



Національний університет
водного господарства
та природокористування

Міністерство освіти і науки України

Національний університет водного господарства та
природокористування

В.О. ОРЛОВ, С.М. НАЗАРОВ, А.М. ОРЛОВА

ВОДОЗАБІРНІ СПОРУДИ



Навчальний посібник

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Кредитно-модульна система організації
навчального процесу

Для студентів напряму підготовки
6.060103 “Гідротехніка (водні ресурси)”

Рівне 2010



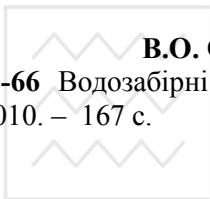
Національний університет

УДК 628.11 (073)
ББК 38.774. я. 7-6
О-66

*Затверджено вченою радою Національного університету водного господарства та природокористування
(Протокол № 11 від 27 листопада 2009 р.)*

Рецензенти:

Ковальчук В.А., кандидат технічних наук, доцент Національного університету водного господарства та природокористування;
Шадура В.О., кандидат технічних наук, доцент Національного університету водного господарства та природокористування.



В.О. Орлов, С.М. Назаров, А.М. Орлова

О-66 Водозабірні споруди. Навчальний посібник. – Рівне: НУВГП, 2010. – 167 с.

Наведено програму курсу, опорний конспект лекцій, контрольні запитання та тести з вивчення курсу, методичне забезпечення курсу, список рекомендованої літератури. Навчально-методичний комплекс може бути корисним при самостійному вивченні дисципліни в умовах кредитно-модульної організації навчального процесу студентами, які навчаються за напрямом підготовки 6.060103 «Гідротехніка (водні ресурси)», професійне спрямування «Водопостачання і водовідведення».

УДК 628.11 (073)
ББК 38.774. я. 7-6

- © Орлов В.О., Назаров С.М., Орлова А.М., 2010
- © Національний університет водного господарства та природокористування, 2010



Передмова

Приєднання України до Болонського процесу передбачає впровадження кредитно-модульної системи організації навчального процесу (КМСОНП), яка є українським варіантом ECTS.

СТРУКТУРА ПРОГРАМИ НАВЧАЛЬНОГО КУРСУ « ВОДОПОСТАЧАННЯ. Розділ «ВОДОЗАБІРНІ СПОРУДИ» »

1.1. Опис предмета навчальної дисципліни

Денна форма навчання		
Курс: підготовка бакалаврів	Напрямок, спеціальність, освітньо-кваліфікаційний рівень	Характеристика навчальної дисципліни
Кількість кредитів, відповідних ECTS – 3,75 Модулів – 1 Змістових модулів – 2 Загальна кількість годин – 135 Тижневих годин: аудиторних – 2 самостійна робота студентів (СРС) – 6,5	Шифр та назва напряму: 6.060103 “Гідротехніка” (водні ресурси) за професійним спрямуванням «Водопостачання і водовідведення» Освітньо – кваліфікаційний рівень: бакалавр	За вибором ВНЗ Рік підготовки – 4 Семестр – 7 Лекцій – 20 год Практичних занять – 16 год КПфах – 36 год Самостійна та індивідуальна роботи – 63 год Види контролю: поточний контроль, екзамен

Примітка. Співвідношення кількості годин аудиторних занять та самостійної роботи студента становить 27 % до 73 %.

Заочна форма навчання		
Курс: підготовка бакалаврів	Напрямок, спеціальність, освітньо-кваліфікаційний рівень	Характеристика навчальної дисципліни
1	2	3
Кількість кредитів, відповідних ECTS – 3,75 Модулів – 1	Шифр та назва напряму: 6.060103 “Гідротехніка” (водні ресурси)	За вибором ВНЗ Рік підготовки – 5 Семестр – 9 Лекцій – 8 год



1	2	3
Змістових модулів – 2 Загальна кількість годин – 135	за професійним спрямуванням «Водопостачання і водовідведення» Освітньо – каліфі- каційний рівень: бакалавр	Практичних занять – 8 год КПфах – 36 год СРС – 83 год Види контролю: поточний контроль, екзамен

Примітка. Співвідношення кількості годин аудиторних занять та самостійної і індивідуальної роботи студента становить 12% до 88%

1.2. Мета та завдання навчальної дисципліни, її місце у навчальному процесі

1.2.1. Мета викладання дисципліни, її спрямування

Метою вивчення дисципліни є формування у майбутніх фахівців в галузі водопостачання і водовідведення знань, необхідних для розв'язання задач, пов'язаних з проектуванням, будівництвом та експлуатацією водозабірних споруд систем водопостачання, здатність ефективно їх використовувати при виконанні найважливіших соціальних, екологічних та економічних проблем.

1.2.2. Завдання вивчення дисципліни

Студент повинен знати:

- характеристику джерел централізованого господарсько-питного водопостачання;
- технологічні схеми і конструкції водозаборів з поверхневих і підземних джерел;
- основи розрахунків споруд для забирання води з поверхневих і підземних джерел;
- правила санітарної охорони джерел і водозаборів.

Студент повинен вміти:

- вибрати водне джерело для системи водопостачання і місце розташування водозабору;
- розрахувати водозабірні споруди;
- визначити розміри зони санітарної охорони водних джерел і водозабору та прийняти режим у ній;
- скласти креслення водозабірних споруд.



Тема 1. Джерела водопостачання

Види джерел водопостачання, вимоги до них. Правила вибору джерел централізованого господарсько-питного водопостачання. Класифікація джерел за вмістом у воді органічних і неорганічних речовин. Види підземних водних джерел за умовами залягання. Фактори оцінки річок як джерел водопостачання. Правила вибору місця розташування водозабору на річці. Класифікація умов забирання води з поверхневих джерел.

Тема 2. Технологічні схеми річкових водозаборів

Класифікація річкових водозаборів і вимоги, що пред'являють до їх конструкцій. Компонування і планові схеми водозаборів. Умови застосування та принципові конструкції основних типів річкових водозаборів.

Тема 3. Оголовки руслових водозаборів

Вимоги, що пред'являють до конструкцій затоплених оголовоків. Основні типи оголовоків. Гідравлічний розрахунок водоприймально-сіткових отворів, перекритих сміттєзатримувальними рештками і фільтруючих оголовоків. Витрати води для промивання оголовоків різних типів. Визначення конструктивних розмірів оголовоків.

Тема 4. Самопливні і сифонні лінії

Способи і правила прокладання самопливних і сифонних ліній. Захист ліній від розмиву річковим потоком і пошкодження якорями. Визначення діаметрів ліній. Способи видалення осаду з ліній. Перевірка працеспроможності сифонної лінії за її висотним положенням.

Тема 5. Берегові споруди водозаборів

Конструкції берегових водоприймально-сіткових колодязів руслових і берегових водозаборів, їх обладнання. Типи водоочисних сіток, що встановлюються в берегових водоприймально-сіткових колодязях, принцип їх роботи та гідравлічний розрахунок. Визначення розмірів берегового водоприймально-сіткового колодязя. Статичні розрахунки. Підбір основних та допоміжних насосів НС-1. Визначення планових розмірів машзалу НС-1.



Тема 6. Забирання води в ускладнених і специфічних умовах

Умови використання водоприймальних ковшів, їх влаштування, типи та гідравлічний розрахунок. Забирання води в умовах недостатньої глибини. Особливості гірських річок та їх використання для водопостачання. Особливості водосховищ, типи водосховищних водозаборів. Особливості каналів, типи водозаборів з каналів. Схеми морських водозаборів. Критерії рибозахисту та типи рибозахисних пристроїв.

Змістовий модуль №2

Тема 7. Водозабірні споруди для забору підземних вод

Умови застосування і типи водозаборів підземних вод. Гідрогеологічні розрахунки вертикальних водозаборів досконалого та недосконалого типу. Взаємодія вертикальних водозаборів в груповому водозабірні.

Тема 8. Водозабірні свердловини та шахтні колодязі

Класифікація і конструкція водозабірних свердловин. Технологічні розрахунки свердловин. Наземні павільйони та підземні камери над свердловинами. Умови застосування і конструкції шахтних колодязів, приплив води до них. Планові схеми і типи збірних водоводів.

Тема 9. Горизонтальні, променеві і каптажні водозабори

Умови застосування і принципова схема горизонтального водозбору. Приплив води до обмеженого по довжині і довгого горизонтальних водозаборів. Конструкції водоприймальних частин горизонтальних водозаборів. Умови застосування і принципова схема променевого водозабору. Типи променевих водозаборів. Приплив води до променевого водозабору. Конструкції каптажних камер.

Тема 10. Штучне поповнення підземних вод. Санітарна охорона джерел і водозаборів

Системи штучного поповнення підземних вод. Конструкції і режими роботи інфільтраційних басейнів. Конструкції і розрахунок поглинаючих свердловин. Пояси зони санітарної охорони поверхневих і підземних водних джерел і водозаборів, визначення їх розмірів і заходи в них.



1.3. Структура залікового кредиту дисципліни

Назва тем змістових модулів	Кількість годин				
	Лекції	Практичні заняття	Самостійна робота	Індивідуальна робота (КП)	Разом
Змістовий модуль 1					
Тема 1. Джерела централізованого госп.-питного водопостачання	2/1	–	6/8	4/4	12/13
Тема 2. Технологічні схеми річкових водозаборів.	2/1	2/1	6/8	4/4	14
Тема 3. Оголовки руслових водозаборів.	2/1	2/1	7/9	4/4	15
Тема 4. Самопливні і сифонні лінії .	2/0,5	2/1	6/7,5	4/4	14/13
Тема 5. Берегові споруди водозаборів.	2/1	2/1	6/9	4/6	14/17
Тема 6. Забирання води в ускладнених і специфічних умовах.	2/0,5	2/–	7/9,5	2/–	13/10
Разом: змістовий модуль 1	12/5	10/4	38/51	22/22	82
Змістовий модуль 2					
Тема 7. Водозабірні споруди для забору підземних вод.	2/1	2/2	7/8	4/7	15/18
Тема 8. Водозабірні свердловини та шахтні колодязі.	2/1	2/1	6/8	4/7	14/17
Тема 9. Горизонтальні, променеві і каптажні водозабори .	2/0,5	–	6/7,5	4/–	12/8
Тема 10. Штучне поповнення підземних вод. Зони санітарної охорони водозаборів.	2/0,5	2/1	6/8,5	2/–	12/10
Разом: змістовий модуль 2	8/3	6/4	25/32	14/14	53
Всього	20/8	16/8	63/83	36/36	135

Примітка. Кількість годин: чисельник – денна форма навчання, знаменник – заочна форма навчання.



1.4. Практичні заняття

№ теми	№ заняття	Назва теми та її зміст	Години	
			Денна форма	Заочна форма
2	1	Гідравлічний розрахунок елементів руслового водозабору	2	1
3	2	Розрахунки при проектуванні фільтруючого водоприймача	2	1
4	3	Розрахунки при проектуванні сифонного водозабору	2	1
5	4	Розрахунки берегових споруд водозабору	2	1
6	5	Розрахунки при проектуванні водоприймального ковша	2	-
7	6	Розрахунки взаємодіючих свердловин.	2	2
8	7	Розрахунки з визначення напору заглибного насоса в свердловині	2	1
10	8	Визначення зон санітарної охорони водозаборів з поверхневих і підземних джерел	2	1
Всього			16	8

1.5. Облік та завдання для самостійної роботи студентів

1.5.1. Облік самостійної роботи студентів

Денна форма навчання

№ з/п	Вид навчальної діяльності	Навантаження, год.
1	Підготовка до аудиторних занять	0,5 год. на 1 год. ауд. занять $0,5 \times 36 = 18$ год.
2	Підготовка до контрольних заходів	6 год. на 1 кредит ECTS $6 \times 3,75 = 22,5$ год.
3	Підготовка до іспиту	6 год. на 1 кредит ECTS $6 \times 3,75 = 22,5$ год.

Резерв часу СРС (63 год. – 18 год. – 22,5 год. – 22,5 год.) – 0 год.



Заочна форма навчання

№ з/п	Вид навчальної діяльності	Навантаження, год.
1	Підготовка до аудиторних занять	0,5 год. на 1 год. ауд. занять $0,5 \times 16 = 8$ год.
2	Підготовка до контрольних заходів	6 год. на 1 кредит ECTS $6 \times 3,75 = 22,5$ год.
3	Підготовка до іспиту	6 год. на 1 кредит ECTS $6 \times 3,75 = 22,5$ год.

Резерв часу СРС (83 год. – 8 год. – 22,5 год. – 22,5 год.) – 30 год.

1.5.2. Завдання для самостійної роботи студентів

Заочна форма навчання

№ з/п	Назва	Обсяг, год.
1	Льодові явища на річках, засоби боротьби з ними	4
2	Водозабірні споруди на річках з недостатніми глибинами, гірських річках	4
3	Особливості забору води з каналів	4
4	Споруди для забору води з озер та водосховищ	4
5	Умови прийому води з морів та океанів	4
6	Взаємодія свердловин, насосних станцій і збірних водоводів	4
7	Каптаж джерельних вод. Конструкції, умови використання	2
8	Конструкції і розрахунок поглинаючих свердловин	4
	Всього	30

1.6. Індивідуальна робота студентів

Під час вивчення курсу «Водозабірні споруди» студенти виконують курсовий проект (КП) за індивідуальним завданням, що передбачає проектування водозабору з поверхневих або підземних джерел.



Зміст курсового проекту за варіантом поверхневого джерела передбачає:

- обґрунтування місця розташування, типу і технологічної схеми водозабірних споруд;
- гідравлічний розрахунок елементів водозабору;
- розробка конструкції водозабірних споруд;
- підбір обладнання водозабірних споруд;
- статичні розрахунки;
- заходи щодо рибозахисту, експлуатації і створення зони санітарної охорони;
- техніко-економічні розрахунки.

Зміст курсового проекту за варіантом підземного джерела передбачає:

- обґрунтування місця розташування водозабору;
- визначення глибини свердловини, водоносного шару, способу буріння свердловини та типу установки, побудова проектного геолого-технічного розрізу;
- підбір та розрахунок фільтру свердловин, проектування свердловин в плані;
- проектування НС-1, підбір насосів;
- відкачки води зі свердловин;
- умови виконання робіт при спорудженні свердловин;
- експлуатація свердловин;
- проектування та розрахунок зон санітарної охорони.

Обсяг пояснювальної записки курсового проекту 25-30 сторінок і аркуш креслень формату А1.

1.7. Методи навчання

При викладанні навчальної дисципліни „Водозабірні споруди” використовується інформативно-ілюстративний метод навчання із застосуванням :

- лекцій у супроводі прорізок, плакатів;
- самостійного вивчення матеріалів інтерактивного комплексу навчально-методичного забезпечення дисципліни (ІКНМЗД);
- складання конспекту на паперовому носії;
- використання для засвоєння матеріалу лекцій друкованого роздаткового матеріалу;
- консультацій;
- виконання індивідуально-дослідного завдання.



1.8 Методи оцінювання знань

Введена кредитно-модульна система організації навчального процесу із 100-бальною шкалою оцінювання знань студентів;

- **Поточний контроль знань** передбачає усне та письмове опитування на практичних заняттях та тестування за двома змістовими модулями;
- **Підсумковий контроль знань** проводиться у вигляді підсумкового контролю з використанням білетів;
- оцінка за курсовий проект;
- підсумковий контроль знань (при необхідності).

1.9. Розподіл балів, що присвоюється студентам

Денна форма навчання

Модуль 1 Лекції, практичні заняття, поточне тестування											Підсумковий модуль	Разом	
Змістовий модуль 1						Змістовий модуль 2							
T1	T2	T3	T4	T5	T6	ТЕСТ	T7	T8	T9	T10			ТЕСТ
4	4	4	4	4	4	12	3	3	3	3	12		
36						24					40	100	
Курсовий проект													
Пояснювальна записка						Відповідність завданню – Самостійність виконання – Повнота висвітлення розділів – Оформлення у відповідності ЄСКД та СПДБ– Захист –					повна 13 10 10 17	50	
Графічна частина						Відповідність завданню – Самостійність виконання – Повнота висвітлення розділів – Оформлення у відповідності ЄСКД та СПДБ – Захист –					повна 13 17 10 10	50	
Всього												100	



Заочна форма навчання

Модуль 1												Підсумковий модуль	Разом
Лекції, практичні заняття, поточне тестування													
Змістовий модуль 1						Змістовий модуль 2							
T1	T2	T3	T4	T5	T6	ТЕСТ	T7	T8	T9	T10	ТЕСТ		
4	4	4	4	4	4	12	3	3	3	3	12		
36						24						40	100
Курсовий проект													
Пояснювальна записка						Відповідність завданню –						повна	50
						Самостійність виконання –						13	
Повнота висвітлення розділів –						10							
Оформлення у відповідності ЄСКД та СПДБ–						10							
Захист –						17							
Графічна частина						Відповідність завданню –						повна	50
						Самостійність виконання –						13	
						Повнота висвітлення розділів –						17	
						Оформлення у відповідності ЄСКД та СПДБ –						10	
						Захист –						10	
Всього													100

Шкала оцінювання в КМСОНП та ECTS

За шкалою КМСОНП	За шкалою ECTS	За шкалою МОН України
90 – 100	A	5 (відмінно)
82 – 89	B	4 (добре)
74 – 81	C	4 (добре)
64 – 73	D	3 (задовільно)
60 – 63	E	3 (задовільно)
35 – 59	FX	2 (незадовільно) з можливістю повторного складання
1 – 34	F	2 (незадовільно) з обов'язковим повторним вивченням дисципліни



1.10. Методичне забезпечення

Методичне забезпечення навчальної дисципліни "Водозабірні споруди" включає:

- освітньо-професійна програма підготовки бакалавра напряму 6.060103 "Гідротехніка" (Водні ресурси);
- опорний конспект лекцій на паперовому носії;
- опорний конспект лекцій на електронному носії;
- комплект прозірок (фолій);
- друкований роздатковий матеріал;
- тестові модульні питання;
- пакети контрольних завдань оцінювання поточних знань студентів з практичних занять;
- методичні вказівки до виконання індивідуально-дослідного завдання для студентів денної та заочної форм навчання.

1.11. Рекомендована література

1.11.1. Базова література

1. СНиП 2.04.02-84. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. – М.: Стройиздат, 1985.
2. Проектирование сооружений для забора поверхностных вод. Справочное пособие к СНиП. ВНИИ ВОДГЕО. – М.: Стройиздат, 1990.
3. Пособие по проектированию сооружений для забора подземных вод (к СНиП 2.04.02.-84). ВНИИ ВОДГЕО. – М.: Стройиздат, 1989.

1.11.2. Допоміжна література

1. Булава М.Н., Кудін С.М. Водозабірні і гідротехнічні споруди. – К.: Вища школа, 1974.
2. Довідник по сільськогосподарському водопостачанню і каналізації / П.Д. Хоружий, В.О. Орлов, О.А. Ткачук та ін.. За ред. П.Д. Хоружого. – К.: Урожай, 1992.
3. Образовский А.С. и др. Водозаборные сооружения для водоснабжения из поверхностных источников. – М.: Стройиздат, 1976.
4. Орлов В.О., Зошук А.М. Сільськогосподарське водопостачання та водовідведення. Підручник. - Рівне; УДУВГП, 2002.
5. Орлов В.О., Зошук А.М. Проектування систем сільськогосподарського водопостачання. Рівне: НУВГП, 2005.
6. Орлов В.О., Зошук А.М., Шадура В.О. та ін. Збірник тестів з фахових дисциплін з курсу «Водопостачання». Рівне: НУВГП, 2007.

7. Орлов В.О., Назаров С.М., Шадура В.О. Проектування водозабірних споруд: Навчальний посібник. – Рівне. УДУВГП, 2002.
8. Порядин А.Ф. Устройство и эксплуатация водозаборов. – М.: Стройиздат, 1989.
9. Тугай А.М. Водоснабжение. Водозаборные сооружения. – К.: Вища школа, 1980.
10. Тугай А.М., Орлов В.О. Водопостачання. Підручник для вузів. – К.: Знання, 2009.
11. Справочник по специальным работам. Трубы, арматура и оборудование водопроводно-канализационных сооружений/Под ред. А.С. Москвитина. – М.: Стройиздат, 1970.
12. Шевелев Ф.А., Шевелев А.Ф. Таблицы для гидравлического расчета водопроводных труб. – М.: Стройиздат, 1984 (2008).

1.11.3. Методичні вказівки

1. Методичні вказівки 055-53 до виконання курсового проекту "Річкові водозабірні споруди" (склад проекту, гідравлічні розрахунки) для студентів спец. 2908 всіх форм навчання. Рівне, 1992.
2. Методичні вказівки 055-54 до виконання курсового проекту "Річкові водозабірні споруди" (конструювання водозабірних споруд, статичні та техніко-економічні розрахунки) для студентів спец. 29.08 всіх форм навчання. Рівне, 1992.
3. Методичні вказівки 055-71 до виконання курсового проекту "Водозабірні споруди" студентами спеціальності 7.092601 "Водопостачання, каналізація, раціональне використання та охорона водних ресурсів" заочної форми навчання. Рівне, 1998.
4. Методичні вказівки 055-47 до розрахунків при проектуванні сітчастих струменереактивних фільтрів на водозаборах з поверхневих джерел для студентів спец. 2908 та 3110 всіх форм навчання, виконуючих курсове та дипломне проектування. Рівне, 1991.

1.12 Інформаційні ресурси

1. Бібліотека Національного університету водного господарства та природокористування (м. Рівне, вул. Приходька, 75).
2. Інтернет-сервер Національного університету водного господарства та природокористування (<http://www.nuwm.rv.ua>).
3. Інтернет-сервер кафедри ВБС (адреса в локальній комп'ютерній мережі НУВГП <http://comp-nn1/>; в мережі - <http://nuwm.rv.ua/kaf/vbs/index.php>).
4. Інформаційні ресурси мережі Інтернет.



