Пікуль.* – Київ: КНУБА, 2014. – 40 с.
12. *Балинченко О.Й.* Інженерні мережі. Водопостачання та водовідведення: конспект лекцій / О.Й. Балинченко, О.В. Майстренко. – ДонНАБА, 2009. – 146 с.
13. *Хоружий В.П.* Експлуатація систем водопостачання та водовідведення: навч. посіб. у двох ч. / В.П. Хоружий, В.А. Кравченко, Т.П. Хомутецька та ін. – Київ: КНУБА, 2019, Ч.1. – 232 с.

14. *Водозабір* підземних вод: методичні вказівки до виконання курсового проекту / уклад.: А.М. Тугай, Є.В. Юрков, Я.А. Тугай, Ю.М. Пікуль. – Київ: КНУБА, 2011. – 48 с.
15. *Тугай А.М.* Бурова справа в водопостачанні: підручник/ А.М. Тугай, В.О. Орлов, В.О. Шадура. – Рівне:[б.в.], 2004 . – 267 с.
16. *Способи* буріння свердловин на воду: кращі методи і їх повний опис. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://uk.top-home-tips.com/8156135-methods-of-drilling-wells-technological-principles-and-features-of-the-main-methods](https://uk.top-home-tips.com/8156135-methods-of-drilling-wells-technological-principles-and-features-of-the-main-methods/) / (дата звернення: 24.03.2023). – Назва з екрана.
17. *Види* обсадної труби для свердловини. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ukr-polimer.com.ua/vyd-obsadnoy-trub-dlia-skvazhyn> – (дата звернення: 27.04.2023). – Назва з екрана.
18. *Орлов В.О.* Інтенсифікація та реконструкція систем водопостачання: навч. посіб. / В.О. Орлов, В.О. Шадура, С.М. Назаров. – Рівне: НУВГП, 2013. – 265 с.
19. *Хомутецька Т.П.* Енергоощадне водопостачання / Т.П. Хомутецька. – Київ: Аграрна наука, 2016. – 364 с.
20. *Ткачук О.А.* Міські інженерні мережі: навч. посіб. / О.А. Ткачук – Рівне: НУВГП, 2015. – 412 с.
21. *Величко С.В.* Гідротехнічні водозабірні споруди: навч. посіб.к / С.В. Величко, О.В. Дупляк, А.М. Рокочинський, Л.Р. Волк. – Київ: КНУБА, 2023. – 256 с.
22. *Шадура В.О.* Водопостачання та водовідведення: навч. посіб. / В.О. Шадура, Н.В. Кравченко. – Рівне : НУВГП, 2023. – 382 с.
23. *Хоружий П.Д.* Довідник по сільськогосподарському водопостачанню та каналізації / П.Д. Хоружий, В.О. Орлов, О.А. Ткачук та ін. – Київ: Урожай, 1992. – 328 с.
24. *Сашко В.О.* Водопостачання: навч. посіб. / В.О. Сашко, Т.М. Терещенко та ін. – Київ: Гурт, 2019. – 114 с.
25. *Видання.* Про питну воду, питне водопостачання та водовідведення (зі змінами 2004-2022): Закон України.
26. *Видання.* Національна доповідь про якість питної води та стан питного водопостачання в Україні у 2021 році. – Київ: Міністерство розвитку громад та територій України, 2022. – 326 с.
27. *Видання.* Водна стратегія України на період до 2050 року: Розпорядження КМУ від 09.12.22 № 1134-р.
28. *Видання.* Джерела централізованого питного водопостачання. Гігієнічні та екологічні вимоги щодо якості води і правила вибирання: ДСТУ 4808:2007. – [Чинний від 2012-01-01] Київ:

- Держспоживстандарт України, 2007. – 36 с. – (Національний стандарт України).
29. *Видання*. Рибозахисні та рибопропускні споруди: ВНД 33-2.3-04-01. – [чинний від 2001-08-20] – Київ: Державний комітет України по водному господарству, 2001. – 40 с. – (відомчий нормативний документ).
  30. *Видання*. Труби обсадні та муфти до них. Технічні умови: ДСТУ 8932:2019 – [Чинний від 2021-01-01] – Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2019. – 55 с. (Національний стандарт України).
  31. *Дупляк В.Д.* Проектування систем штучного поповнення підземних вод. Підземні водосховища. Посібник до ВБН 46/33-2.5-5-96 «Сільськогосподарське водопостачання. Зовнішні мережі і споруди. Норми проектування / В.Д. Дупляк, А.М. Аліферов, Ф.А. Новосельський. – Київ: Укрводпроект, 2005. – 70 с.
  32. *Тугай А.М.* Продуктивність водозабірних свердловин в умовах кольматажу / А.М. Тугай, О.Я. Олійник, Я.А. Тугай. – Харків: ХНАМГ, 2004. – 239 с.
  33. *Променеві* споруди для забору підземних вод: метод. вказ. до виконання курсового проекту / уклад.: А.М. Тугай, Я.А. Тугай, Є.В. Юрков та ін. Косінов В.П. – Київ: КНУБА, 2014. – 32 с.
  34. *Методичні* вказівки до курсової роботи «Водозабірні споруди» з навчальної дисципліни «Водопостачання (водозабірні споруди)» для здобувачів вищої освіти / уклад. В.П. Косінов – [Електронне видання]. – Рівне : НУВГП, 2020. – 68 с.
  35. *Методичні* вказівки до курсової роботи «Проектування та будівництво водозабірної свердловини» з навчальної дисципліни «Бурова справа (в тому числі практикум)» / уклад.: В.П. Косінов, В.О. Шадура. – Рівне: НУВГП, 2019. – 36 с.
  36. *Özkaya E. U.* Computer assisted hydraulic design of tyrolean weirs. a thesis submitted to the graduate school of natural and applied sciences of Middle East Technical University, 2015. – 109.
  37. *Tyrolean* weir intakes to cope with peruvian hazardous watersheds / J. Arbolí, C.Polimanti // Third International Dam World Conference, Brazil, September 17-21, 2018. – 10p.
  38. *Operational* dependability of water intake facilities / M. Lavrova, E. Orlov, V. Zabalueva // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 365 (2018) 052008 doi:10.1088/1757-899X/365/5/052008.
  39. *Prevention* of Water Intake Blockage by Ice during Supercooling Events / Steven F. Daly, Paul D. Barrette // Journal of Cold Regions Engineering, Volume 37, Issue 1, Mar 2023.

Навчальне видання

ХОМУТЕЦЬКА Тетяна Петрівна,  
ХОРУЖИЙ Віктор Петрович

# **ВОДОЗАБІРНІ СПОРУДИ З ПОВЕРХНЕВИХ ТА ПІДЗЕМНИХ ДЖЕРЕЛ**

*Навчальний посібник*

Редагування та коректура *Г. В. Кобриної*  
Комп'ютерне верстання *Т.І. Кукарєвої*

Підписано до друку 26.04.2024. Формат 60 × 84 <sup>1/16</sup>  
Ум. друк. арк. 16,74. Обл.-вид. арк. 18,0.  
Тираж 25 прим. Вид. № 30/І-23. Зам. № .

Видавець і виготовлювач  
Київський національний університет будівництва і архітектури

Повітрофлотський проспект, 31, Київ, Україна, 03037

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру суб'єктів  
видавничої справи ДК № 808 від 13.02.2002 р.