2. Методичні рекомендації до вивчення окремих модулів та тем

Тема 1. Джерела водопостачання

В якості джерел водопостачання найчастіше використовуються джерела з прісною водою. Таких джерел, від загальної кількості води в гідросфері Землі (1,5 млрд. км³), нараховується приблизно 2%. Всі джерела прісної води за *характером її знаходження* поділяють на поверхневі, підземні, атмосферні, води льодовиків.

Поверхневі води (води річок, озер, водосховищ, каналів) характеризуються достатньо суттєвими змінами показників їхньої якості і температури за сезонами року. За даними УНДІВЕП вода тільки 10% річок України має якість, яка забезпечує ефективне функціонування існуючих технологічних схем очищення води. Найбільш забрудненими є річки басейнів Західного Бугу та Сіверського Дінця, річки Приазов'я.

Підземні води утворюються з атмосферних і поверхневих в результаті колообігу води, заповнюють пори гірської породи верхнього шару земної кори.

Атмосферні води утворюються з дощу, снігу, мряки, в результаті конденсації атмосферної водяної пари, що надходить внаслідок випаровування вологи з водних поверхонь і поверхонь материків. Через свою забрудненість й нестабільність атмосферні води не можуть розглядатися як джерела централізованого водопостачання.

Води льодовиків, які розташовані в Арктиці та Антарктиді, практично не використовуються.

В Україні із загальної кількості води на потреби централізованих водопроводів 70% припадає на поверхневі води. Для сільського населення джерелами питної води є ґрунтові та міжпластові води, що забираються шахтними колодязями (≈2,5 млн.шт.) і водозабірними свердловинами (≈100 тис.шт.). В цілому по Україні прогнозні ресурси підземних вод за даними регіональної оцінки становлять 61690 тис.м³/добу (за даними 2004 року). Розподілені вони по площі вкрай нерівномірно у зв'язку з відмінністю структурно-геологічних і фізико-географічних умов формування ресурсів та хімічного складу підземної гідросфери різних регіонів країни. Основна частина прогнозних ресурсів зосереджена в



північних та північно-західних областях в Дніпровському та Волинсько-Подільському артезіанських басейнах (65%). Південні області України мають обмежені ресурси підземних вод. Погіршенню еколого-гідрогеологічного стану в південній частині України сприяє також порушення режиму експлуатації та охорони підземних вод, що призвело у ряді районів цієї території до їх вичерпання і забруднення. Забезпеченість прогнозними ресурсами підземних вод по Україні знаходиться в інтервалі 0,3–5,5, а в середньому - 1,15 (м³/добу на одну людину). Всього в Україні розвідано 369 родовищ підземних вод (РПВ), які включають 999 ділянок (ДРПВ) з сумою затверджених експлуатаційних запасів 15760,2 тис. м³/добу, що становить 26% їх загальної кількості.

По всій території України підземні води широко використовуються з різною метою. В одинадцяти з двадцяти п'яти адміністративних одиниць України за рахунок підземних вод забезпечується понад 50% потреб у господарській та питній воді. Водопостачання таких обласних центрів, як Луганськ, Львів, Полтава, Хмельницький майже повністю здійснюється за рахунок підземних вод, а для Тернополя, Херсона та Чернівців воно становить понад 50%. В північних та західних областях України багато міст та селищ міського типу (Глухів, Ковель, Миргород, Ніжин, Нововолинськ, Сарни тощо) використовують для водопостачання тільки підземні води. Всього в Україні відбирається з прогнозних ресурсів підземних вод 10287 тис. м³/добу (17% із загальної кількості).

Наведене вище, а також забруднення поверхневих джерел водопостачання продуктами антропогенного походження, дає підставу багатьом авторам вважати вирішення проблеми питного водопостачання в Україні за рахунок підземних вод на перспективу безальтернативним.

Підземні води майже не мають завислих частинок, забарвлення, але часто мають підвищену жорсткість, відрізняються значним вмістом солей заліза та інших елементів, інколи дуже мінералізовані, можуть мати розчинені гази. Підземні води знаходяться в пористих або тріщинуватих породах, звичайно, на глибині до 2км в стані пари, у фізично зв'язаному стані у вигляді гігроскопічної і плівкової води, у вигляді інфільтраційної й пластової води, що утворює водоносні горизонти; в твердому стані

у вигляді кристалів, лінз, прошарків і навіть пластів льоду в товщі вічномерзлих порід; в хімічно зв'язаному стані у складі кристалеві решітки солей і мінералів. Джерелами водопостачання можуть бути лише води у вільному стані. Більшість підземних вод надійно захищені від попадання в них забруднених поверхневих стоків (рис.1.1). Їх кількість і якість меншою мірою, ніж поверхневі води, залежить від атмосферних опадів. Підземні води характеризуються природними та експлуатаційними запасами. Природні запаси знаходяться у водоносних пластах у природному стані в порах і тріщинах водоносних порід. Експлуатаційні запаси можна отримати із водоносного пласта раціональними, в техніко-економічному відношенні, водозабірними спорудами за заданим режимом експлуатації і якості води.

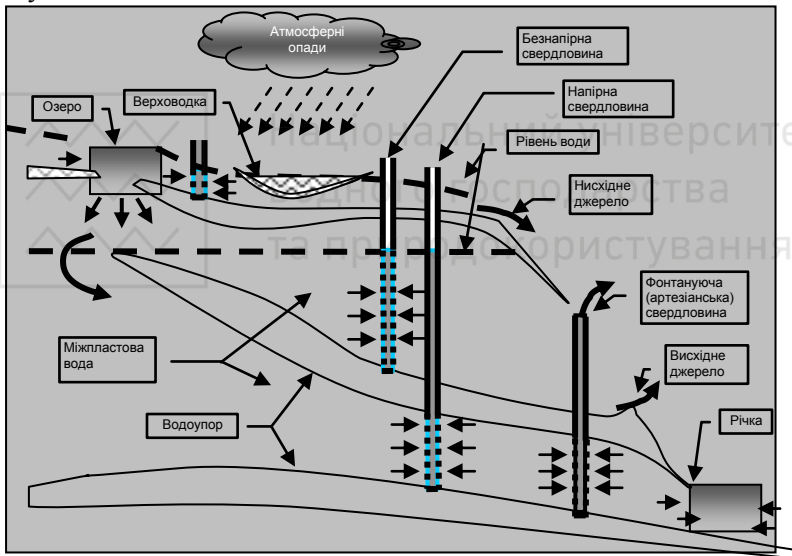


Рис. 1.1. Схема живлення підземних водоносних шарів

Підземні води за характером залягання та напором поділяють на води зони аерації, ґрунтові води, міжпластові безнапірні і міжпластові напірні (артезіанські) води та джерела. Води зони аерації залягають близько від поверхні землі, залежать від кількості і часу атмосферних опадів, легко забруднюються з поверхні, їх запаси завжди малі.

Ґрунтові води залягають на невеликій глибині від поверхні на першому водотривкому пласті. Вони можуть мати значні запаси



води, і менше, ніж попередні води, залежать від атмосферних опадів, менше забруднюються з поверхні. *Міжпластові безнапірні води* залягають між двома водотривкими пластами на великій глибині. Вони мають вільну поверхню і характеризуються великими запасами, майже не залежать від опадів, мають упродовж року постійну температуру, надійно захищені від попадання в них забруднень із поверхні землі та недоброякісних підземних вод інших водоносних пластів. *Міжпластові напірні (артезіанські) води* залягають між двома водотривкими шарами і заповнюють увесь простір між ними. Вони мають самостійне живлення, зовсім не залежать від атмосферних опадів і поверхневого стоку, надійно захищені від попадання в них забруднених поверхневих чи недоброякісних підземних вод інших водоносних пластів. *Джерела або ключі* - це підземні води, що вільно виливаються на поверхню землі. Вони можуть бути низхідними і висхідними.

В області живлення міжпластові води поповнюються за рахунок інфільтрації атмосферних опадів. В області розвантаження міжпластові води виходять на поверхню у вигляді гірських джерел. При виході на поверхню безнапірних міжпластових вод утворюються низхідні гірські джерела, а при виході напірних вод - висхідні. Межі території, де лінія статичного рівня напірних міжпластових вод проходить вище поверхні землі, обмежують область фонтануючих (самовиливних) свердловин.

Артезіанські води відносяться до крупних геологічних структур, причому здебільшого в цих структурах можна спостерігати пластові розташування водоносних горизонтів, що розділяються водоупорами (артезіанські басейни). Деякі артезіанські басейни займають велику площу і вміщують низку потужних водоносних горизонтів, здатних забезпечити водопостачання великих населених пунктів. Наприклад, Дніпровський артезіанський басейн розташований на Лівобережжі України (експлуатаційні запаси 23млн. м³/доб) і частково на території Білорусії та Росії. Його напірні водоносні горизонти відносяться до девонських, юрських, сеноманських та бучаксько-канівських відкладень.

Води поверхневих джерел мають відносно велику каламутність (особливо в період паводків) та кольоровість, велику кількість органічних речовин, бактерій, планктону, малу кількість солей і, в тому числі, невелику жорсткість (за винятком вод морів і деяких озер).

Якість і кількість води поверхневих джерел залежать від кількості та інтенсивності атмосферних опадів, танення снігів, забруднення поверхні. Для поверхневих джерел характерними може бути наявність шуги, шугозагори, донний лід, льодостав, льодохід, затори, пересихання, зміна русла тощо. Гірські річки, внаслідок великих швидкостей течії, тягнуть багата наносів. При цьому транспортуються не тільки маленькі часточки ґрунту, а й окреме каміння.

Коливання рівнів води в поверхневих джерелах може бути значним. Характерні цикли становлення і забруднення річок наведені на рис.1.2. В даному випадку річка починається в горах, витікає у вигляді маленької річечки 2, поповнюється водою з різних джерел і притоків 3, дощовими і талими водами з поверхні землі 4, забруднюється мінеральними домішками (глина, пісок) 5. При цьому вода з поверхні річки по всій довжині випаровується – А в хмару Б, яка переноситься у верхів'я і випадає у вигляді дощів - В, знову поповнюючи водою річку.

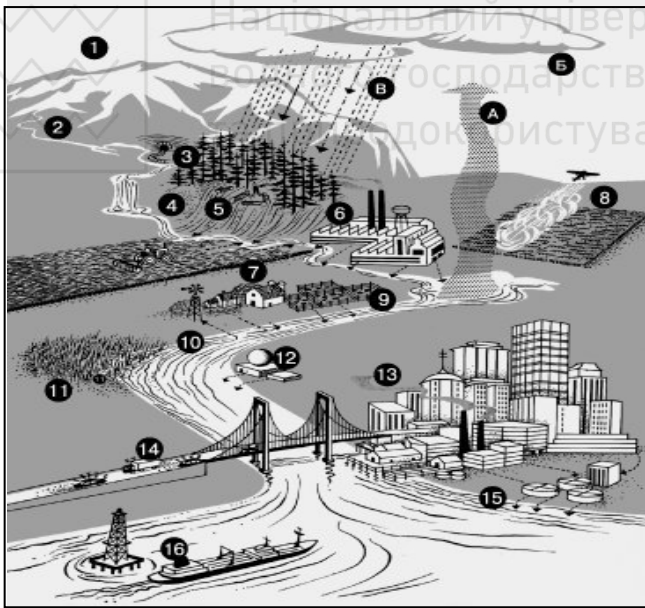


Рис.1.2. Схема живлення і забруднення річки

Коли річка стає достатньо повноводною, її починають експлуатувати: підприємство 6 забирає воду і, в залежності від



умов, може скидати недостатньо очищені стічні води, які можуть бути забруднені хімічно, біологічно, бактеріологічно; ферми 7 часто скидають біологічно забруднені стоки 9, з полів 8 можуть змиватись у воду пестициди, гербіциди, фунгіциди тощо, теплові станції 12 можуть скидати теплі води, які також негативно впливають на якісні показники води особливо влітку (у водах із тепловим забрудненням часто гине риба), заболочені місця 11 насичують воду органічними домішками 10, транспорт 14, 16 може скидати різні забруднюючі речовини, в першу чергу, нафтопродукти, а населений пункт 13, може забирати вже достатньо забруднену воду, очищати її, використовувати її на власні потреби, а потім скидати стічні води на каналізаційні очисні споруди 15, після яких не в повній мірі, в першу чергу, біологічно очищені стоки скидаються в річку, де повинно пройти перемішування стоків з річковим потоком і подальша доочистка, біологічний розклад забруднюючих речовин. В останні роки йде інтенсивне антропогенне забруднення поверхневих джерел, що значно ускладнює їх використання в якості джерел водопостачання.

Води озер, що приймають стоки з сільськогосподарських угідь, являють собою родюче середовище, в якому відбувається бурхливе зростання водних рослин, яке захоплює значний простір, в якому зазвичай живуть риби. Водорості та інші рослини, відмираючи, падають на дно, розкладаються аеробними бактеріями, які споживають для цього кисень, і це призводить до замору риби. Озеро заповнюється плаваючими і прикріпленими водоростями та іншими водними рослинами. Сінезелені водорості, або ціано-бактерії, роблять воду схожою на гороховий суп з поганим запахом та рибним смаком, а також покривають камені слизистою плівкою.

Водні ресурси України складаються з річкового стоку, що формується на її території, і стоку, який поступає з територій Білорусі та Росії, а також запасів підземних вод. За кількістю поверхневих вод Україна належить до малозабезпечених країн. У маловодні роки на її території формується лише $29,7 \text{ км}^3$ води, що в середньому складає $49,2 \text{ тис м}^3$ річкового стоку на 1 км^2 . Оскільки водозабезпечення України залежить від сезонного та територіального розподілу стоку, це зумовило будівництво 1,1 тисячі водосховищ (загальним об'ємом $55,1 \text{ км}^3$), більше 27 тисяч ставків, 7 великих каналів (загальною довжиною 2000км), 10 великих



водоводів, якими вода подається в маловодні райони. Більша частина зарегульованого стоку приходиться на Дніпровський каскад водосховищ, із загальним об'ємом 43,8 км³. Створення водосховищ дало можливість перерозподілити стік Дніпра в об'ємі 17 км³ або більше 50% його стоку в розрахунковий маловодний рік.

У природному (незарегульованому) стані річки в основному оцінюють за гідрологічними даними - живлення, стік і витрати, швидкість та рівень води; льодовий режим; твердий стік, стійкість русла та біологічні фактори. Характеристика річки не буде повною без топографічних і геологічних факторів, даних про її санітарний стан і використання води водоспоживачами та водокористувачами.

Річки мають різноманітний режим живлення і стоку, на які впливають кліматичні та гідрологічні фактори. Для більшості річок основними джерелами живлення є дощові, снігові, льодовикові і змішані води. Підземними водами річки майже не живляться. Залежно від джерела живлення, водний режим річок буває з весняною повинню, характерний для річок із сніговим живленням, з повинню у теплий період року - для річок, що живляться за рахунок дощів, танення снігів і льодовиків високогірних районів. Швидкості руху води в річках залежать від шорсткості русла, окреслень його в плані, форм поперечного перерізу, уклону дна, наявності водної рослинності, льодового покриву, сили та напрямку вітру. Швидкість води зменшується від поверхні до дна та від середини до берегів. Змінюються швидкості в межах від практично від 0 до 5 м/с і більше.

Від стоку і швидкості руху води в річках залежить коливання її рівня. Існують сезонні (або річні), багаторічні і випадкові коливання. Випадкові коливання рівнів води в річках викликаються заторами, зажорами, згонами або нагонами.

Наноси в річковій воді поділяються на завислі (перебувають у воді в завислому стані) і донні (прикріплені до дна). Стан наносів повністю залежить від швидкості потоку і гідравлічної крупності частинок наносів. При збільшенні швидкості потоку донні наноси можуть переходити в завислий стан, і навпаки. Максимальна каламутність у великих річках найчастіше спостерігається на глибині порядку 0,8...0,7 м від поверхні потоку. Гірські річки, внаслідок великих швидкостей течії, переносять багато наносів. Річки за русловими деформаціями (зміни повздовжнього та поперечного профілю річки, її планового і висотного переміщення)



поділяються на блукаючі, нестійкі, стійкі річки.

Основна маса дрібних твердих часток надходить у річку внаслідок ерозії та змиву забруднень з території басейну під час танення снігу та дощів, решта їх утворюється при розмиві русла і берегів річки, її притоків, струмків та ярів, що примикають до річки, а також при вітровій ерозії ґрунту. За прийнятою класифікацією за каламутністю води України поділяються на три групи: малокаламутні ($m < 50$ мг/л) - річки басейну Прип'яті та верхньої частини басейну Дніпра; середньої каламутності ($m = 50 \dots 250$ мг/л) - річки нижньої частини басейну Дніпра та більшої частини басейну Південного Бугу; каламутні ($m = 250 \dots 1500$ мг/л) - гірські річки Криму, басейнів Дністра, Дунаю, Сіверського Донця.

Стан наносів (завислі, донні) у водному потоці залежить від гідравлічної крупності часток та швидкості потоку. У верхів'ях річок переважають донні наноси, що транспортуються безпосередньо біля дна (для низинних річок вони складають $\approx 10\%$ від загальної маси наносів, для гірських - значно більше), в середній та нижній частинах потоку - завислі, що знаходяться в його товщі. Донні наноси при зменшенні швидкості в річці переходять в алювіальні відкладення дна русла, а завислі наноси, при певному їх хімічному складі, можуть розчинятися у воді.

Наноси, що переносяться річкою, відкладаються в тих чи інших місцях русла і заплави і, таким чином, переформовують річкову долину. Існує 5 типів *руслових процесів*, що визначають характер оборотних деформацій русла: стрічково-грядовий, руслова багаторукавність, побочневий, обмеженого мандрування, вільного мандрування, незавершеного мандрування. Знання характеру руслових деформацій дозволяє правильно оцінити вплив наносів на роботу водозабору, вибрати місце його розташування і застосовувати найбільш раціональні засоби його захисту від наносів. При будь-якому типі руслового процесу русло річки в плані має більш-менш звивисту форму у вигляді меандр (рис.1.3).

Меандрування русла навіть на прямолінійній ділянці річки пояснюється розмивом берегів, складених нестійкими породами; поперечною циркуляцією річкового потоку через його неусталеність, дією відцентрових сил та сил Коріоліса, які викликаються обертанням земної кулі. Виникнення плесових улоговин біля угнутих берегів та боковиків біля випуклих берегів пояснюється специфікою



Національний університет
водного господарства
та природоохоронних
технологій



Рис. 1.3. 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 перекаату; 5 - поверхневі токи;

6 - донні токи

структури річкового потоку на його вигині: потік, набігаючи на угнутий берег, розмиває його, створює в цьому місці підвищення рівня і прямує вниз, де біля дна разом з частками розмитого ґрунту отримує новий напрямок вбік випуклого берега.

Озера - це природні водойми з уповільненим водообміном. Зміна рівнів води в озерах залежить від кількості води, яка надходить в озеро у вигляді опадів, вод річок і струмків, що впадають в нього, з поверхні водозбірного басейну, підземних вод, сконденсованої водяної пари на поверхні озера, і витрачається з нього у вигляді випаровування з поверхні, стоку річок, що витікають із нього, підземного стоку. Рівень води в озерах коливається також під тривалою дією вітру одного напрямку, що спричиняє згони і нагони, в результаті чого поверхня озера може набирати замість горизонтального похиле положення. Замерзають і скресають озера плавніше, ніж річки, лід на озерах встановлюється раніше ніж на річці, а скресає пізніше.

Водоймища - це штучні споруди, які будують в умовах нерівномірного розподілу річкового стоку з метою його регулювання для забезпечення потреб господарства і населення у воді. Водоймища з об'ємом більше 1 млн. куб. м, називають водосховищами, а менше 1 млн. куб.мм - ставками. Коливання рівнів води в водосховищах, на відміну від озер, може бути великим, і залежить від основного призначення водосховища, витрат води й часу заповнення. Водосховища, як і озера, замулюються, цвітуть ще більше ніж озера, і, в певній мірі, мінералізуються. Глибини у водосховищах зростають із наближенням до греблі, а замулювання, навпаки, на протилежному боці від греблі та в місцях впадіння в них річок, струмків та виходів ярів та балок.

До найпоширеніших явищ водоймищ відноситься цвітіння води - масовий розвиток у поверхневих шарах води планктонних організмів рослинного (фітопланктону) і тваринного (зоопланктону)



походження. Цвітіння води спостерігається у весняний, літній і осінній періоди року практично в усіх поверхневих джерелах. Особливо інтенсивним цвітіння є в поверхневих шарах непроточних водоймищ (водосховищах, ставках), а також в морях. Річки з великими швидкостями течії цвітуть значно рідше. У вегетативний період кількість планктону часто збільшується настільки, що поверхня води покривається суцільною плівкою. Вода набуває кольору, неприємного смаку та запаху. В деяких випадках цвітіння води може досягти такого ступеня, що вода стає небезпечною в санітарному відношенні, тому що токсичні речовини, які виділяє фітопланктон, можуть викликати шлункові захворювання. Весною і восени фітопланктон найбільш широко представлений діатомовими водоростями, літом — синьо-зеленими, зеленими та протококовими.

Переважну більшість зоопланктону складають ракоподібні та безхребетні. Найбільша різноманітність їх спостерігається серед коловерток та гіллястовусих ракоподібних. Кількість зоопланктону, як правило, зменшується у річці від верхів'я до гирла. Зоопланктон переважає у морській воді. Найбільш сприятливими для розвитку фітопланктонних організмів є верхні шари води, глибиною 2 - 3м, а також ділянки із зовсім невеликими глибинами, що добре прогріваються сонячними променями і мають достатню кількість органічних поживних речовин.

Розвиток зоопланктону менше залежить від температурного і світлового факторів і більше від наявності поживних речовин, тому він може населяти всю товщу води від її поверхні до самих глибоких шарів. Цю закономірність розвитку і концентрації планктону слід враховувати і використовувати для боротьби з цвітінням води, не допускаючи в поверхневій джерела водопостачання органічних поживних речовин і, перш за все, органічних відходів. Водоприймальні отвори водозабірних споруд слід розташовувати нижче товщі води, в якій накопичується основна маса планктонних організмів.

Морська вода (Чорне і Азовське море) має гірко-солоний смак, що не дозволяє використовувати її для господарсько-питного водопостачання та зрошування. Використовують морську воду в промисловості для охолодження парових турбін електростанцій і технологічних установок, а також для бальнеологічних цілей.



Оцінка якості і правила вибору джерела централізованого господарсько-питного водопостачання. Джерело водопостачання повинне задовольняти таким основним вимогам:

- повинен забезпечуватись забір води в необхідній кількості із врахуванням 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 екологічний стан довкілля.

За існуючим законодавством підземні води високої якості не бажано використовувати на інші, крім господарсько – питних, потреби. Вибір джерела водопостачання слід здійснювати з врахуванням положень ГОСТ 2761-84 “Источники централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения. Гигиенические, технические требования и правила выбора”, що встановлює пріоритет при виборі джерела.

В першу чергу слід вибирати джерела, якість води в яких відповідає державному стандарту “Вода питна”. При однаковій якості води слід приймати підземні джерела в порядку надійності їх захисту від зовнішнього забруднення (в першу чергу артезіанські). При відсутності або неможливості використання артезіанських вод як внаслідок недостатнього їх дебіту або незадовільної якості, так і з техніко-економічних міркувань, необхідно розглядати можливість використання інших видів підземних вод в такому порядку: міжпластові безнапірні води; ґрунтові води. При недостатніх експлуатаційних запасах підземних вод слід розглядати можливість їх штучного поповнення.

При неможливості використання підземних вод та їх штучного поповнення слід вишукувати можливість використання вод поверхневих джерел. При використанні вод поверхневих джерел для водопостачання слід вибирати ділянки річок, озер, водоймищ, каналів, санітарний стан яких дозволяє створити навколо водозабірних споруд зону санітарної охорони та які відповідають вимогам „Правил охорони поверхневих вод від забруднення стічними водами” (зокрема річкова вода на відстані 1км проти течії від водозабору не повинна вміщувати отрутих речовин більше ГДК, мати запах інтенсивністю більше 2 балів і мати плівку на поверхні).



При відсутності прісних підземних і поверхневих вод для господарсько-питного водопостачання допускається використання мінералізованої і морської води при умові її опріснення, а також геотермальних вод, якщо вони задовольняють санітарним вимогам, а їхня максимальна температура не перевищує 24...26 °С.

Для виробничого водопостачання є доцільним використання поверхневих, частково мінералізованих і геотермальних вод.

Остаточо джерело водопостачання об'єкту обирається на підставі техніко-економічного обґрунтування. При цьому аналізуються і порівнюються такі показники альтернативних варіантів, як якість води, потужність джерела, його віддаленість від об'єкту, вартість забору, очищення і подачі води споживачам. В техніко-економічній оцінці варіанта джерела водопостачання важливу роль відіграє комплекс споруд для покращення якості води. Цей комплекс можна прогнозувати за вмістом в природній воді органічних та неорганічних речовин.

Воду природного джерела можна використовувати для водопостачання, якщо виконується умова

$$\frac{C_1}{ГДК_1} + \frac{C_2}{ГДК_2} + \dots + \frac{C_n}{ГДК_3} \leq 1, \quad (1.1)$$

де $ГДК_1, ГДК_2, \dots, ГДК_n$ гранично допустимі концентрації речовин у воді, мг/л; C_1, C_2, \dots, C_n - концентрації речовин у воді, мг/л.

Оцінка річок в природному стані як джерел водопостачання проводиться на підставі гідрологічних факторів, зокрема: стоку (кількість води, що протікає через створ річки за той чи інший проміжок часу - рік, сезон, декаду, добу), витрат (інтенсивність стоку за секунду), рівнів води, льодового режиму (часу замерзання та скресання, тривалості льодоставу, товщини поверхневого льоду, відомості про внутрішньоводний лід), режиму твердого стоку (кількість та характер наносів, тривалість повені), а також стійкості русла, характеру руслоформуючого процесу, гідравлічної структури течії. Враховуються також геологічні фактори, топографічні умови, відомості про санітарний стан і використання води іншими водоспоживачами та водокористувачами (меліорація, судноплавство, лісосплав, ГЕС, рибне господарство).

Режим річки визначається *типом її живлення*. Рівнинні річки, як правило, мають змішане живлення (грунтове, снігове, дошове),



кожне з яких є переважаючим в певний сезон року. Більшість річок України має (більше 50% стоку) снігове живлення з найбільшими середньомісячним витратами в північній частині території в березні-квітні, а в південній - в лютому-березні. В південно-західних гірських та передгірських районах дощові повені в значній мірі перерозподіляють стік на користь межених сезонів. Для малих річок Причорномор'я і Степового Криму є характерним нульовий стік в межений період (пересихання та перемерзання русла).

Забезпеченість середньомісячних витрат, а також максимальних та мінімальних рівнів води приймається залежно від призначеної, відповідно до характеристики об'єкту водопостачання, категорії надійності подачі води (наприклад для I категорії надійності подачі води забезпеченість максимального та мінімального рівнів становить відповідно 1% та 97%, для II - 2% та 95%, для III - 3% та 90%).

При проектуванні водозаборів слід враховувати льодовий режим водного джерела (табл. 1.1), який для річок із стійким льодоставом включає три фази: замерзання, льодостав, скресання. Для більшості річок України (виняток: верхів'я Десни, Сіверського Донця, Осколу та їх притоків) упродовж зими льодостав неодноразово переривається скресанням під час відлиг різної тривалості. Тривалість стійких льодових явищ складає в різні роки 10...90 діб, збільшуючись з південно-західної частини країни на північно-східну. Максимальна товщина льоду, яку треба враховувати при призначенні висотного положення водоприймальних вікон водозаборів, коливається від 0,3м для річок басейну Дунаю до 1,3м для річок басейну Сіверського Донця.

На річках зі швидкістю течії більшою за 0,5м/с за рахунок турбулентного перемішування переохолоджених верхніх шарів води з більш глибокими утворюються кристали внутрішньоводного льоду - *шуги*, які можуть викликати труднощі при заборі води. Глибинна шуга при її затриманні, скупченні і ущільненні на виступах дна, звуженнях і поворотах русла під льодовим покривом може утворювати *шугозажори*, здатні викликати безвитратні підняття рівня води до 1...1,5м. Важкі шугольодові умови особливо характерні для гірських річок з нестійким льодоставом. На переохолоджених поверхнях виступів дна і підводних поверхнях ГТС може утворюватись донний лід. Товщина шару донного льоду на галечниковому та скельному дні русла може досягати 0,5...1,5 м.



Характеристика умов забирання води

Умови забирання води з поверхневих джерел			
Умови	Каламутність, стійкість берегів і дна	Шуга і лід	Інші фактори
Легкі	Каламутність $\leq 500 \text{ мг/дм}^3$, стійке ложе водойми і водостоку	Відсутність внутрішньоводного льодоутворення. Льодостав помірної ($\leq 0,8 \text{ м}$) потужності, стійкий	Відсутність у водоймі дрейсени, балаянусу, мідій, водоростей, мало забруднень і сміття
Середні	Каламутність середня за повінь $\leq 1500 \text{ мг/дм}^3$. Русло (прибережжя) і береги стійкі з сезонними деформаціями ($\pm 0,3 \text{ м}$). Вздовж берегове переміщення наносів не впливає на стійкість підводного схилу постійної крутизни	Наявність внутрішньоводного льодоутворення, яке закінчується утворенням льодоставу звичайно без шугозаповнення русла і утворення шугозажорів. Льодостав стійкий потужністю $h_b < 1,2 \text{ м}$, який формується з ополонками	Наявність сміття, водоростей, дрейсени, балаянусу, мідій і забруднень в кількості, яке не викликає перешкоди у роботі водозабору. Лісосплав молевий й плотами. Суднопластво
Важкі	Каламутність $\leq 5000 \text{ мг/дм}^3$. Русло рухливе з переформуванням берегів і дна, що викликає зміни відміток дна до $1...2 \text{ м}$, наявність переробки берега з вздовжбереговим переміщенням наносів схилом змінної крутизни	Неодноразово утворюваний лід з шугозажорами і шугозаповненням русла при льодоставі до $60...70\%$. В окремі роки з утворенням шугозажорів у передльодоставний період і льодових заторів весною. Ділянки нижнього б'єфу ГЕС в зоні нестійкого льоду. Нагін шугольоду на берег з утворенням торосів і шугозаповненням прибережної зони	Те ж саме, але в кількостях, що заважають роботі водозабору та споруд водопроводу
Дуже важкі	Каламутність $> 5000 \text{ мг/дм}^3$, русло нестійке, систематично й випадково змінює форму. Інтенсивна і значна зміна берега. Наявність чи вірогідність зсувних явищ	Формування льодового покриття тільки при шугозажорах, які викликають підпір і транзит шуги під льодом упродовж більшої частини зими. Можливість нальодів та перемерзання русла. Льодохід із заторами	Те ж саме, але в кількостях, що можуть викликати перерви в роботі водозабору



На річках з дрібнопіщаним дном кристали внутрішньоводного льоду підхоплюють піщинки і утворюють пористольодяні “хмари”, які при можливому перепаду тиску здатні ущільнюватись з утворенням льодяних щитів, що перекривають водоприймальні створи і навіть руйнують споруди.

Природні умови забору води з річок (як і з інших поверхневих джерел) умовно поділяють на чотири групи (легкі, середні, важкі, дуже важкі) залежно від каламутності води, стійкості русла і берегів, шугольодових умов, наявності у воді джерела сміття та інших факторів.

Тема 2. Технологічні схеми річкових водозаборів

Водозабірні споруди з поверхневих джерел поділяють на:

- *за типом прийняття води* - берегові, руслові, комбіновані, підруслові, острівні (виносні);
- *за технологічними особливостями* - суміщені, роздільні, ковшові, пригребельні;
- *за типом джерела* - річкові, озерні, водосховищні, каналні, морські;
- *за продуктивністю* - малі (до $1\text{ м}^3/\text{с}$), середні ($1 \dots 6\text{ м}^3/\text{с}$), великі (понад $6\text{ м}^3/\text{с}$);
- *за призначенням* - господарсько-питні, виробничі, іригаційні, теплоенергетичні тощо;
- *категорією надійності* - відповідно до категорії надійності за подачею води системи водопостачання;
- *способом приймання води водоприймачем* - з верхнім, нижнім, верховим, низовим, боковим прийманням води;
- *положенням водоприймача* - затоплені, незатоплені, тимчасово затоплювані;
- *характером рухомості* - стаціонарні, пересувні (плавучі, фунікулерні);
- *терміном експлуатації* - постійні, тимчасові.

Ці споруди мають відповідати, крім загальних, ще й особливим умовам. Вони повинні забезпечувати попереднє очищення води від сміття, плаваючих предметів, планктону, шуги, не пропускати рибу, бути простими, зручними в експлуатації, по можливості затримувати завись.

Відповідно до категорії системи водопостачання за надійністю



подачі води водозабори відносять до I, II, III категорії. Для I категорії допустимим є зниження подачі води не більше 30% розрахункової витрати на термін до 3 діб. Для II категорії зниження подачі води в тих самих межах допускається тривалістю до 10 діб, а перерва в подачі - до 6 годин. Для III категорії допустимий час зниження та перерви в подачі води становить відповідно 15 діб та 24 години.

Клас водозабірних споруд (залежно від нього приймаються коефіцієнти запасу в розрахунках міцності, стійкості тощо) для першорядних споруд, що входять в комплекс водозабору, приймається відповідно до категорії надійності подачі води (I, II, III), а для другорядних споруд зміщується на одиницю (II, III, IV). До основних відносять споруди, часткове зруйнування яких приводить до зменшення або припинення подачі води (водоприймачі, водоводи, берегові водоприймально-сіткові колодязі, насосні станції); до другорядних - споруди, часткове зруйнування яких не приводить до зменшення подачі води (резервні водоприймачі, берегоукріплення тощо).

Технологічна схема водозабору визначається типом і місцем розташування водоприймача, а також складом і компонованням основних функціональних елементів - споруд для приймання води з джерела, попереднього її очищення та подачі води на очисні споруди або у водопровідну мережу об'єкту водопостачання. Зазначені функції можуть виконувати спеціально пристосовані споруди: приймання води - водоприймальні оголовки, попереднє очищення води - водоприймально-сіткові колодязі, подачу води - насосні станції і підняття. Але залежно від умов склад споруд може змінюватись. Наприклад, для берегового водозабору функції приймання води та її попереднього очищення здійснюються в одній споруді - береговому водоприймально-сітковому колодязі, якого може взагалі не бути в сприятливих кліматичних умовах при відносно чистій воді.

Тип водозабору, що визначається місцем розташування водоприймача, приймають на підставі топографічних (профілю берега) і гідрологічних умов (глибини біля берега при розрахункових рівнях води в річці), продуктивності водозабору, природних умов водного джерела.

Компоновання споруд (роздільне, суміщене) приймається залеж-

но від продуктивності водозабору, геологічних (порід, що залягають в основі) і гідрологічних умов (амплітуди коливання рівнів в річці), а також від характеристики прийнятого насосного обладнання. Роздільна схема компонування споруд, за якою насосна станція I підняття розташовується окремо від водоприймально- сіткового колодязя, доцільна при продуктивності водозабору $Q \leq 1...1,5 \text{ м}^3/\text{с}$, слабких породах, що складають берег, амплітуді коливання рівнів в джерелі менше 6...8 м, допустимій висоті всмоктування насосів I підняття більше 3...4 м. Суміщену схему компонування споруд (насосна станція I підняття зблокована в одній споруді з водоприймально- сітковим колодязем) більш доцільно приймати при $Q \geq 1...1,5 \text{ м}^3/\text{с}$, міцних породах, що складають берег, амплітуді коливання рівнів в річці більше 6...8 м, допустимій висоті всмоктування насосів I підняття менше 3...4 м.

Технологічна схема водозабірних споруд повинна забезпечувати надійність забору і подачі води відповідно до прийнятої категорії водозабору. Така надійність залежно від природних умов забору води (табл. 1.1) для водозаборів різних типів досягається секціюванням і дублюванням водоприймачів в одному та двох створах (табл. 2.1).

Таблиця 2.1.

Вибір типу водозабірної споруди

Водоприй- мальні пристрої	Категорія водозабірних споруд								
	Природні умови забирання води								
	Легкі			Середні			Важкі		
	Схеми водозаборів								
	<i>a</i>	<i>б</i>	<i>в</i>	<i>a</i>	<i>б</i>	<i>в</i>	<i>a</i>	<i>б</i>	<i>в</i>
Берегові	I	–	–	I	–	–	II	I	I
Руслові	I	–	–	II	I	–	III	II	I
Нестационарні Плаваючі	II	I	–	III	III	II	–	–	–
Фунікульорні	III	II	–	–	–	–	–	–	–

Схеми водозаборів поділяються на: *a* - в одному створі; *б* - в одному створі, але з кількома водоприймачами, які мають засоби боротьби з шугою, наносами та іншими перешкодами; *в* - в двох створах, в яких неможлива одночасна перерва заборі води. Категорія водозабору зростає на одиницю у разі розміщення оголовка в самопромивному водоприймальному ковші, який затоплюється.



Секціонування (приймається не менш двох паралельно діючих секцій) є обов'язковим для водозаборів I та II категорії надійності подачі води постійного типу. В складних природних умовах забору води в схемах водозаборів використовують водоприймальні ковші, підвідні канали, регуляційні інженерні споруди (пороги, дамби, шпори, прорізи), які дозволяють поліпшити місцеві умови відбирання води. На водних джерелах рибогосподарського значення в склад водозабору включають рибозахисні пристрої.

Берегові водозабори споруджують на річках з достатніми глибинами біля самого берега або переміщують споруду в русло ріки і з'єднують її з берегом дамбою. *Береговий водозабір роздільного типу* (рис. 2.1) являє собою дві, як правило, залізобетонні споруди (береговий водоприймально-сітковий колодязь і насосну станцію I підняття), розташовані на відстані 20...25м одна від одної.

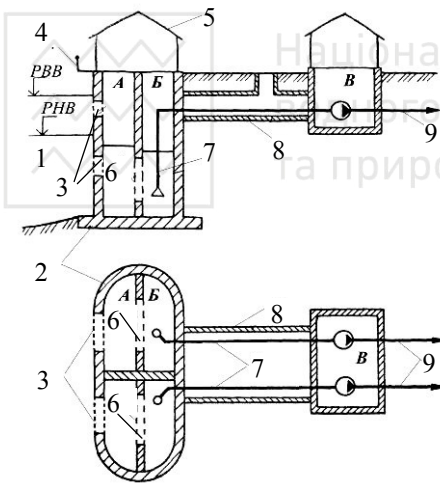


Рис. 2.1. Схеми берегового водозабору роздільного типу

1 - річка; 2 - береговий водоприймально-сітковий 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-I; PVB - рівень високих вод; PNB - рівень низьких вод

Передня стінка колодязя безпосередньо омивається водою річки і має водоприймальні вікна. З метою забирання води вищої якості звичайно передбачають два яруси вікон. Нижній ярус забирає воду при низьких рівнях, а верхній - при високих, коли річка несе багато зависі і найбільша її концентрація спостерігається в нижніх шарах. Вікна перекривають знімними сміттєзатримувальними решітками (рис. 2.2), які мають затримувати листя, коріння, корчі. Надійшовши в береговий водоприймально-сітковий колодязь, вода трохи

відстоюється в приймальній камері, де легкі предмети - листя, коріння тощо, спливають, а важкі (зерна піску) осідають. Із приймальної камери вода через перепускні вікна перетікає у всмоктувальну камеру. Ці вікна перекривають плоскими сітками (рис. 2.2а) у водозаборах малої продуктивності і обертальними — у великих. Сітки затримують дрібні плаваючі предмети (сміття, невеличке листя). Таким чином, попередньо очищену воду забирають із всмоктувальної камери насосами і підняття і подають на очисні споруди. Решітки, сітки періодично можна піднімати в павільйон і очищати. Осад, який випав у приймальній камері, також періодично видаляють гідроелеваторами або грязьовими насосами.

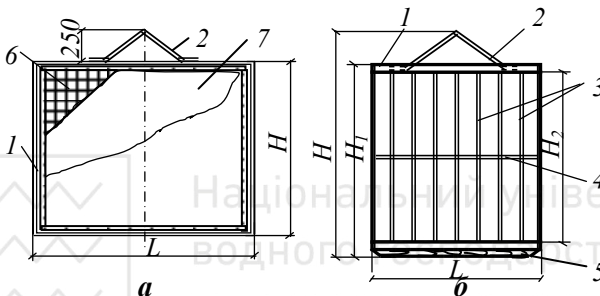


Рис. 2.2. Сміттєзатримувальне обладнання

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

Сміттєзатримувальні решітки і плоскі сітки (рис. 2.2) являють собою рамну конструкцію, зварену на місці з кутників або швелерів. Для їхнього підняття у верхній частині зроблено скобу. Знизу решіток прикріплюється дерев'яний брус, який зберігає жорсткість рамної конструкції під час опускання її у вікна. В сміттєзатримуючих решітках до рамної конструкції приварюють вертикальні круглі або прямокутні стержні розміром 6...12мм, які розміщують один від одного на відстані 50...100мм. У плоских сітках натягують підтримувальну сітку з вічком 20 x 20мм із дроту діаметром 3мм, а зверху - робочу сітку з вічком 3,5 x 3,5мм або 5 x 5мм із дроту діаметром 1,0...1,2мм.

Для забезпечення цілодобового забирання води і ремонту всі водозабори, як правило, розділяють на окремі секції, які можуть працювати самостійно. Досягають цього влаштуванням запірних

пристроїв у водоприймальних вікнах (щити, засувки), дублюван-
 ням трубопроводів, встановленням перегородок. У берегових
 водозаборах суміщеного типу (рис. 2.3) насосна станція I підняття
 і береговий водоприймально-сітковий колодезь об'єднано. При
 цьому можна використовувати схеми з напівзаглибленою насосною
 станцією (рис. 2.3а), заглибленою насосною станцією (рис.2.3б),
 обладнаною вертикальними насосами (рис. 2.3в). У схемі *а*
 позначка дна насосної станції значно вища за дно колодезя.

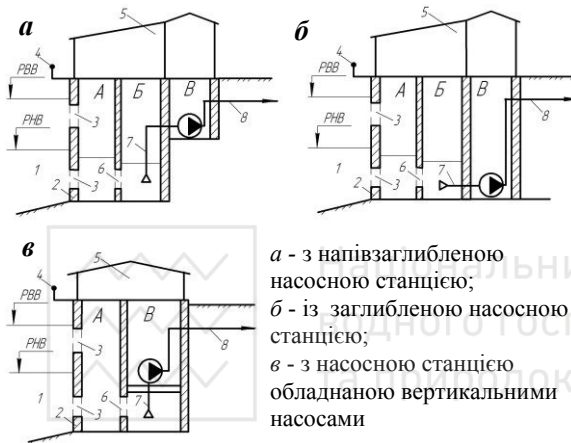


Рис.2.3. Принципові схеми берегових суміщених водозаборів
 1 - річка; 2 - береговий водоприймально-сітковий колодезь; 3 - водоприймальні вікна; 4 - балкон; 5 - павільйон; 6 - перепускні вікна; 7 - всмокту-вальна лінія; 8 - нагнітальна лінія; А - приймальна камера; В - всмоктувальна камера; В - НС-І

Це забезпечує меншу 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 при щільних ґрунтах основи (скеля, галька). Схему *б* (у неї найбільша вартість, але немає недоліків схеми *а*) використовують практично без будь-яких обмежень. Схема *в* забезпечує найкраще компонування насосної станції і колодезя, найменшу вартість. Проте обмежений випуск вертикальних насосів і більш складна експлуатація їх обмежують використання цієї схеми.

Руслові водозабори, як і берегові, можуть мати суміщене або роздільне компонування. Відмінність полягає в місці розташування насосної станції відносно сіткового колодезя.

В руслових водозаборах (рис. 2.4) водоприймальну частину, оголовок, винесено далеко в русло річки, туди, де є достатні глиби-

ни. Забрана вода самопливними лініями надходить у приймальну камеру водоприймально-сіткового колодезя. На кінці самопливних ліній обов'язково встановлюють засувку, що дає змогу відключати лінію.

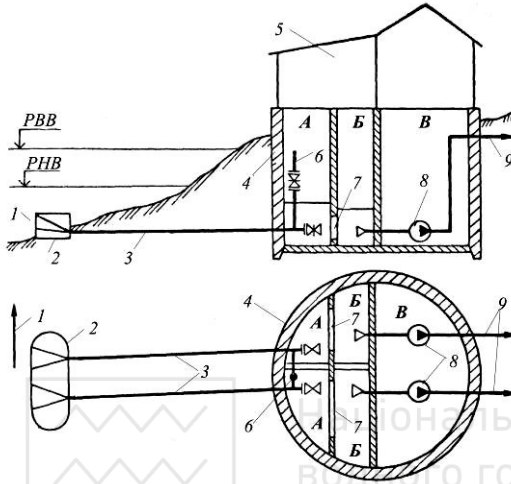


Рис. 2.4. Схема руслового водозбору суміщеного типу:

- 1 - річка; 2 - оголовок; 3 - самопливна лінія; 4 - водоприймально-сітковий колодезь; 5 - павільйон; 6 - трубопровід для промивання самопливних ліній; 7 - перепускне вікно; 8 - насос; 9 - нагнітальна лінія; А — приймальна камера; Б — всмоктувала на камера; В — НС-І.

Оскільки передбачається секціювання, то з відключенням однієї лінії інша або кілька інших ліній продовжують працювати. Для того щоб періодично змивати осад із самопливних труб, який може з'являтися під час забирання води, передбачають подавання води від насосної станції І підняття трубопроводом. У цьому разі одну лінію водозбору відключають, а інші працюють у форсованому режимі. Воду від насосів І підняття подають у лінію, що її промивають, і зворотна течія вимиває осад з неї, який оголовком скидається в річку. В усьому ж іншому руслові водозбори аналогічні береговим.

Берего - русловий водозабір (рис. 2.5) проектують у випадку, коли через складний профіль берегу утруднюється забір води береговим водоприймачем при РНВ в джерелі, або коли через підвищення надійності приймання води в достатньо складних природних умовах джерела водозабір повинен мати два розташовані в одному створі водоприймачі русловий та береговий, що роблять незалежно.

Інфільтраційний (підрусловий) водозабір (рис. 2.6) рекомендується застосовувати при наявності під руслом річки порід з високими фільтраційними властивостями у складних природних

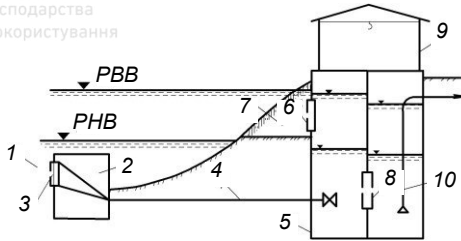


Рис. 2.5. Принципова схема берего-руслового водозабору

1 - русло річки; 2 - затоплений водоприймальний оголовок; 3 - водоприймальні вікна, перекриті сміттєзатримувальними решітками; 4 - самопливні лінії; 5 - береговий водоприймально-сітковий колодезь; 6 - водоприймальні вікна в БВСК; перекриті сміттєзатримувальними решітками; 7 - підвідний канал; 8 - водоочисні сітки; 9 - службовий павільйон; 10 - всмоктувальні лінії насосів.

умовах забору води (важкі наносні або шугульодові умови, недостатня для розміщення затопленого водоприймального оголовка глибина в річці). Вода, що інфільтрується з русла річки через фільтруючий горизонт, захоплюється горизонтальними променями - свердловинами (перфоровані труби) і по них надходить у береговий колодезь. Очищення води від її включень відбувається у товщі фільтруючого горизонту, що дозволяє не встановлювати в береговому колодезі водоочисні сітки.

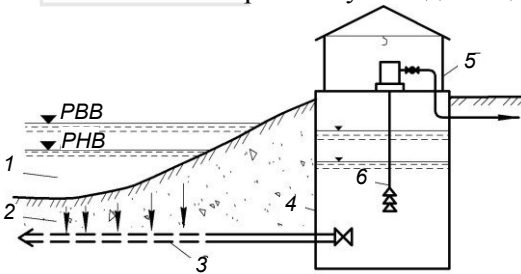


Рис. 2.6. Принципова схема інфільтраційного водозабору

1 - русло річки; 2 - фільтруючий горизонт; 3 - горизонтальні промені-свердловини; 4 - береговий колодезь; 5 - службовий павільйон; 6 - водопідійомні лінії насосів

Пересувний (нестационарний) водозабір влаштовують для невеликих тимчасових водопроводів (для будівельних майданчиків, містечок будівельників та ін.), водопроводів сезонної дії (в сільському господарстві), при реконструкції стаціонарного водозабору, а також при заборі води з річок з нестійкими руслами. Одним із варіантів такого водозабору є плаваючий водозабір (рис. 2.7). Надійна робота водозабору багато в чому залежить від його розміщення.

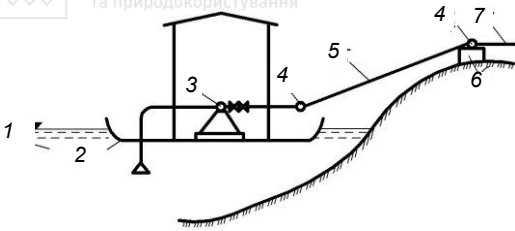


Рис.2.7. **Принципова
схема плавучого водозабору**
1 - русло річки; 2 -
зашвартований та заякорений
понтон; 3 - насос; 4 - шарнірні
з'єднання; 5 - напірний водовід;
6 - берегова опора; 7 -
трубопровід

Місце розташування водозабірної споруди вибирають, як правило, безпосередньо на місцевості, додержуючись таких вимог:

- якомога ближче до водоспоживача;
- вище за течією річки від населеного пункту, можливого випуску стічних вод, лісових бірж, товарно-транспортних баз і складів, гирла притоків і виходів до річки ярів, мостів, порогів;
- у зоні, найзручнішій для організації зон санітарної охорони; на вигнутому 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, жильним рухом наносів і шуги тощо.

В особливих випадках місце розташування водозабору визначають на основі техніко-економічних розрахунків. Вибір місця розташування річкового водозабору проводять з врахуванням топографічних, геологічних, гідрологічних, санітарних, техніко-економічних умов. Принципова схема розміщення водозабору на річці наведена на рис. 2.8.

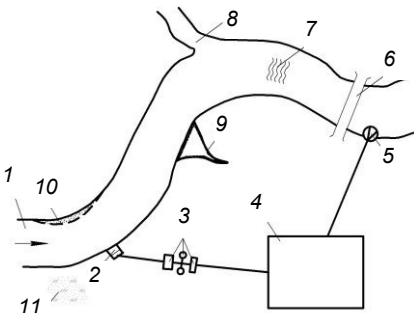


Рис. 2.8. **Принципова схема
розміщення водозабору на річці**
1 - річка; 2 - водозабірні споруди; 3 -
інші водопровідні споруди; 4 - об'єкт
водопостачання (місто) в проектних
межах забудови; 5 - випуск стічних вод;
6 - міст; 7 - порожисті місця; 8 -
притока; 9 - яр; 10 - місця інтенсивного
відкладання наносів; 11 - заболочені
місця.



Водозабір слід розташовувати на стійкому березі, що має при низькому рівні необхідну глибину води в руслі біля берега, а також потрібну мінімальну витрату води. Бажано щоб водозабір був на угнутих плесових ділянках річки з радіусом кривини $R > 4B$ (де B - ширина русла в межень у створі водозабору), причому на річках з слабким шуго-льодовим режимом - в межах середньої третини, а на річках з інтенсивним шуго-льодовим режимом - в межах третьої чверті довжини кривої угнутого берега. Якщо русло річки має розгалуження, водозабір розташовують на головній і стійкій протоці. Перелічені умови не всі в однаковій мірі важливі при виборі місця розташування водозабору. В складних умовах забору води місце водозабірних споруд великої і середньої продуктивності обирають на підставі техніко-економічних розрахунків.

У вибраному створі водозабору обирають місце приймання води водоприймачем. Для забезпечення гарантованого забору розрахункової кількості води у будь-яку пору року її приймання повинно здійснюватись під РНВ, найкраща якість води буде поза зон I, II, III (рис. 2.9).

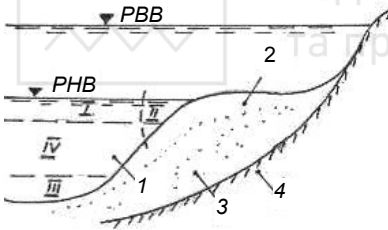


Рис. 2.9. Вибір висотного положення приймання води

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

Розміри цих зон визначаються для конкретних умов проектування (при відсутності даних детальних вишукувань висоту зони I можна орієнтовно приймати $\geq 0,3$ м, а висоту зони III $\geq 0,5$ м). На висотне розташування місця приймання води впливає також позначка МЗР і товщина льодового покриву, а також дані про шари води з інтенсивною концентрацією мальків, біопланктону, внутрішньоводного льоду тощо. Влаштування багатоярусного водозабору дозволяє приймати воду найкращої якості в будь-яку пору року.

Тема 3. Оголовки руслових водозаборів

В господарсько-питному водопостачанні річкові руслові водозабори знайшли більше розповсюдження, ніж берегові.



Водоприймачі руслових водозаборів (оголовки) окрім забирання води з джерела служать для закріплення кінців самопливних та сифонних водоводів. Водоприймачі є найвідповідальнішими елементами водозаборів. Крім загальних вимог до водозаборів, зазначених раніше, конструкція водоприймачів повинна задовільняти таким специфічним вимогам:

- не порушувати суттєво режим річкового потоку і донних наносів, для чого повинна бути обтічною в плані (еліптичною або краплеподібною);
- бути захищеною проти пошкодження якорями суден та плотів, плаваючими предметами, кригою, крупними донними наносами;
- бути доступною для огляду та обслуговування або мати допоміжні засоби для спостереження за їх роботою і станом, а також для промивки водоприймальних поверхонь зворотним током води;
- бути індустріальною, простою у виготовленні та транспортуванні на місце встановлення.

Велику кількість водоприймальних оголовок, що існують в даний час, можна поділити на три основні групи: *затоплені, такі, що затоплюються тільки при РНВ, незатоплювані*. Найбільш поширені затоплені оголовки, які постійно знаходяться під РНВ і нижньою кромкою льодового покриву при МЗР. Вони більш дешеві і менш трудомісткі при будівництві, однак не підлягають огляду і ускладнюють очищення водоприймальних поверхонь.

Незатоплювані оголовки (кріби) постійно доступні для обслуговування і тому є більш надійними в роботі, але достатньо масивні. Виходячи з техніко-економічних умов, вони можуть бути рекомендовані для застосування тільки на великих і відповідальних водозаборах. Затоплювані тільки при РВВ водоприймачі порівняно рідко затосовуються в системах господарсько-питного водопостачання.

В легких природних умовах забору води можуть проектуватись незахищені конструкції оголовок, які являють собою водоприймальні вікна, перекриті сміттєзаримувальними решітками і сполучені з кінцями ліній розтрубними вставками. В більш складних умовах проектують оголовки, захищені від зовнішньої дії бетонними, залізобетонними, стальними оболонками, дерев'яними зрубами, рядом паль.



За характером водоприймальної поверхні водоприймачі можна поділити на дві групи: водоприймачі з вікнами, перекритими сміттєзатримувальними решітками та водоприймачі з водоприймальними поверхнями з поруватого фільтруючого матеріалу (фільтруючі водоприймачі). Затоплені водоприймачі звичайно виготовляють на березі на стапелях, транспортують в плавучому стані до місця встановлення (конструкція типу понтона) і, заповнюючи водою, опускають за допомогою спеціальних вертикальних напрямних на підготовлену на дні основу. Необхідну стійкість при експлуатації досягають заповненням внутрішніх полостей оголовка пісним бетоном (підводним бетонуванням) або іншим баластом. Пазухи котловану навкруги водоприймача засипають піском, гравієм, галькою і укріплюють кам'яним насипом або залізобетонними плитами. Патрубки, виведені з оголовку, з'єднують з кінцями самопливних ліній напівмуфтами з болтовими з'єднаннями або підводним зварюванням за допомогою водолазів. На невеликих річках без лісосплаву і судноплавства у відносно простих природних умовах забору води при продуктивності водозабору $Q \leq 0,2 \text{ м}^3/\text{с}$ використовують розтрубні палеві незахищені водоприймальні оголовки (рис. 3.1).

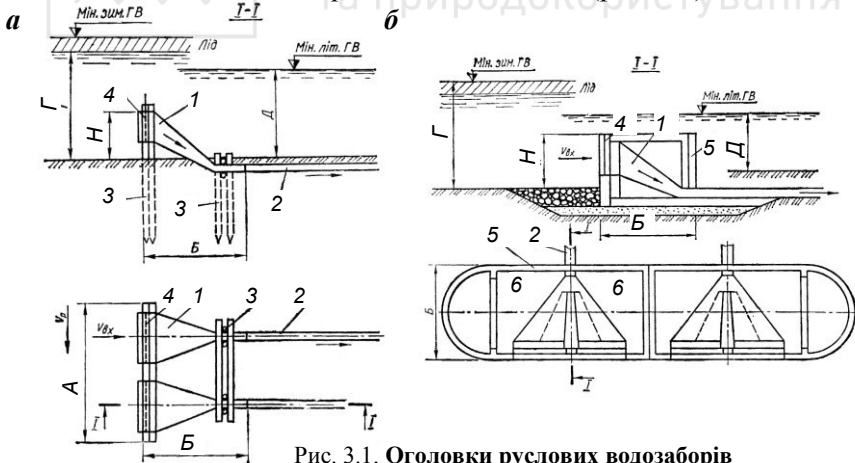


Рис. 3.1. Оголовки руслових водозаборів

а - розтрубні палеві незахищені; 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 лісосплавних річках з легкими або середніми природними умовами забору води при $Q \leq 1 \text{ м}^3/\text{с}$ застосовують залізобетонні розтрубні захищені оголовки (рис.3.1).

На річках з важкими шуго-льодовими умовами для зменшення вхідної швидкості води можна застосовувати водоприймачі з розвиненими водоприймальними частинами, що мають двосторонній вхід. Прикладом такого водоприймача є двосекційний оголовок, який застосовують при продуктивності водозабору $1...3 \text{ м}^3/\text{с}$ (рис. 3.2).

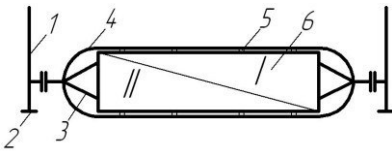


Рис. 3.2. Планова схема залізобетонного двосекційного захищеного оголовка з розвиненою водоприймальною частиною

1 - самопливні водоводи; 2 - заглушки (для можливості очищення ліній); 3 - розтруби; 4 - з/б корпус оголовка; 5 - вікна (панелі) з решітками; 6 - камери-секції.

Збільшення поперечного перерізу камер-секцій до розтрубів забезпечує умови для рівномірного відбирання води по водоприймальному фронту та рівномірної промивки панелей зворотним током води. Розвиненням попередньої схеми є водоприймачі з вихровими камерами, які являють собою розташовані за водоприймальними отворами колектори змінного по довжині поперечного перерізу круглої або прямокутної форми (рис. 3.3).

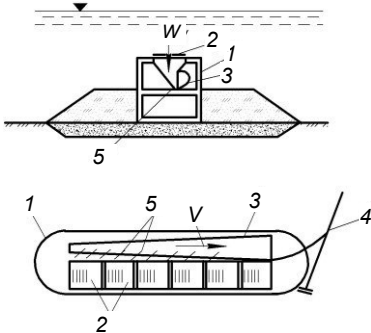


Рис. 3.3. Схема оголовка з вихровою камерою і верхнім прийманням води

1 - корпус оголовка; 2 - вікна (їх може бути до 12) з решітками; 3 - сталевая 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

Приблизна постійність по довжині камери питомих витрат, що надходять в неї, забезпечується при виконанні умови $\varpi \geq 1,15V$, де ϖ - тангенціальна швидкість втікання в площині будь-якого поперечного перерізу камери, V - середня швидкість руху води в цьому перерізі.



При промивці вікон зворотним током води у водоприймачах з великим водоприймальним фронтом краще промиваються найвіддаленіші від самопливної лінії вікна, а при імпульсній промивці - найближчі. Тому для водоприймачів з вихровими камерами найбільш доцільною є комбінована (зворотним током та імпульсна) промивка водоприймальних вікон. Для поліпшення умов промивки водоприймальні отвори оголовків з вихровими камерами обладнують спеціальними конструктивними елементами (струмененапрямними виступами, діафрагмами тощо).

В легких природних умовах забору води для забезпечення рибозахисту на вході у водоприймач може встановлюватись рибозахисний пристрій типу сітчастого барабану (рис.3.4). Сміттєзатримувальні решітки (рис.2.2), що перекривають водоприймальні вікна, частіше всього виготовляють у вигляді металевих рам з вертикальними стержнями круглого або прямокутного перерізу. Вони служать для затримання плаваючих предметів, сміття, водоростів та риби, коли швидкість забору води в 3...4 рази менша за швидкість в річці (якщо ця умова не виконується, то замість решіток встановлюють сітки або фільтри з пористого матеріалу).

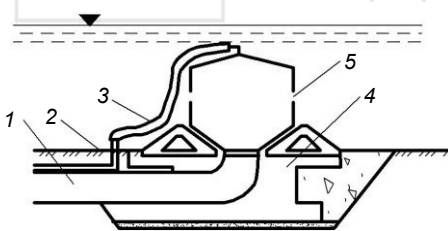


Рис. 3.4. Схема оголовка конструкції гіпрокомунводо-каналу для встановлення сітчастого барабану

1 - самопливні лінії або всмоктувальні лінії насосів I підняття; 2 - трубопровід для подачі промивної води у сітчастий барабан; 3 - гнучкий рукав; 4 - збірний з/б корпус; 5 - сітчастий барабан

На берегових водозаборах встановлюють стаціонарні решітки з механічним очищенням та знімні решітки (рис. 2.2), які для ручного очищення піднімають по напрямних швелерах на службовий балкон. На вікнах затоплених оголовків руслових водозаборів частіше встановлюють стаціонарні решітки, штучне звільнення яких від затриманих ними забруднень при неглибокому розташуванні водоприймальних вікон може здійснюватись з наплавних засобів за допомогою багрів, а при глибокому - за допомогою гідравлічного промивання. Для поліпшення умов



самопромивання решіток в річковому потоці бокові грані їх стержнів, які мають прямокутний переріз, повинні бути зорієнтовані під кутом 120...135 ° до напрямку течії.

Для запобігання обмерзанню внутрішньоводним льодом стержні решіток можуть виготовлятися з гідрофобних матеріалів (ебоніт, каучук, гума) або покриватися ним, прогріватися електричним струмом, парою (на берегових водозаборах), що пропускаються в середині стержнів, та теплою водою, яка скидається перед входом у водоприймач.

Площа водоприймальних вікон, перекритих сміттєзатримувальними решітками, визначається з виразу, м²

$$\sigma_{бр} = 1,25 \cdot k_{см} \cdot \frac{q_c}{V_{ем}}, \quad (3.1)$$

де 1,25 - коефіцієнт, який враховує забруднення решітки; $k_{см}$ - коефіцієнт, який враховує стиснення вікна стержнями решітки і який визначається за співвідношенням $k_{см} = (a + b) / a$, де a - зазор між стержнями (30...100мм, частіше 50мм); b - ширина стержнів (6...12мм); q_c - витрати, що проходять через секцію водоприймача, м³/с; $V_{ем}$ - швидкість втікання у водоприймальні вікна, віднесена до їх перерізу у просвіті, м/с.

Допустима швидкість втікання води у водоприймальні вікна без врахування рибозахисту (при заборі води з джерел, що не мають рибогосподарського значення, а також при влаштуванні перед водоприймачем з решіткою спеціального рибозахисного пристрою) приймається для середніх і важких умов забору води відповідно: для берегових незатоплюваних водоприймачів 0,6...0,2м/с, для затоплених водоприймачів 0,3...0,1м/с. У важких шуго-льодових умовах $V_{ем}$ знижується до 0,06м/с. З врахуванням рибозахисту в річках зі швидкістю течії > 0,4м/с допустима швидкість втікання приймається 0,25м/с, а в річках з швидкістю течії ≤ 0,4м/с і у водоймах – 0,1м/с.

Втрати напору у решітках при нормальному режимі роботи водозабору (коли паралельно діють всі секції) можна прийняти $h_{реш} = 0,03...0,05$ м.

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), яка забирається в кінці камери та V_m , яка приймається 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 $l \leq (6 \dots 10) d_m$. Отримана довжина камери розбивається на окремі панелі з таким розрахунком, щоб водоприймальні отвори, перекриті решітками, за перерізом наближались до квадратних. Площа вхідної щілини камери визначається, виходячи з витрати, яка забирається в камеру, і середньої швидкості в щілині (приймається рівною швидкості у самопливній лінії). В річках та водоймищах рибогосподарського значення, що мають складні шугольодові умови та засміченість води, доцільно використовувати на водозаборах фільтруючі водоприймачі, конструктивним елементом яких є поруватий фільтруючий матеріал у насипному або монолітному вигляді. Такі водоприймачі забезпечують невеликі вхідні швидкості (до 0,03...0,04 м/с), що істотно зменшує захоплення в них включень, які містяться у воді.

Водозабори, в склад яких входять фільтруючі водоприймачі, або які містять фільтруючий матеріал у інших своїх елементах (наприклад в береговому колодязі), називаються *водозаборами фільтруючого типу*. Влаштування фільтруючих водоприймачів в деяких випадках дозволяє відмовитись від встановлення водоочисних сіток у береговому колодязі (що зменшує його розміри і вартість), але є можливим лише при умові забезпечення надійної регенерації фільтруючого матеріалу зворотним током води.

В практиці проектування, будівництва і експлуатації водозаборів використовують п'ять основних типів фільтруючих водоприймачів, які поділяються на дві групи: корпусні та безкорпусні. В корпусних фільтруючих водоприймачах виділяють три основних елементи: несучий каркас у вигляді дерев'яного зрубу або залізобетонного чи металевого корпусу, водоприймальний фільтр з підтримуючими решітками, водозбірний колектор (перфоровані труби, коробки, вихрові камери щілинного типу). В якості фільтруючого матеріалу у водоприймачах використовують кам'яний насип, щебень, гравій, керамзит, гумові та пластмасові кульки, пінополістирол, пористий бетон, пороеласт тощо. Фільтруючі водоприймачі можна поділити на 5 типів.



I тип фільтруючого водоприймача - з горизонтально розташованим фільтром і забиранням води зверху. Такі водоприймачі можуть бути рекомендовані для встановлення у важких шуго-льодових умовах при малих глибинах води під потужним льодовим покривом. Водоприймач з конічною вихровою камерою або колектором постійного перерізу із змінною шириною щілини (рис. 3.5) є прикладом такого водоприймача.

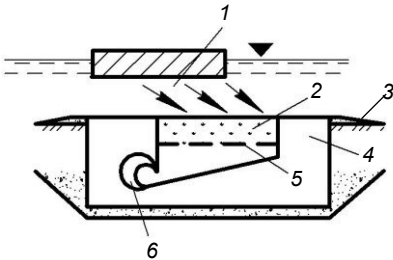


Рис. 3.5. Схема оголовка з конічною вихровою камерою

1 - шар води; 2 - двох- або тришаровий фільтр товщиною 0,6...0,75 м з крупністю часток верхнього (робочого) шару 25...50мм; 3 - вимощення; 4 - корпус; 5 - підтримуюча решітка; 6 - вихрова камера

II тип фільтруючого водоприймача - з горизонтальним фільтром і забиранням води знизу (рис. 3.6) використовується як рибозахисний пристрій на річках та водоймах з достатніми глибинами води в умовах її підвищеного забруднення завислими наносами, водною рослинністю, сміттям.

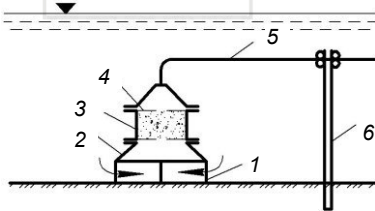


Рис.3.6. Схема трубного фільтруючого оголовка

1 - опірні стійки; 2 - розтруб; 3 - плаваюче фільтруюче завантаження (пінополістирол); 4 - підтримуюча сітка; 5 - самопливна лінія; 6 - пальовий розтверк

III тип фільтруючого водоприймача - з фільтром, розташованим у вертикальній площині - застосовують для рибозахисту та як засіб боротьби із захопленням транзитної шуги. Представником такого типу водоприймачів є дерев'яний зрубний фільтруючий оголовок конструкції Укрводоканалпроекту(рис. 3.7) для водозаборів продуктивністю $Q \leq 1 \text{ м}^3/\text{с}$.

Широке розповсюдження у фільтруючих водоприймачах I, II та III типів знайшли фільтрувальні блоки - *касети*, які являють собою решічасті та сітчасті призматичні оболонки, заповненні насипним фільтруючим матеріалом або жорсткі водонепроникні плити з пакету рейок чи монолітного фільтруючого матеріалу. Товщина насипних

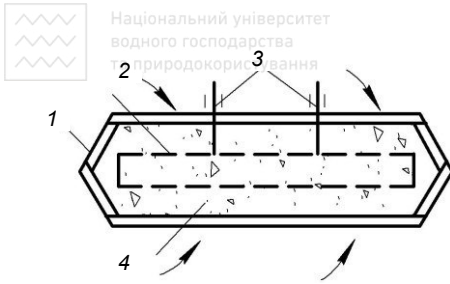


Рис. 3.7. Планова схема дерев'яного зрубового фільтруючого оголовка конструкції Укрводоканалпроекту 1 - дерев'яний зруб; 2 - водозбірний колектор; 3 - самопливні лінії; 4 - фільтруюче завантаження (каміння крупністю 15...20см)

касет приблизно визначається за співвідношенням $t = (3 \dots 5)d_{сер}$, де $d_{сер}$ - середній розмір часток матеріалу ($d_{сер} < 25\text{мм}$). Фільтруючі касети, встановлені в пазах водоприймальних вікон затоплених оголовків, промиваються від затриманих ними забруднень зворотним током води (особливо ефективною є імпульсна промивка). Касети берегових незатоплюваних водоприймачів для очищення піднімаються на службовий балкон колодязя.

IV та V типи фільтруючих водоприймачів відносяться до безкорпусних водоприймачів, різновидом яких є інфільтраційний. *IV тип* - з дренаю або системою дренажів, покладених на постіль і покритих фільтруючим матеріалом. Цей тип водоприймачів може застосовуватись на водоймищах за межами прибіжної зони при незначній міграції наносів. Можливим варіантом такого водоприймача є кам'янонакидна дамба з водозбірним колектором всередині (рис. 3.8), яку доцільно використовувати на водозаборах великої продуктивності.

V тип фільтруючого водоприймача являє собою водопідвідний канал, відокремлений від акваторії джерела фільтруючими дамбами.

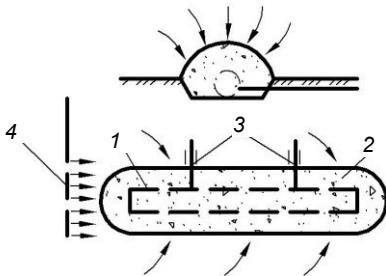


Рис. 3.8. Кам'янонакидна фільтруюча дамба

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

Водоприймачі фільтруючого типу достатньо ефективно роблять у важких шуго-льодових умовах



(особливо при скиданні перед ними теплої води) і, як правило, значно гірше - при великому вмісті наносів у воді джерела (через кольматацію фільтруючого завантаження). Тому при влаштуванні водозаборів на річках, які в зимовий період характеризуються важкими шуго-льодовими умовами, а в повінь - значним вмістом наносів, доцільно використовувати *комбіновані* водоприймачі, тобто водоприймачі, які складаються з різних типів водооприймальних секцій. Один з варіантів такого водоприймача наведений на рис. 3.9.

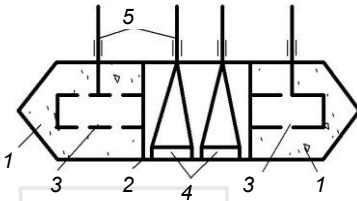


Рис.3.9. **Планова схема комбінованого водоприймача**

1 - фільтруючі водоприймачі; 2 - відкритий оголовок; 3 - водозбірні колектори; 4 - водоприймальні вікна, перекриті сміттєзатримувальними решітками; 5 - самопливні лінії

Різні типи водоприймачів мають робити в різні періоди року: фільтруючі секції - під час шугоходу, а відкритий водоприймач - в решту періоду року.

Розрахунок *площі робочої поверхні водоприймального фільтра*, через яку відбувається фільтрування та яка промивається при регенерації завантаження, проводять за тією самою формулою, що і розрахунок площі вікон, перекритих решітками, в якій швидкість витікання в фільтруюче завантаження приймається менше 0,05...0,1м/с, а коефіцієнт стиснення визначається за залежністю $K_{cm}=1/P$, де P - поруватість фільтруючого матеріалу (для гравію, гальки, каміння – 0,4, для щебеню - 0,5).

При проектуванні фільтруючих водоприймачів визначають *довжину водозбірного колектора, його поперечні розміри, перфорацію його водоприймальної частини*. Довжина колектора приймається відповідно до довжини фільтрувального фронту водоприймача, визначеного виходячи з відомої площі робочої поверхні фільтра та його конструктивних особливостей. Поперечні розміри колектора визначаються за витратами води та швидкістю руху води в ньому. При великій довжині трубчастих колекторів їх діаметр приймається за телескопічною схемою, збільшуючись вбік підключення самопливних ліній. Діаметр круглих отворів в колекторі приймається 1...1,5см, ширина щілини – 0,5...1см.

Матеріал фільтруючого завантаження навкруги водозбірного колектора не повинен бути суфозійним.

Сумарна площа отворів у водоприймальній частині колектору визначається з виразу, m^2

$$\omega = \frac{Q}{\mu \sqrt{2g\Delta H}}, \quad (3.2)$$

де Q - витрати води, що надходять в колектор, m^3/c ; μ - коефіцієнт витрати, який для зрубових оголовоків приймається залежно від ступеню стискання входу у колектор ($\mu = 0,25...0,7$), а для всіх інших типів оголовоків приймається $\mu \approx 0,62$; ΔH – перепад напору на вході в колектор, м.

Відповідно до вищенаведеної формули рівномірне живлення водоприймача по його водоприймальному фронту, тобто надходження однакової питомої витрати по довжині колектору, може бути забезпечене різним ступенем перфорації водозбірного колектора по його довжині (сумарна площа отворів на частині колектора з більшим напором на вході в колектор повинна бути меншою і навпаки). Крім гідравлічних розрахунків при проектуванні оголовоків, як і для інших елементів технологічної схеми водозабору, проводять розрахунки на стійкість та міцність.

Тема 4. Самопливні та сифонні лінії

Самопливні (сифонні) лінії руслових водозаборів відносяться до їх водопровідних пристроїв, призначених транспортувати воду від водоприймальних оголовоків до берегових колодязів.

Самопливні лінії водозаборів влаштовують з сталевих, чавунних, азбестоцементних, залізобетонних труб або у вигляді галерей із збірного залізобетону (рис. 4.1), які можна проектувати при дуже великій витраті ($Q = 5...10 m^3/c$) і лише при техніко-економічному обґрунтуванні доцільності їх використання.

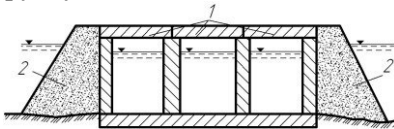


Рис.4.1. Переріз самопливних ліній у вигляді збірних залізобетонних галерей:

- 1 - галереї;
- 2-обсипка камінням.

Сталеві трубопроводи зовні повинні бути покриті антикорозійною ізоляцією із захистом з дерев'яних рейок, а всередині - цементним або іншим покриттям.



Конструктивне рішення самопливних ліній визначається: величиною витрати води, що забирається; топографічними умовами траси (її довжиною, глибиною виїмок, наявністю пересічень із заплавленими озерами, старицями тощо); геологічними і гідрогеологічними умовами по трасі (характер ґрунтів, наявність і потужність потоку ґрунтових вод тощо); ресурсами будівельної організації і прийнятими методами проведення робіт з прокладання ліній.

Сталеві самопливні лінії зварюються на березі і опускаються в підводну траншею, пророблену за допомогою земснаряду. Чавунні, азбестоцементні, залізобетонні водоводи прокладають у відкритому котловані з водовідливанням. При малій довжині траси та великій глибині закладання труб в м'яких породах сталеві самопливні лінії можуть влаштовуватись методом безтраншейного прокладання (горизонтальним бурінням, продавлюванням).

Самопливні лінії прокладають у декілька ниток, кількість яких співпадає з кількістю секцій водозабору, без різких поворотів в плані і у вертикальній площині, які сприяють відкладанню наносів і ускладнюють промивку ліній. Труби від водоприймача до берегового колодязя прокладають горизонтально, з прямим та зворотним похилом. Їх висотне положення визначається висотним положенням водоприймача та граничним висотним положенням ліній при підході до берегового колодязя при умові пропуску заданої витрати води самопливом при РНВ в річці.

Самопливні лінії в річці повинні бути захищені від підмивання річковим потоком та пошкодження якорями суден та плотів. З цією метою їх слід заглиблювати нижче дна (з врахуванням його розмивання) на судноплавних річках на 0,8...1,5м, на несудноплавних - на 0,5м. Якщо дно підлягає розмиву або якщо лінії прокладені на меншій за нормативну глибині, проводять укріплення дна і траншеї, в якій прокладені лінії (рис. 4.2).

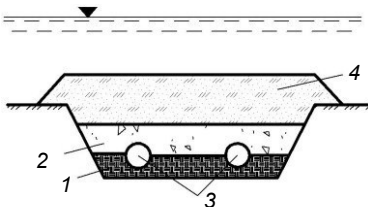


Рис. 4.2. Укріплення дна і траншеї з самопливними лініями

1 - футировка (підкладка) з хмизових фашин, які забезпечують пружність і якісне зчеплення труб з основою; 2 - насип зі щебеню; 3 – самопливні лінії; 4 - насип з каміння або з/б плити

При відсутності розмиву русла насип з каміння може не влаштовуватись. При заляганні в дні річки скельної породи і



транспортуванні річкою значної кількості донних наносів і каміння самопливні лінії захищаються з/б блоками (рис.4.3).

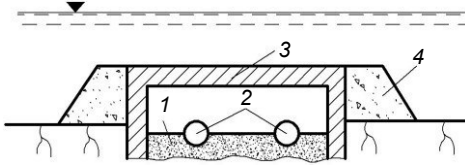


Рис. 4.3. Захист ліній залізобетонними блоками
1 - піщана подушка; 2 – самопливні лінії; 3 - з/б блок; 4 - насип з каміння

При неглибокому прокладанні самопливних ліній, особливо в зоні інтенсивної дії хвиль, стійкість труб можна підвищувати їх кріпленням до дна металевими анкерами або встановленням спеціальних баластних вантажів.

Гідравлічними розрахунками встановлюють діаметр самопливних ліній та втрати напору в них. Діаметр ліній визначають виходячи з пропуску ними розрахункових витрат секцій q_c (нормальний режим роботи водозабору) зі швидкістю $V_{c.в.}$, яка приймається залежно від категорії надійності водозабору та діаметра труб і знаходиться в межах $0,7...2$ м/с ($D_{c.в.} = 1,13 \sqrt{\frac{q_c}{V_{c.в.}}}$). Ця швидкість повинна забезпечувати незамулення ліній при розрахунковій мінімальній швидкості в річці, тобто повинна виконуватись умова $V_{c.в.} \geq V_{p.min}$.

Для зменшення відкладень наносів у лініях в повільні ними пропускають збільшені витрати води $q_{c,o}$ (особливий режим роботи водозабору), які для водозаборів I категорії становлять $\frac{Q}{n-1}$, а для водозаборів II та III категорій - $\frac{0,7Q}{n-1}$, де Q - продуктивність водозабору, n - кількість секцій водозабору. При цьому швидкість у лінії повинна задовольняти умові $V_{c.в.} \geq V_{p.max}$.

Особливий режим роботи водозабору встановлюють шляхом виключення з роботи однієї секції. Втрати напору у лініях визначають за відомими формулами гідравліки для нормального та особливого режимів роботи водозабору. При цьому враховують наявність всіх місцевих опорів на шляху руху води.

При цьому враховують наявність всіх місцевих опорів на шляху руху води.

При цьому враховують наявність всіх місцевих опорів на шляху руху води.



Основним способом звільнення внутрішнього перерізу самопливних ліній від наносів є гідравлічний, який має декілька варіантів. З ліній водозаборів достатньо великої продуктивності наноси можуть видалятися *прямим током* шляхом збільшення швидкостей в трубах.

Для водозаборів невеликої продуктивності і водозаборів, які роблять в легких природних умовах джерела, достатньо ефективним засобом очищення самопливних ліній від наносів є *зворотна промивка* напірною водою, що подається від насосної станції I підняття (рис.4.4), при якій наноси видаляються у водне джерело.

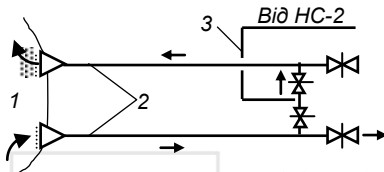


Рис. 4.4. Схема гідравлічної промивки лінії зворотним током напірної води

1 - водне джерело; 2 - самопливні лінії;
3 - трубопроводи для підведення промивної води від НС-II;

Однак через значне перевищення площі водоприймальних вікон водозабору, перекритих решітками та фільтрами, над площею перерізу ліній, очищення перших зворотним током не завжди дає необхідний ефект. Для ефективного очищення сміттєзатримувальних засобів на водоприймальних вікнах застосовують *імпульсну промивку*. При такій промивці створюється змінна за напрямком дії хвиля тиску, яка розщільнює затримані решіткою забруднення і полегшує їх наступне змивання в джерело. Імпульсну промивку, як правило, доповнює промивка зворотним током води.

При похилі самопливної лінії в бік джерела імпульсну промивку можна проводити за схемою, наведеною на рис.4.5. За цією схемою при закритій засувці на кінці самопливної лінії штучно підвищують рівень в секції берегового колодязя (воду подають по спеціальному трубопроводу від НС-I), досягаючи початкового перепаду рівнів в колодязі і джерелі ΔZ . Потім відкривають засувку на водоводі і вода з великою швидкістю починає рухатись в напрямку водоприймача, розщільнює та відштовхує від решітки затримані нею забруднення. Рівень води в колодязі здійснює поступово затухаючі коливання навколо рівня в джерелі, а рух води у лінії при цьому змінює свій напрямок. В разі необхідності цикл промивки повторюють декілька разів і потім здійснюють промивку лінії зворотним током води.

Ефект імпульсної промивки досягається при певній величині (як правило $\Delta Z \geq 5$ м), яка забезпечує необхідну для розщільнення та видалення від решітки забруднень швидкість промивного потоку і витрату ($q_{пр} = \mu \cdot \omega \sqrt{2g \cdot \Delta \cdot Z}$, де μ - коефіцієнт витрати, ω - площа перерізу водоприймальних вікон).

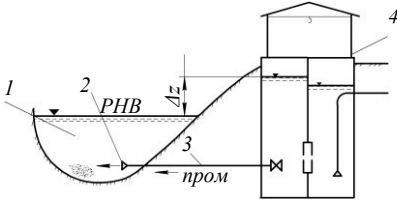


Рис. 4.5. Схема проведення імпульсної промивки при русі першої хвилі в напрямку джерела

1 - водне джерело; 2 - оголовок; 3 - самопливна лінія; 4 - береговий сітковий колодезь

При похилі самопливних ліній від берегового колодезя використання енергії першої хвилі води для змиву наносів з ліній може проводитись при РВВ в джерелі за схемою, наведеною на рис. 4.6.

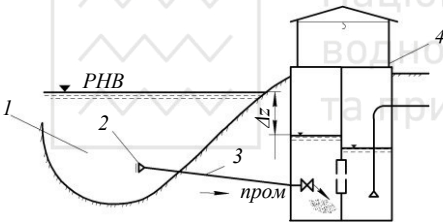


Рис. 4.6. Схема проведення імпульсної промивки при русі першої хвилі в напрямку берегового колодезя

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

Початковий перепад рівнів ΔZ досягається штучним зниженням рівнів в колодезі при закритій засувці на кінці самопливної лінії, яку для проведення промивки потім відкривають.

Для проведення імпульсної промивки на кінці самопливних ліній може встановлюватись спеціальна вакуум-колона, рівень в якій піднімається при створенні в ній вакууму за допомогою вакуум-насосів. Для руху води в колоні зривається вакуум відкриттям спеціального вентиля. При цьому рівень води в вакуум-колоні починає коливатись навколо рівня в джерелі, а амплітуда коливань поступово затухає. При влаштуванні імпульсної промивки практично важливим є визначення величини максимальної швидкості руху води в самопливній лінії V_{max} та величини найбільшого занурення рівня води у вакуум-колоні під рівень в джерелі Z_{min} (рис. 4.7).

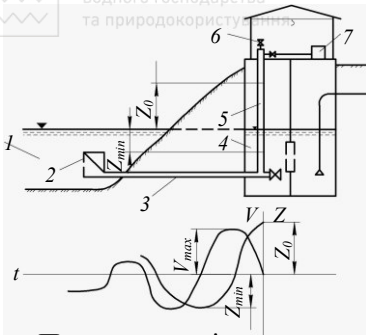


Рис. 4.7. Обладнання водозабору вакуум-колонами і графіки коливання в часі швидкості руху води у лінії та рівня у вакуум-колоні:

1 - водне джерело; 2 - водоприймач; 3 - самопливна лінія; 4 - БВСК; 5 - вакуум-колона; 6 - вентиль для зриву вакууму; 7 - вакуум-насос

При наявності замулення і корозійних відкладень на внутрішніх стінках самопливних ліній великих діаметрів, які не відмиваються при зворотній та імпульсній промивці, можуть вдаватися до *гідропневматичної промивки* ліній, яка здійснюється подачею стиснутого повітря у промивний водний потік у лінії (співвідношення 8...30).

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

Сифонні лінії (рис.4.8) допускається проектувати на руслових водозаборах II та III категорії надійності.

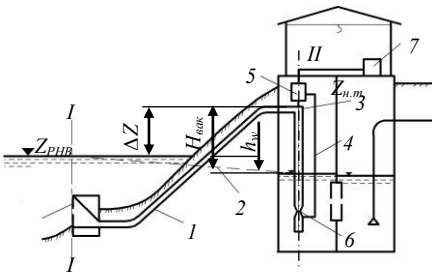
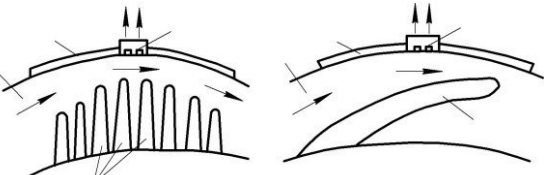


Рис. 4.8. Схема сифонної лінії руслового водозабору:

1 - висхідна гілка сифону; 2 - п'єзометрична лінія на шляху руху води в сифонній лінії; 3 - найвища точка сифону; 4 - низхідна гілка сифону; 5 - повітрязбірник; 6 - вставка Вентурі

Їх влаштування може умовах (при складанні без пісків-пливунів), коли утрудненим або економії герметичності сифонні лінії проектується з системою труб, які прокладають з безперервним підняттям з похилом $i \geq 0,001$ до





найвищої точки сифону, де відбувається збір та видалення повітря. В межах надводної частини берега сифонні лінії повинні бути заглиблені в ґрунт на глибину його промерзання.

Відсмоктування повітря для зарядки сифону проводиться вакуум-насосом. Для того щоб разом з повітрям у вакуум-насос не потрапила вода, в найвищій точці сифону встановлюють повітрязбірник. Повітря, що виділяється з води в процесі роботи сифону, надходить в повітрязбірник і видаляється з нього по трубці, яка з'єднує повітрязбірник з вставкою Вентурі за рахунок різниці тисків у заповненому повітрязбірнику та вставці в низхідній частині сифону. На сифонних лініях, як і на самопливних, при необхідності відокремлення під час ремонту та огляду секції колодязя від джерела при РНВ в ньому (якщо позначка РНВ вища за позначку найвищої точки сифону) та при промивці сифонних ліній зворотним током води встановлюють засувки. Імпульсну промивку сифонних ліній проводять шляхом зриву вакууму в них.

Розрахунок діаметру сифонних ліній та втрат напору в них проводять так само як й для самопливних ліній.

При влаштуванні сифонної лінії необхідно перевірити її працездатність при прийнятому висотному розташуванні. Для нормальної роботи сифону необхідно, щоб вакуум в його найвищій точці не перевищував допустимої величини для даної місцевості, тобто повинна виконуватись умова $H_{\text{вак.н.т.}} \leq H_{\text{вак.дон.}}$. Вакуум в найвищій точці сифону визначається за формулою, м

$$H_{\text{вак}} = \Delta Z + \frac{V^2}{2g} + h_w = \Delta Z + (1 + \sum \xi) \frac{V^2}{2g}, \quad (4.1)$$

де ΔZ - різниця позначок найвищої точки сифону та РНВ, м; V - швидкість у лінії ($\frac{V^2}{2g}$ - швидкісний напір). м/с; h_w - втрати напору

на шляху руху води від входу у водоприймач до найвищої точки сифону, м; $\sum \xi$ - сума коефіцієнтів місцевих опорів на шляху руху води від входу у водоприймач до найвищої точки сифону.

Допустимий вакуум в даній місцевості визначається за формулою, м

$$H_{\text{вак.дон}} = 0,86H_a - 0,91H_s, \quad (4.2)$$



де H_a - висота стовпа води, що відповідає можливому атмосферному тиску в місці сифону (визначається за довідковими даними залежно від висоти розташування сифону над рівнем моря), м; H_s - напір, що відповідає порційному тиску насиченої пари (залежить від температури), м.

Допустимий вакуум в сифоні при температурі води $t < 25^{\circ}\text{C}$ орієнтовно приймається 6...7 м.

Тема 5. Берегові споруди водозаборів

Конструктивні особливості водоприймально-сіткових колодязів залежать від типу та компонування водозабору, способу спорудження, природних умов забору води. В них відбувається осадження піщаних фракцій наносів та затримання на сітках крупних завислих часток та сміття, що пройшли через решітки водоприймальних вікон. Колодязі обладнують: пристроями для видалення осаду (гідроелеваторами, що працюють за принципом водоструменевих насосів, або всмоктувальними лініями піщових насосів, розташованих в НС-І) та виміру рівнів води. На основних (самопливних, сифонних, всмоктувальних та допоміжних (промивних, перепускних тощо) лініях встановлюють запірну арматуру - засувки та дискові затвори. Для перекриття водоприймальних вікон з середини колодязів передбачають щитові затвори, а для спуску обслуговуючого персоналу в колодязь - драбини.

Водоприймально-сіткові колодязі споруджують у відкритому котловані з водовідливом, опускним способом, способом “стіна в ґрунті”. Матеріалом виготовлення колодязів частіше всього є залізобетон (рідше – бетон). Форма в плані колодязів залежить від способу їх спорудження, ґрунту основи, місця розташування, продуктивності водозабору, прийнятої кількості секцій, розмірів обладнання. У відкритому котловані можуть споруджуватись колодязі будь-якої форми в плані, а опускним способом, як правило, - круглої форми. Колодязі, висунуті в русло річки, повинні мати обтічну - круглу або овальну (при значній кількості секцій, великій продуктивності, широких водоприймальних вікнах) форму в плані. На скельному ґрунті влаштовують прямокутні в плані колодязі. При суміщеному компонуванні водозабору берегові колодязі можуть мати складну форму в плані.

В поздовжньому за рухом води напрямку водоприймально-

сіткові колодязі ділять перегородками на відсіки, відповідно, до прийнятої кількості секцій водозабору, а в поперечному - на приймальне (до сітки) та всмоктувальне. При суміщеному компонуванні водозабору додається поперечна перегородка, яка відділяє приміщення насосної станції I підняття. Над колодязем споруджують наземний службовий павільйон для управління роботою водозабору.

Принципові конструктивні рішення берегових водоприймально-сіткових колодязів наведені на рис. 5.1, 5.2.

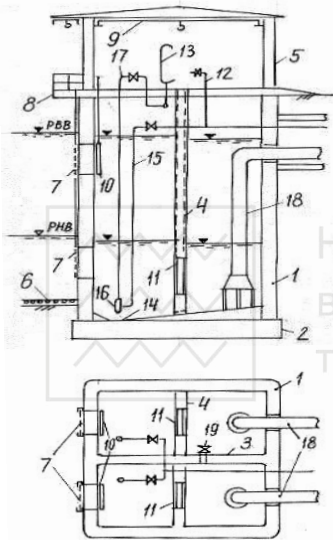


Рис. 5.1. **Береговий водоприймально-сітковий колодязь роздільного типу:**

1 - стінки колодязя; 2 - з/б днище; 3 - поздовжня перегородка; 4 - поперечна перегородка; 5 - стінки службового павільйону; 6 - кріплення дна біля колодязя; 7 - водоприймальні вікна; 8 - службовий балкон; 9 - підйомне обладнання; 10 - щитові затвори для перекриття водоприймальних вікон певного ярусу; 11 - перепускні вікна в поперечній перегородці колодязя з пазами для встановлення плоских знімних сіток; 12 - трубопровід для промивання сіток; 13 - екран-ванна для встановлення сіток на промивання; 14 - прямок для накопичення осаду; 15 - труба для підведення води до гідроелеватора; 16 - всмоктувальний циліндр гідроелеватора; 17 - трубопровід відведення пульпи; 18 - всмоктувальні лінії НС-I; 19 - перепускна засувка.

Принципове конструктивне рішення водоприймально-сіткового колодязя руслового водозабору наведене на рис. 5.3.

Планові розміри водоприймально-сіткових колодязів залежать від прийнятої кількості секцій, наявності та розмірів водоприймальних вікон, перекритих решітками та затворами, водоочисних сіток, діаметру всмоктувальних ліній НС-I та іншого обладнання. Планові розміри колодязів ув'язують з розмірами службового павільйону, в який можуть включатись допоміжні приміщення (битовки, майстерні, санвузли, трансформаторні), та з розмірами будівельних конструкцій. Висотні габарити колодязя (від підлоги службового павільйону до дна колодязя) повинні забезпечувати нормальне заглиблення кінцівок 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 приймається 2...3.

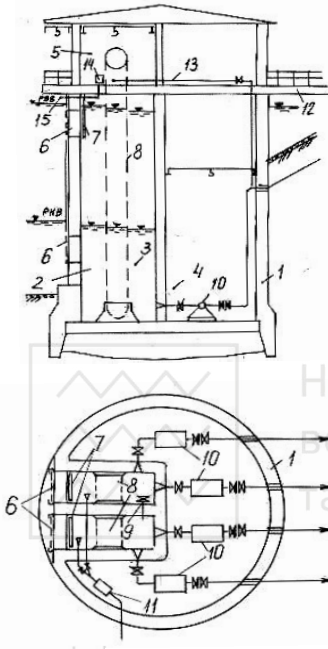


Рис. 5.2. **Береговий водоприймально-сітковий колодязь суміщеного типу:**

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 подачі води на промивання сіток; 14 - відбивач промивного струменя; 15 - трубопровід для відведення промивної води

Для підвищення надійності роздільного водозабору і зручності його експлуатації всмоктувальні лінії до насосної станції можуть прокладатись всередині залізобетонних галерей з люками. Для зменшення розмірів насосної станції обладнання напірних

трубопроводів (засувки, зворотні клапани, водоміри) можуть виноситись за її межі в спеціальну камеру переключення. Камеру переключення влаштовують на відстані 5...15 м від будинків НС-I у вигляді водонепроникних колодязів, верх яких виводиться на 0,5...1 м вище за РВВ в річці 1%-ної забезпеченості.

Нагнітальні лінії від НС-I до камери переключення влаштовують, як і всмоктувальні лінії, із сталевих труб і прокладають в галереях. Самопливні, всмоктувальні і нагнітальні лінії вводять в споруди через сальники. В службових павільйонах над колодязями встановлюють підйомне обладнання (мостові крани, кран-балки, талі), колонки керування запірною арматурою, пристрої для промивання водоочисних сіток. В насосних станціях I підняття крім основного встановлюють допоміжне насосне



обладнання: вакуум-насоси (для заливання основних насосів при додатній висоті 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.

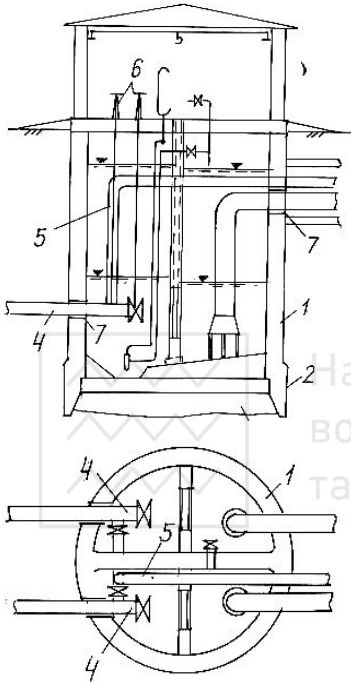


Рис. 5.3. Водоприймально-сітковий колодязь руслового водозабору роздільного типу:

1 - стінки колодязя; 2 - ножева частина колодязя; 3 - бетонна подушка; 4 - кінцівки самопливних ліній з засувками; 5 - трубопровід для подачі промивної води у самопливні лінії; 6 - колонки керування засувками; 7 - сальник

Висота службового павільйону визначається з врахуванням розміщення і типу підйомно-транспортного обладнання. Схема до визначення висоти службового павільйону наведена на рис.5.4. де h_1 - висота монорейки кранбалки з урахуванням конструкції підвіски його до перекриття; h_2 - мінімальна висота від гака до монорейки; h_3 - висота строповки вантажу ($h_3=0.5 \dots 1$ м); h_4 - висота вантажу; h'_1 - висота крана над головою підкранової

рейки; h'_2 - мінімальна висота від головки підкранової рейки до гака.

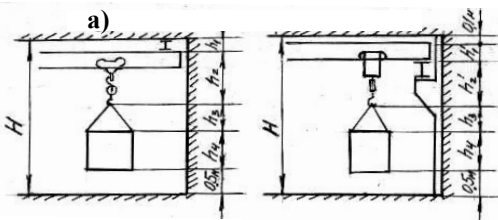


Рис. 5.4. Схема до визначення висоти службового павільйону при його обладнанні підвісною кран-балкою (а) та мостовим краном (б)

Для захисту берегових споруд водозабору від підмиву течією та хвилюванням водних мас біля водозабору передбачають укріплення берегу. Протяжність берегоукріплення в обидва боки від створу споруд становить 50...100м, а у випадку розташування водозабору на угнутому березі, складеному ґрунтами, що легко розмиваються, в напрямку проти течії - до місця переходу угнутого берега у випуклий. Сплановані укуси берегів в цьому місці мостять камінням крупністю 20...25см в один або два шари по щелевій підготовці з влаштуванням біля підніжжя укусу кам'яної призми для надання кріпленню стійкості. В місцях можливого підмиву насипки її 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 обдернування.

Водоочисні сітки. В системах господарсько-питного водопостачання на таких сітках проводять попереднє механічне очищення води, що знижує навантаження на водопровідні очисні споруди а також підвищує експлуатаційну надійність насосів І підняття. В системах виробничого водопостачання на цих сітках, у ряді випадків, 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 ступеню забруднення води та вимог споживачів. На водозаборах переважно використовують два типи водоочисних сіток: знімні та обертові.

Плоскі знімні сітки (рис. 2.2) застосовують на водозаборах продуктивністю $Q < 1...1,5 \text{ м}^3/\text{с}$ в легких природних умовах забору води. При досягненні критичних втрат напору на забрудненій сітці (20...25см) її піднімають в службовий павільйон, де в екран-ванні очищують напірними струменями води (в цей час вікно у поперечній перегородці перекриває друга сітка, опущена по дублюючих пазах). Для підвищення брудовитягувальної спроможності і запобігання сповзання з сіток, що піднімаються, затриманих забруднень на них можуть встановлюватись жолоби - сміттеуловлювачі.

Стрічкові обертові сітки (рис. 5.5) мають більшу за знімні брудовитягувальну спроможність і рекомендуються для встановлення в умовах більшого забруднення води джерела та при $Q > 1 \text{ м}^3/\text{с}$.

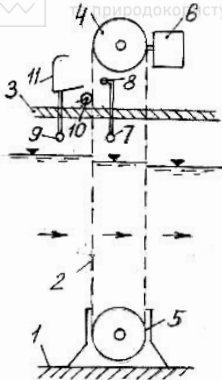


Рис.5.5. Схема стрічкової обертової сітки

1 - дно берегового сіткового колодезя; 2 - сітчасте полотно (розмір вічок 0,5...5мм); 3 - підлога службового павільйону; 4, 5 – зірочки, відповідно ведучого та відомого барабанів; 6 - електродвигун; 7 - трубопровід подачі промивної води; 8 - промивна перфорована труба; 9 - трубопровід для відведення промивної води; 10 - обертова капронова щітка; 11 - відбивач промивних струменів.

Ведучий барабан, що обертається від електродвигуна, рухає безперервне сітчасте полотно, забруднена частина якого вище рівня води у колодезії потрапляє під дію напірних струменів. Швидкість руху полотна знаходиться в межах 0,04...0,1м/с і може регулюватись залежно від втрат напору в сітці (граничне значення втрат напору становить 30...35см). При відносно чистій воді рух сітки може бути періодичним.

Є декілька типів стрічкових обертових сіток, що відрізняються схемою підведення до них вихідної (забрудненої) і відведення від них очищеної води (рис.5.6).

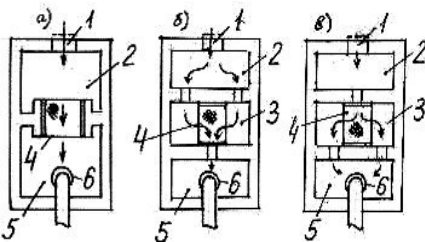


Рис.5.6. Типи стрічкових обертових сіток за схемами підведення

1 - водоприймальне вікно; 2 - приймальне відділення; 3 - сіткове відділення; 4 - сітка; 5 - всмоктувальне відділення; 6 - всмоктувальні лінії;
а) сітка з лобовим підведенням води;
б) сітка з зовнішнім підведенням та внутрішнім відведенням води;
в) сітка з внутрішнім підведенням і зовнішнім відведенням води

Порівняльна характеристика роботи стрічкових обертових сіток різних типів наведена в таблиці 5.1.

Гідравлічними розрахунками визначають площу вікон в поперечній перегородці берегових колодезів, перекритих плоскими знімними сітками, і площу зануреної під нижній рівень у колодезії частину полотна стрічкових обертових сіток, а також втрати напору в сітках.



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.



Площа потоку, перекритого сіткою, визначається за формулою (3.1), але коефіцієнт стиснення отвору вікна сіткою визначається за

співвідношенням $K_{cm} = \left(\frac{a+b}{a}\right)^2$, де a - розмір вічка сітки в світу,

мм; b - діаметр дроту, з якого сплетена сітка, мм; V - швидкість у вічках сітки (для знімних сіток – 0.2...0.4м/с, для стрічкових – 0.8...1.2м/с).

Втрати напору в сітках визначаються за формулою, м

$$h = \xi \frac{v^2}{2g}, \quad (5.1)$$

де ξ - коефіцієнт гідравлічного опору сітки квадратного плетіння, який знаходиться зі співвідношення

$$\xi = \frac{92 - \frac{78}{K_{cm}}}{Re_a} + 0,7 \left(1,05 - \frac{1}{K_{cm}} \right), \quad (5.2)$$

де $Re_a = \frac{V \cdot a}{\nu}$ (ν - кінематична в'язкість, $\nu \approx 1.0 \cdot 10^{-6}$ м²/с).

Витрати води на промивку сіток становлять приблизно 2...5% від витрати, що проходить через них при нормальному режимі роботи водозабору.

Тема 6. Забирання води в ускладнених і специфічних умовах

Забір води при недостатній глибині в річці. Мала глибина річки в місці розташування річкових водозабірних споруд може бути зумовлена потужністю річки і особливістю формування її русла (осередковий тип формування русла, який характеризується виникненням в межах острівних млінів в руслі) при великій амплітуді витрат води; наявністю довгої переكاتної ділянки; необхідністю розташування водоприймальних пристроїв на несудноплавній частині русла (за вимогою управління річкового судноплавства); значною товщиною льоду і промерзанням русла взимку та пересиханням русла влітку. При використанні річок з недостатньою при РНВ глибиною для централізованого водопостачання враховують техніко-економічні і санітарні умови



застосування різних технологічних схем водозаборів. Якщо дно річки складено ґрунтом з достатньо високими фільтраційними властивостями в умовах малих глибин можуть застосовуватись інфільтраційні підруслові водозабори.

При невеликому дефіциті глибин в технологічних схемах руслових водозаборів можуть використовуватись водоприймальні оголовки малої висоти (наприклад, трубчастий розтрубний, бетонний напівзаглиблений в дно річки тощо). При використанні в аналогічних умовах берегових водозаборів можуть проводитись заходи щодо місцевого незначного підняття рівня води: спорудження напівзагат або напрямних дамб (рис. 6.1), які сприяють стисненню річкового потоку біля водоприймальних вікон водозабору та збільшують швидкість течії і місцевий розмив дна. Напівзагати та дамби можуть бути земляні, з кам'яної накидки, пальові, фашинні. Для запобігання розмиву берега при збільшенні швидкостей біля водозабору необхідно передбачати укріплення берега бетонним плитами або кам'яним мощенням.

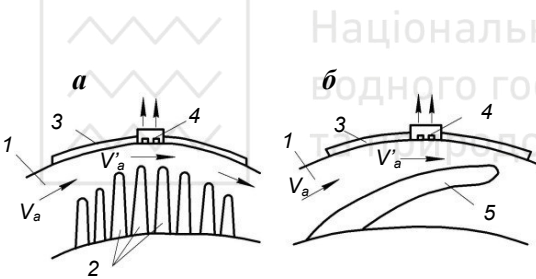


Рис. 6.1. Використання напівзагат (а) та струмененапрямної дамби (б) для місцевого підвищення рівня води біля берегового водозабору 1 - русло річки; 2 - напівзагати; 3 - берегове укріплення; 4 - водоприймач; 5 - струмененапрямна дамба.

При більшому дефіциті глибин в деяких випадках проектують ковшові водозабори або вдаються до місцевого днозаглиблення, відриваючи прорізи (підводні канали) в дні навкруги водоприймача (рис.6.2). Для підтримання глибин в прорізах біля водоприймачів можливе встановлення в них спеціальних струмененапрямних пристроїв, які утворюють в річковому потоці поперечну циркуляцію, що сприяє транзитному руху наносів або відведенню їх від водоприймача. Такими пристроями є донні напрямні, що

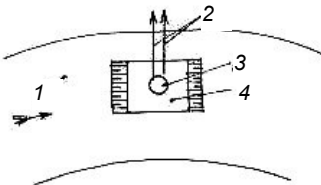


Рис.6.2. Використання прорізу для збільшення глибини біля водоприймача 1 - русло річки; 2 - самопливні (сифонні) лінії; 3 - водоприймальний оголовок; 4 - поздовжній проріз



захищають водоприймач від донних наносів, або плавуча поверхнева напрямна система у вигляді ряду щитів-понтонів, скріплених один з одним.

Ковші (рис. 6.3) утворюють врізанням у берег, тобто копанням ями або будівництвом відокремлювальних дамб.

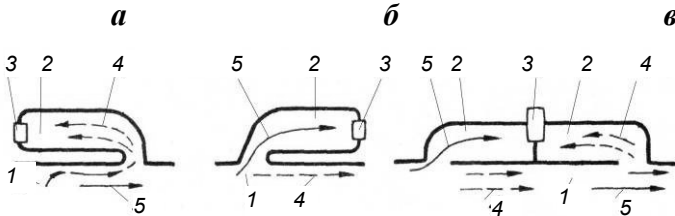


Рис. 6.3. Водозабірні ковші

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

Ковшові водозабори поруч з пригребельними водозаборами відносять до *активних* водозаборів, які незначно змінюють побутовий режим річкового потоку і не приводить до порушення існуючого водовикористання. Ковшові водозабори використовують для боротьби з шуго-льодовими явищами при великій і середній продуктивності водозабору (частіше $Q > 10 \text{ м}^3/\text{с}$); часткового прояснення води (таке використання водоприймальних ковшів є особливо ефективним при заборі води з каламутністю більшою 1000 мг/л при наявності твердих часток з гідравлічною крупністю більшою за $0,05 \text{ м/с}$); збільшення глибини і поліпшення умов підведення води з русла до водоприймальної споруди.

Ковші з низовим входом використовуються для затримання шуги (із річки заходять в більший мірі низові потоки), з верховим - при великій кількості наносів (із річки заходять в більший мірі верхові потоки), двобічні - при великій кількості шуги в один період року і при великій концентрації наносів в іншій період.

Затримання шуги і наносів в ковші відбувається завдяки тому, що в ньому забезпечується швидкість руху води в декілька разів менша, ніж в річці в період шугоходу або в повінь ($v_k \leq 0,05 \text{ м/с}$). Акваторія водоприймальних ковшів повинна мати довжину і швидкість течії, що забезпечують осідання зависі або спливання до поверхні всіх кристалів льодяної зависі з гідравлічною крупністю $u > 0,015 \dots 0,02 \text{ м/с}$ і замерзання їх до льодового покриву, який утворюється раніше за часом, ніж в річці. Звільненню води, що



забирається, від шуги сприяє і втрачання водою переохолодження при підтриманні постійної нульової температури на нижній кромці льоду. В річках з особливо важкими шуго-льодовими умовами на ковшових водозаборах необхідно застосовувати додаткові заходи для боротьби з шугою (обігрів решіток або скидання на вході в ківш теплої води).

Для розміщення водоприймальних ковшів слід обирати плеси малої кривизни з $R \geq (4...5) B$ і великої довжини, а місце водозбору в межах третьої чверті довжини плеса, рахуючи вниз за течією. При наявності на ділянці річки протоків, на річках малих та середніх за водністю ковші краще розміщувати нижче злиття протоків або в протоці з забезпеченим мінімальним стоком. На великих річках з інтенсивним шугозажорним режимом бажано використовувати обхідні протоки.

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 з кутом відведення $\varphi = 135...150^\circ$ (рис. 6.4), які не стискають русло річки і не порушують гідралічний режим в ній.

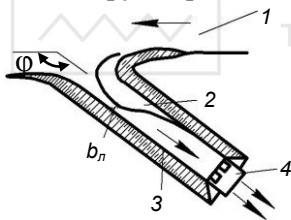


Рис. 6.4. Заглиблений в берег водоприймальний ківш з низовим входом

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 шугозажор на вході в нього. При компонуванні споруд ковша необхідно внутрішнім поверхням надавати сприятливих обрисів, що забезпечують зменшення довжини і ширини коловороту та збільшення ширини транзитного струменя в ковші. Один з варіантів рішення цієї проблеми може полягати у влаштуванні напрямних залізобетонних бичків на вході в ківш.

Якщо допускається стиснення русла дамбами на річках з шугозажорами та важким льодоходом застосовують водоприймальні ковші, частково або повністю висунуті в русло з незатоплюваними в повінь дамбами. На річках, які не допускають



стиснення руслу в період повені, верхова дамба ковша влаштовується затоплюваною в повінь.

Водоприймальні ковші з верховим входом (рис. 6.3) використовують як первинні відстійники на водозаборах та для збільшення глибини перед водоприймачем. Для зменшення експлуатаційних витрат, пов'язаних з необхідністю очищення дна ковша від наносів, застосовують водоприймальні ковші з самопромивним входом (рис. 6.5). При заборі води в ківш з каламутних річок переважна кількість наносів осаджується в його початковій ділянці. В повінь, коли рівень в річці піднімається через цей гребінь, потік води відбивається від тіла низової дамби і утворює коловорот, в результаті чого наноси виносяться в зону транзитної течії в річці.

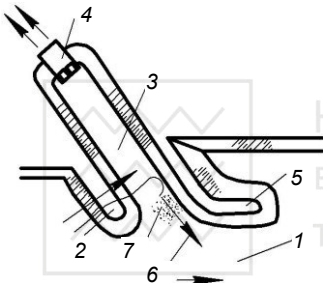


Рис. 6.5. Частково висунутий в русло ківш з самопромивним входом

1 - русло річки; 2 - верхова затоплювана в повінь дамба (позначка її гребеня відповідає позначці шугоходу 25% забезпеченості); 3 - акваторія ковша; 4 - водоприймач; 5 - низова не затоплювана дамба; 6 - траєкторія току води, що промиває в повінь вхід в ківш; 7 - наноси, осаджені на вході в ківш

Дамби такого ковша відсипають з ґрунту, виїнятого при влаштуванні виїмочної частини ковша. Гребінь верхової дамби, що затоплюється, а також внутрішній укіс низової дамби захищаються блочними залізобетонними плитами і укріплюється залізничними рейками, укладеними через 1,5м.

Гідравлічні розрахунки водоприймальних ковшів проводять при прийнятій середній швидкості руху води V_{κ} , яка повинна бути менше першої критеріальної швидкості $V_{\kappa-1}=0,5\text{м/с}$, що відповідає нижній границі шугоносності потоку ($V_{\kappa} \leq 0,6V_{\kappa-1}$). Приймається $V_{\kappa}=0,05...0,3\text{м/с}$. Гідравлічними розрахунками ковшів визначаються граничний водовідбір в них, їх основні розміри (довжина L , ширина по дну B_{δ}), позначка дна $Z_{\delta, \kappa}$, ширина початкової ділянки транзитного струменя b_n .

Граничний відбір води в ківш при розташуванні його дна на 1...2 м нижче дна річки може складати 50...60% мінімальної витрати в



річці ($Q_{\epsilon} = (0,5 \dots 0,6) Q_{p.min}$). Але в період шугоходу (при рівні 25% забезпеченості) цей відбір знижується і визначається за формулою

$$\frac{Q_{\epsilon}}{Q_{p.ш}} = 1 - 4 \frac{Q_{ш}}{Q_{p.ш}}, \quad (6.1)$$

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

Позначка дна ковша визначається виходячи з умови забезпечення необхідної глибини в ковші перед водоприймальним вікном при МЗР, м

$$Z_{\delta.к} = Z_{МЗР} - h_{л.к} - 0,3 - H_p - h_n, \quad (6.2)$$

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

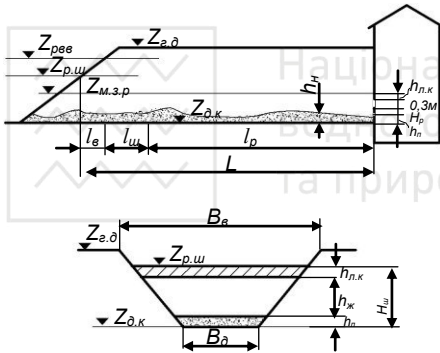


Рис. 6.6 . Схема до розрахунку водоприймального ковша

Ширина ковша по дну визначається за формулою, м

$$B_{\delta} = \frac{Q_{\epsilon}}{h_{ж} \cdot v_k} - m(2h_n + h_{ж}) = \frac{Q_{\epsilon}}{\left(Z_{p.ш} - Z_{\delta.к} - h_{л.к} - h_n \right) \cdot v_k} - m \left(2h_n + Z_{p.ш} - Z_{\delta.к} - h_{л.к} - h_n \right), \quad (6.3)$$

де $Z_{p.ш}$ - позначка шугоходу, м; h_n - прийнята товщина шару наносів в ковші перед його очищенням, м; m - закладання укосів ковша.

Ширина ковша по урізу води при шугоході визначається за формулою, м



$$B_g = B_o + 2(Z_{p.u} - Z_{o.k})m \quad (6.4)$$

Ширина початкової ділянки транзитного струменя, м

$$b_n = \frac{Q_g}{(Z_{p.u} - Z_{o.k})V_g} \quad (6.5)$$

де V_g - швидкість на вході в ківш ($V_g \approx 0,6 V_{p.u}$, де $V_{p.u}$ - швидкість в річці під час шугоходу), м/с.

Розрахункова довжина ковша визначається за співвідношенням, м

$$L = l_g + l_u + l_p \quad (6.6)$$

де l_g - довжина вхідної частини ковша, що охоплюється коловоротом і заповнюється шугою ще на початку шугоходу, м ($l_g \approx B_g$); l_u - довжина ділянки ковша, на якій відкладаються за весь період шугоходу захоплена в ківш шуга та льодяна завись (залежно від типу ковша $l_u = 5...35$ м); l_p - довжина робочої частини ковша, в межах якої скупчення кристалів льоду з гідравлічною крупністю $u > 0,015...0,02$ м/с спливають в транзитному струмені і яка визначається за формулою, м

$$l_p = 28,7 \left(\sqrt{b_n^2 + \frac{0,105}{u} Q_g} - b_n \right) \quad (6.7)$$

Позначка гребеня дамби $Z_{z.o.}$ приймається на 0,5...1 м вище за позначку РВВ. Ширина гребеня дамби приймається в межах 4...5 м. Поверхня внутрішніх укосів дамб водоприймальних ковшів у підводній їх частині здебільшого не кріпиться, оскільки це заважає видаленню наносів. В більшості діючих ковшів надводна частина укосів покрита трав'яною рослинністю. Зовнішні укоси дамб, які можуть підлягати дії шугозажорів, криги та льодових заторів, захищаються залізобетонним блочним килимом або кам'яним вимощенням з заливанням цементним розчином.

Якщо жоден з розглянутих варіантів не гарантує забирання розрахункової кількості води з річки треба передбачати регулювання стоку спорудженням водопідйомної греблі у водозабірному вузлі.

Використання гірських річок. Схема водопостачання населених пунктів і промислових підприємств залежить від коефіцієнту водовідбирання ($K_g = Q_g/Q_{p.min}$, де Q_g - розрахункові витрати водозбору; $Q_{p.min}$ - розрахункові мінімальні витрати в



річці). Можливі такі схеми: при побутовому гідрологічному режимі річки; з використанням водопідйомних гребель; з влаштуванням водоймищ. Особливістю водозаборів з гірських річок є включення в їх склад споруд для попереднього прояснення води (горизонтальні та радіальні попередні відстійники, піскоуловлювачі, фільтри) та можливістю відведення води споживачам або на водопровідні очисні споруди самопливом.

При $K_6 < 0,3$ використовують гірські річки при їх побутовому гідрологічному режимі, тобто без регулювання їх стоку водопідйомними греблями. При заборі води з малих гірських річок, русло яких утворене валунно-галечниковими або крупнопіщаними відкладеннями, можуть застосовуватись підруслові інфільтраційні водозабори горизонтального (променеві водозабори, горизонтальні водозабори) та вертикального (водозабірні свердловини) типів або комбіновані водозабори, в склад яких входять 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 (рель'єфу дна, наявності шуги, глибин тощо) може включати такі споруди: береговий водоприймач, суміщений з НС-I, водоприймальний ківш, шпору або відкритий канал (рис.6.7), який здійснює бокове відведення води з річки.

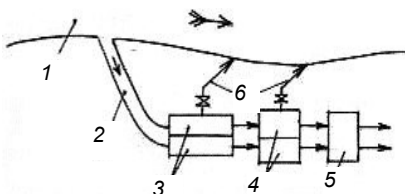


Рис. 6.7. Схема влаштування безгребельного відкритого водозабору з відвідним каналом

1 - русло річки; 2 - відвідний канал без регулювальних водоприймальних споруд в голові або з шлюзом-регулятором; 3 - піскоуловлювачі; 4 - фільтри з насипним фільтруючим матеріалом; 5 - НС-I; 6 - трубопроводи для скидання промивної води від піскоуловлювачів та фільтрів

При $K_6 = 0,3...1$ в склад водозаборів з гірських річок, що несуть значну кількість наносів крупних фракцій, шугу і "сніжуру", включають низьконапірні водопідйомні греблі з напором $H < 3...5$ м. Можливий варіант такого водозабору з греблею з донним порогом, підпір на якій створюють затвори на водозливів, наведено на рис.6.8.

Наноси, які потрапляють в наносоперехоплюючу галерею, видаляються в нижній б'єф потоком води, що захоплюється в галерею.

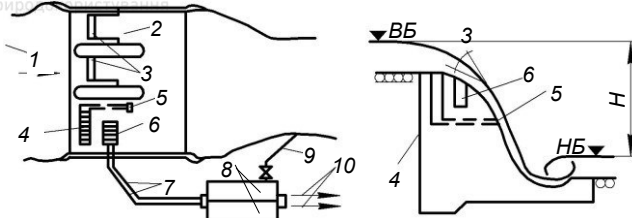


Рис. 6.8. Пригребельний водозабір з донною решіткою

1 - русло річки; 2 - глуха (водозливна) частина греблі; 3 - затвори; 4 - наносоперехоплююча галерея з решіткою; 5 - випуск наносів в нижній б'єф; 6 - водоприймальна галерея з решіткою; 7 - трубопроводи для відведення води; 8 - первинні відстійники; 9 - трубопровід для скидання промивної води від відстійників; 10 - самопливні водоводи, що транспортують воду до споживачів

Решітки, що перекривають входи в галереї, влаштовують з залізничних рейок, що поставлені із зазором 10мм. Для запобігання обмерзанню решіток внутрішньоводним льодом перед ними може скидатися тепла вода. Для захисту водозабору від шуги водоприймальна галерея може бути заповнена фільтруючим матеріалом (камінням). При $K_6 \geq 1$, коли необхідно регулювати стік гірських річок для їх використання у водопостачанні достатньо крупних об'єктів, влаштовують *водоймища*. В умовах гірських річок це потребує значних затрат на боротьбу з швидким замулюванням. У зв'язку з великими уклонами гірських річок влаштування водоймищ з достатніми об'ємами вимагає будівництва високих гребель. На малих гірських річках є доцільним регулювання стоку з живленням водозабору з водоймища, що розташоване на невеликій притоці з малою кількістю наносів (рис.6.9).

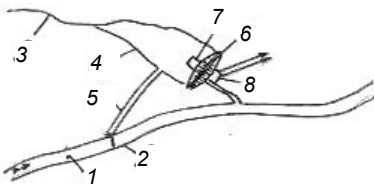


Рис. 6.9. Схема розташування водоймища на притоці річки з живленням його водою, звільненою від донних наносів, з основної річки

1 - гірська річка; 2 - водозабірний вузол, який забезпечує максимальне звільнення потоку, що забирається в канал, від донних наносів; 3 - притока з малою кількістю наносів; 4 - водоймище; 5 - самопливний канал, що живить водоймище водою гірської річки; 6 - гребля; 7 - донний водоспуск; 8 - НС-1.

При особливому сполученні геологічних, топографічних, гідрологічних та гідрографічних умов для збільшення витрати



гірської річки, яку передбачено використовувати для водопостачання, можливе перекидання в неї частини стоку сусідньої річки самопливними каналами (при високому водоподілі – тунелями).

При зарегулюванні стоку великих річок під час вирішення питання водопостачання крупних населених пунктів і промислових підприємств виникає необхідність здійснення забору води з водоймищ, тобто штучних водойм, ємкість яких при нормальному підпертому рівні (НПР) становить не менше 1 млн.м³. Умови забору води з великих водоймищ на річках суттєво відрізняються від умов забору води з річок у їх природному стані. Специфічними особливостями водоймищ є: постійна зміна рівнів води (особливо на водоймищах, утворених біля гідроенергетичного вузла); наявність при великій площі дзеркала хвилювання водної поверхні (висота хвиль 0,5...2,5 м) та складне сполучення стічної течії з вітрохвильовою, вздовжбереговою та іншими течіями, що збуджуються хвилюванням; слабке через повільні течії самоочищення води від випущених СВ; наявність стратифікації (розшарованості) води, обумовленої непостійністю за глибиною температури, солоності, каламутності. При влаштуванні водозаборів на водоймищах враховуються такі фактори, як: переформування узбережжя під дією течій та хвиль, шуго-льодовий режим водоймища, показники якості води, біологічні умови.

Водоймище є відстійником значних розмірів, внаслідок чого *каламутність* води в ньому в цілому нижча за каламутність в річці. Величина каламутності є різною в часі і по акваторії водоймища і зменшується при віддалянні від верхів'я водоймища та від прибіжної зони.

Фізичні, хімічні та бактеріологічні показники якості води водоймища залежать від: складу та санітарного стану ґрунтів на площі чаші водоймища та водозбірного басейну; характеру і об'єму заходів з підготовки ложа водоймища перед його заповненням; спуску промислових та побутових стічних вод; наявності місць відпочинку та водопою худоби, судноплавства, лісосплаву. Показники якості води у водоймищі в цілому є більш стабільні, ніж в річці.

Вода водоймищ має більшу *кольоровість*, ніж вода річок в незарегульованому стані. Це пояснюється збагаченням води органічними речовинами (а при їх розкладенні - органічними



сполуками, що забарвлюють воду), що залишаються в ложі водоймища після заповнення водою водоймища, деревини та рослинності, а також масовим розвитком фітопланктону на прогрітих мілководдях ("цвітіння" води). Біомаса синьо-зелених водоростей, які надають воді смарагдово-зеленого кольору, у вегетаційний період в Дніпродзержинському та Каховському водоймищах досягає 50...60 мг/л. При "цвітінні" та при відмиранні фіто- та зоопланктону вода набуває неприємного запаху та присмаку. Постійна зміна об'єму водоймища через регулювання стоку річки та випаровування води при значній площі дзеркала водоймища приводять до підвищення *мінералізації* води.

Формування *льодового покриву* на водоймищах відбувається на 5...10 днів раніше, ніж на річках, а очищення водоймища від льоду - на 10...12 днів пізніше. Має місце неодноразовість утворення льоду та неоднаковість його товщини як по ширині, так і по довжині водоймища: лід товстіше біля навітряного берегу та на глибоких пригребельних ділянках, ніж біля підвітряного берегу та у верхів'ях. На мілководдях льодовий покрив формується скоріше. На водоймищах з великою площею дзеркала час та характер встановлення льодового покриву залежить від мікроклімату водоймища.

Найважчі *шуго-льодові* утруднення виникають при хвилюванні та вздовжберегових течіях. В прибієжних зонах пляжного типу маси внутрішньоводного льоду можуть захоплювати частинки піску і осідати біля водоприймача з утворенням товстого шару відкладень. В місці відриву від берегу вздовжберегового потоку можуть утворюватись плавучі скупчення шуги, які є небезпечними для малозаглиблених водоймищних водоприймачів.

При проектуванні та експлуатації водоймищних водозаборів слід враховувати можливість інтенсивного заростання *вищою водною рослинністю* (осокою, очеретом тощо) мілководь, підвищений вміст у воді біля окремих ділянок навітряного берегу водоймища сміття, планктону, відмерлої водної рослинності, а також більш інтенсивний, ніж в річці, розвиток *біообростувачів* (дрейсени, мідії тощо) та концентрацію *рибно́ї молоді* у верхніх шарах водоймища та на мілководдях.

При виборі місця відбирання води з водоймища слід уникати хвостової ділянки (верхів'їв) водоймища, де відбувається інтенсивне осадження наносів; висунутих в акваторію водоймища

ділянок берегу, де під вітрохвильовим впливом можлива інтенсивна переробка берегу; відкритих ділянок навітряного берегу та підпірних ділянок біля греблі, де можливе утворення льодових заторів та накопичення відмерлої водної рослинності; прибіжних зон з важкими шуго-льодовими та наносними умовами; мілководдья як місць інтенсивного розвитку фітопланктону та заростання вищою водною рослинністю.

При виборі висотного положення водоприймача слід мати на увазі можливу засміченість та насичення гідробіонтами верхніх шарів води та засоленість глибинних шарів. У водоймищах, в яких має місце температурна стратифікація, слід використовувати селективні водозабори, що дозволяє забезпечити забирання холодної і чистої води влітку і більш теплої в зимовий період. Місце відбирання води на потреби водопостачання в умовах великих водоймищ повинно обиратися на підставі спеціальних досліджень і враховувати інтереси інших водокористувачів.

Принципова схема водоймища балково-річкового типу наведена на рис. 6.10.

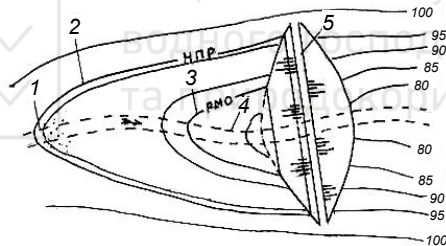


Рис. 6.10. Принципова схема водоймища балково-річкового типу

1 - хвостова ділянка водоймища з осадженням крупних наносів; 2 - уріз води у водоймищі при НПР; 3 - уріз води у водоймищі при РМО; 4 - русло річки в незарегульованому стані; 5 - водопідйомна гребля (в склад гребельного вузла входять водозлив для пропуску води в НБ та водоспуск для повного або часткового спорожнення водоймища а також залежно від призначення гідровузла: водозабірні споруди для водопостачання або іригації, ГЕС, воднотранспортний шлюз, рибопропускні споруди)

Тип водозабірних споруд на водоймищі визначається топографічними, геологічними, гідрологічними, гідрологічними, санітарними та іншими умовами в місці їх розташування, які є різними для верхньої, середньої та нижньої частини водоймища.

Є два принципових види водозабірних споруд на водоймищах:



водоймищні позагребельні, які застосовують при коефіцієнті водовідбирання $K_e \geq 1$ і розташовують поза споруд гребельного гідровузла та *водоймищні пригребельні*, які застосовують при $K_e \leq 1$ та достатньо великій амплітуді коливання рівнів води у водоймищі ($> 5 \dots 10$ м) і суміщуються з боковим стояном водопідйомної греблі, шахтою в ній або баштою донного водоспуску.

Типи водоймищних позагребельних водозаборів принципово не відрізняються від річкових: берегові, руслові, змішані, ковшові, інфільтраційні, острівні (водоприймач суміщений з НС-I і розташований в акваторії водоймища поза прибіжної зони). При спрацьовуванні рівня води у водоймищі не більше 3...5м достатні для розміщення позагребельних водоприймачів глибини джерела. Позагребельні водозабори забезпечують забирання води кращої якості, споруджуються незалежно від гідровузла і тому застосовуються частіше пригребельних. Водночас на значній відстані від берега і на значній глибині вода може бути чистою, практично питної якості. Тому воду треба забирати з великих глибин на великій відстані від берега. Для цього призначені руслові водозабори, розтрубний оголовок яких встановлюють на глибині 30... 50м при відстані від дна понад 5м. Можна використовувати незатоплювані оголовки - криби. В обох випадках завдяки великій довжині самопливних ліній досягатиметься значне заглиблення водоприймально-сіткового колодязя. На великих озерах і водосховищах роблять оголовок у затоні, який може бути штучним або природним.

Пригребельні варіанти водоймищних водозаборів дозволяють здійснювати промивання наносів, що відклалися біля водоприймачів, пропусканням води через греблі. При напорі на греблю $H < 10$ м, коли поріг водозливної греблі знаходиться на позначках, близьких до рівня мертвого об'єму (РМО), найбільш економічним рішенням є суміщення водоприймача та НС-I з стояном греблі. При більших напорах таке суміщення не є бажаним через складність маневрування затворами та сітками. При великому напорі і земляній або кам'яно-накидній греблі водозабір суміщують з баштою донного водоспуску (рис. 6.11).

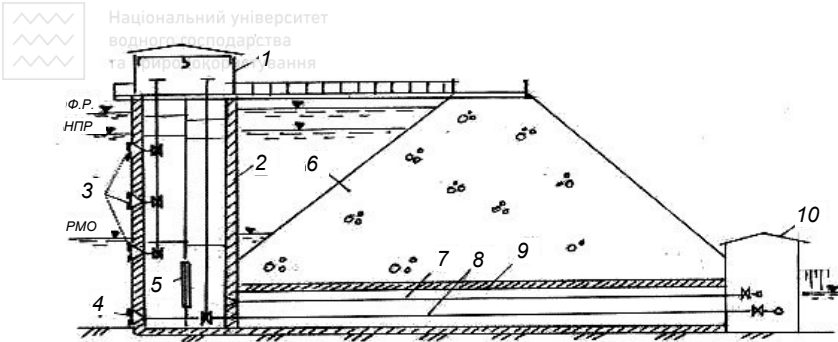


Рис.6.11. Суміщення пригребельного водозабору з баштою донного водоспуску
 1 - службовий павільйон; 2 - башта донного водоспуску; 3 - водоприймальні вікна з решітками; 4 - вікно донного водоспуску; 5 - знімні сітки; 6 - гребля; 7 - самопливна лінія; 8 - труба донного водоспуску; 9 - тунель; 10 - споруди в НБ (колодязь для гасіння енергії, камера переключення, НС-І)

Пригребельний водозабір може бути скомпонований також у шахті бетонної греблі (рис.6.12).

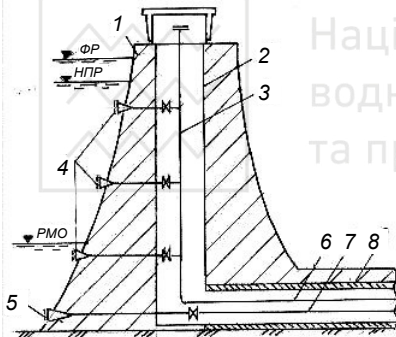


Рис. 6.12. Компонування пригребельного водозабору в шахті високонапірної бетонної греблі
 1 - гребля; 2 - шахта; 3 - вертикальний стояк-водовід; 4 - водоприймальні вікна з решітками; 5 - вікно донного водоспуску; 6 - водовід до споруд у НБ; 7 - труба донного водоспуску, по якій відводяться у НБ мінералізована вода нижніх шарів водоймища; 8 - тунель

Забирання води з каналів здійснюється всіма раніше описаними спорудами, проте з урахуванням особливостей цих водойм може змінюватися технологічна схема водозабору, місце його розташування тощо.

Постійнодіючі канали - джерела, найпростіші для забору води. Це пояснюється тим, що більшість каналів має плавний гідрравлічний режим з досить постійними рівнями води, до того ж режимом роботи каналу можна керувати, що зокрема стосується водопровідних каналів. Здебільшого вода в них менш каламутна, ніж у річці, з якої забирають воду, практично немає льодоходу, хоча буває шуга. Проте існують канали з періодичним режимом роботи. Водозабірні споруди можна розташовувати в будь-якому місці. З



каналів рекомендується забирати не більш як 25% води. Водозабірні споруди на каналі слід розташовувати так, щоб була забезпечена безперерійність подавання води споживачам при всіх можливих випадках експлуатації каналу (промивання з метою видалення наносів через спеціальні промивні споруди, встановлені в окремих місцях каналу, скидання води тощо). В місці розташування водозабору повинні бути: достатні витрати та глибина води; стійке русло; сприятливі умови для транзиту каналом наносів, шуги і льоду; належна якість води (відсутність шкідливих забруднень). Найдоцільнішим є береговий водозбір роздільного компонування з незаглибленою насосною станцією, але його можна влаштовувати тільки біля шлюзів-регуляторів. Незначна глибина в каналах (частіше $3...4\text{ м}$) спричиняє прогріванню води і розвиток фітопланктону, а також вимагає встановлення компактних водоприймачів. Конструкція водоприймачів не повинна порушувати гідравлічний режим в каналі. Якщо треба забирати воду в різних місцях по довжині каналу, то краще влаштовувати руслові водозабори. Проте оголовок не повинен порушувати гідравлічного режиму каналу. Можна рекомендувати оголовки укїсного типу (рис. 6.13 *а, в*), а при малій глибині - донного (рис. 6.13, *б*). Якщо вода досить чиста, то її можна забирати безпосередньо з каналу осьовим прямоточним насосом капсульного типу.

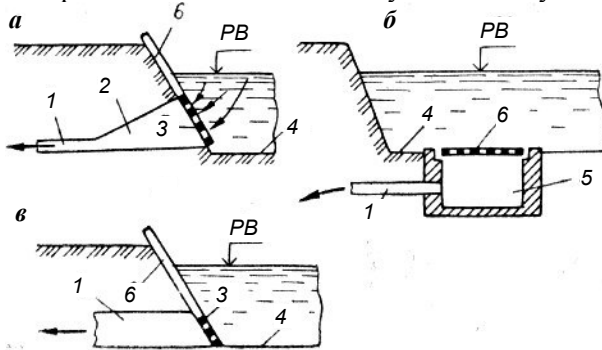


Рис. 6.13. Типи оголовків на каналах

а — розтрубний укїсний; б — донний; в — трубчастий укїсний;

1 - самопливнї лїнії 2 - водоприймальний розтруб; 3 - смїтetzатримувальна решїтка; 4 - дно каналу; 5 - донна камера; 6 - напрямнї для встановлення решїток

Канали - штучнї водотоки з руслами, що мають поперечний перерїз правильної форми (частїше трапецеїдальний) - вїдїграють



помітну роль у водопостачанні регіонів з дефіцитом природної вологи. Найкрупнішими каналами в Україні, які транспортують воду на потреби зрошувального землеробства та промислово-питні потреби є: Головний Каховський магістральний (ГКМК) (витрати в голові $530\text{м}^3/\text{с}$), Північно-Кримський ($280\text{м}^3/\text{с}$), Дніпро-Донбас ($120\text{м}^3/\text{с}$), Дніпро-Кривий Ріг ($41\text{м}^3/\text{с}$), Сіверський Донець-Донбас ($25\text{м}^3/\text{с}$).

Рівень і витрати води в каналі при наявності головних споруд регулюються ними відповідно до вимог експлуатації каналу, а при відсутності головних споруд залежать від водного режиму джерела живлення каналу.

Каламутність води в каналі 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 окислюваність, зростає вміст солей. Уздовж водопровідних каналів створюють зону санітарної охорони шириною $40\text{...}50\text{м}$ з обох боків.

В порівнянні з річками більшість каналів мають такі переваги: усталений рух води, відсутність льодоходу, незначні коливання рівнів (звичайно $\approx 1,5\text{м}$; взимку на каналах, що працюють цілий рік $\approx 1\text{м}$). Зрошувально-обводнювальні канали транспортують кількість води, яка здебільшого значно перевищує потреби водопостачання, що забезпечує належний санітарний стан каналу при відбиранні з нього розрахункової кількості води на водопостачання об'єктів. Однак такі канали часто діють тільки в період зрошувального сезону, що вимагає влаштовувати для об'єкту водопостачання альтернативне джерело (наливні водоймища або свердловини подвійного призначення).

При заборі води з каналів для систем водопостачання III категорії надійно влаштовувати спільний водозабір для системи водопостачання та зрошувальної системи. В цьому випадку в складі водозбору проектується забірно-очисні споруди (фільтри та відстійники різних конструкцій), які при прийманні води здійснюють її попереднє очищення для зрошувальних систем і остаточне - для систем питного водопостачання. При належній якості води в каналах з технологічних схем водозборів може виключатись береговий сітковий колодязь і кінці всмоктувальних ліній насосів виводяться в канал.

Морські водозабори. При проектуванні і будівництві морських водозабірних споруд поруч з врахуванням звичайних місцевих топографічних, геологічних, гідрогеологічних і гідрологічних умов необхідно приділяти увагу впливу на споруди специфічних явищ (хвильових явищ, агресивності води, інтенсивної дії гідробіонтів).

Конструкція водозабірних споруд повинна бути масивною. Будівельні матеріали (бетон, залізобетон) повинні бути підвищеної щільності, водонепроникності, водостійкості, морозостійкості і добре протистояти хвильовим діям, агресивності морської води, періодичному і багаторазовому замерзанню і відтаюванню, стираючій і руйнівній дії льоду і морських наносів. Труби, арматура, насоси та інше металеве обладнання повинні бути виготовлені з чавуну (якщо зі сталі, то повинні мати значну товщину стінок, труби - протикорозійний захист). Слід застосовувати спеціальні покриття поверхонь, що запобігають їхньому обростанню (фарби ХВ-53, ХС-79 тощо).

Технологічна схема морського водозбору залежить від місця його розташування на узбережжі. Основною умовою вибору місця для морського водозбору є мінімальна відстань від нього до об'єкту водопостачання. Найбільш економічними і сприятливими для розташування водозабірних споруд є штучні або природні акваторії, захищені від хвильових дій (рис.6.14), проте й вони мають певні недоліки: імовірність забруднення води нафтопродуктами і маслами від суден, стоками пром підприємств і побутовими, замулюваність. В захищених акваторіях з достатньою глибиною біля берегу влаштовують *берегові водозабори* з роздільним або суміщеним компонуванням. В мілководних бухтах, затоках, протоках, лиманах застосовують *берегові водозабори з підвідним каналом, острівні водозабори, руслові водозабори*.

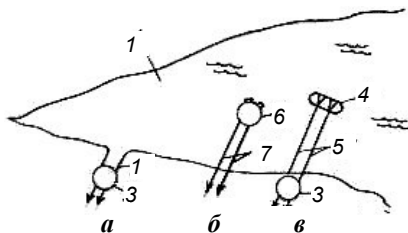


Рис. 6.14. Схеми водозаборів в мілководних захищених акваторіях

1- захищена акваторія; 2 - підвідний канал, відритий у дні; 3 - береговий колодязь; 4 - русловий оголовок; 5 - самопливні лінії; 6 - острівний водозабір (водоприймальний колодязь суміщений з НС-1); 7- напірні водоводи, прокладені по мосту-галереї

На відкритих узбережжях при достатніх глибинах біля берегу



влаштовують берегові водозабори із захисною дамбою (рис.6.15).

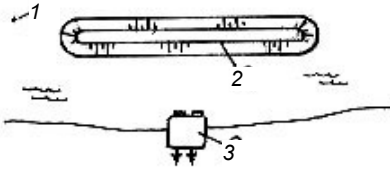


Рис. 6.15. **Береговий водозбір із захисною дамбою**

1 - відкрита акваторія; 2- захисна дамба (хвильолом); 3 - береговий водоприймач

На відкритих узбережжях при недостатніх глибинах біля берегу можуть влаштовуватись руслові водозабори з затопленими оголовками, розташованими за межами зони руйнування хвиль (на глибині $H > H_{\text{крит}}$, де $H_{\text{крит}} = (0,7...2,5) H_{\text{хв}}$).

В складних шуго-льодових умовах при великій продуктивності споруд влаштовують *ковшовий водозбір із захисною дамбою* (рис.6.16, а). Якщо дно акваторії складено крупнопіщаними або гравійно-галечниковими відкладеннями в складних шуго-льодових умовах або при небажаних біологічних факторах (значне “цвітіння” води, колонії обростувачів) доцільно влаштовувати інфільтраційний водозбір (рис.6.16, б).

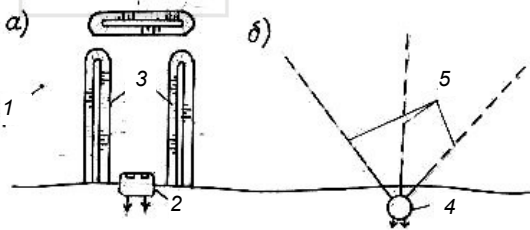


Рис. 6.16. **Ковшовий водозбір із захисною дамбою та інфільтраційний водозбір**

1 - акваторія; 2 - береговий водозбір; 3 - захисні дамби; 4 - водозбиральний колодязь (шахта); 5 - промені (свердловини)

Рибозахист. Будівництво споруд для забору води з поверхневих джерел призводить до порушення не тільки гідралічного режиму на ділянці акваторії водного джерела, але й екологічної рівноваги, що особливо відчутно для річок, озер, водоймищ, які мають рибогосподарське значення. При заборі води з таких джерел треба запобігати потраплянню у водоприймачі риби. При цьому водогосподарські і рибпромислові цілі взаємопов'язані і розглядаються у двох аспектах: *технічному*, коли запобігання потраплянню риби у водоприймач проводиться для уникнення перешкод в роботі водозабірних і очисних споруд водопроводів;



екологічному, коли запобігання потраплянню риби (переважно рибної молоді) у водоприймач проводиться для збереження рибного поголів'я.

З початку розвитку централізованого господарсько-питного водопостачання приблизно до 60-х років ХХ сторіччя технічний аспект рибозахисту залишався головним з ряду причин (витрати, що відбиралися в той час з крупних річок окремими водозаборами, були порівняно малі і згубно не впливали на життя видів риби; типи водозаборів, що застосовувалися - традиційні берегові та руслові - та інженерні рішення з їхнього розміщення побічно виключали масове потрапляння риби у водоприймачі). При цьому захист водозаборів від потрапляння в них риби забезпечувався на сміттєзатримувальних решітках водоприймачів та водоочисних сітках водоприймально-сіткових колодязів.

Пізніше, коли багаторазово збільшилося відбирання води з джерел на різні потреби, з'явилися потужні гідровузли, ковшові, пригребельні та інші водозабори великої продуктивності, першорядне значення набув екологічний аспект рибозахисту. При проектуванні гідровузлів і водозаборів на водних джерелах рибогосподарського значення з'явилася потреба розглядати доцільність будівництва рибопропускних, рибовідвідних та рибозахисних споруд та пристроїв. Це вимагало проводити спеціальні дослідження з участю спеціалістів технічного профілю і спеціалістів-іхтіологів. Дослідженнями було встановлено, що потрапляння рибної молоді у водозабори зумовлюється двома явищами: пасивним її переміщенням з водним потоком (винос) і активною реакцією окріпшої молоді риби - сеголеток - на течії, що виникають при роботі водозаборів (скат). Швидкість течії, при якій починається пасивний винос мальків, визначається з вираз, м/с

$$V_k = k \cdot l, \quad (6.8)$$

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: співвідношення Q_s / Q_{mp} - витрати водозабору до транзитної витрати в джерелі; відстані водозабору від нерестилища; місця водоприймача по відношенню до акваторії; видового складу риби та періоду року.

При проектуванні водозаборів захист риби від потрапляння у

водоприймач може здійснюватись як з влаштуванням спеціальних РЗП (рибозахисних пристроїв), так і без них. В деяких випадках захисту риби сприяє сама конструкція водозабору (наприклад, інфільтраційний водозбір). На водозаборах середньої та великої продуктивності, що забирають воду з джерел рибогосподарського значення, і конструкція яких не забезпечує рибозахист, необхідно передбачати спеціальні РЗП.

Необхідність встановлення РЗП на водозаборах малої продуктивності оцінюється виразом

$$\frac{V_{p.min}}{k_1} \geq V_{вт} \leq V_{кр} \quad (6.9)$$

де $V_{p.min}$ - розрахункова мінімальна швидкість в річці, м/с; $V_{вт}$ - прийнята швидкість втікання води у водоприймальні вікна, перекриті решітками, віднесена до їх перерізу у просвіті, м/с; $V_{кр}$ - швидкість, при якій починається пасивний винос мальків, м/с; k_1 - іхтіологічний параметр ($k_1 = 3...4$). При виконанні цієї нерівності достатній захист риби від потрапляння її у водозбір 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 (для різних видів напівпрохідних та прохідних риб він охоплює переважно літній період) рекомендується замінити сітками з дрібними вічками і регулярним гідравлічним промиванням. При невиконанні наведеної нерівності необхідно перед водоприймачами встановлювати постійні спеціальні РЗП.

Ефективність дії прийнятого типу РЗП оцінюється коефіцієнтом рибозахисту

$$K_{зах} = \frac{N - n}{N} 100\%, \quad (6.10)$$

де N - кількість риби, що потрапляє в 100 м^3 води у водозбір при відсутності РЗП; n - те ж саме, при наявності РЗП. Дослідженнями, проведеними на водозаборах водоймищ Дніпровського каскаду, встановлені коефіцієнти рибозахисту вітчизняних РЗП по молоді різних видів риб ($K_{зах} = 60...100\%$).

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 покладені різні принципи захисту риби, і які можна угрупувати за різними ознаками. Зокрема за характером впливу на рибу РЗП можна розділити на: гідравлічні, фізіологічні, механічні.

Гідравлічні РЗП являють собою донні або поверхневі огороження для утворення токів води, що відводять рибу з зони впливу водоприймача. До них відносять системи струменепрямних щитів, жалюзі, запані тощо. Жалюзійні РЗП найбільш ефективно діють в умовах порівняно вузьких підвідних каналів з рибовідводами та певними швидкісними і геометричними пропорціями. Один з можливих варіантів таких РЗП наведений на рис.6.17.

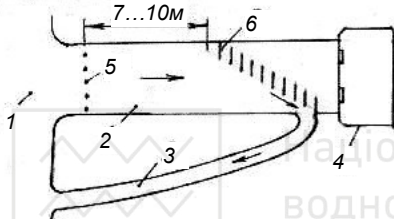


Рис. 6.17. Рибозахисний пристрій жалюзійного типу:

1 - водне джерело; 2 - підвідний канал; 3 - рибовідвідний канал (лоток); 4 - водоприймач; 5 - сміттєзатримувальна решітка; 6 - жалюзійний ряд

При влаштуванні жалюзійного ряду (пластини шириною 7см, поставлені з прозорами 3см перпендикулярно до осі каналу) під кутом $10...20^\circ$ до осі каналу біля пластин утворюється поперечна течія, достатня для знесення мальків у рибовідвід, який має ширину не менше 15см. Дорослі риби відчувають на своєму шляху до водоприймача суцільну перешкоду, повертають і пливають вздовж неї до рибовідводу. Між сміттєзатримувальною решіткою та жалюзіями повинна бути відстань, достатня для згасання турбулентного збудження, що викликано решіткою.

На водозаборах дніпровських водоймищ отримав розповсюдження еколого-гідравлічний РЗП парасолькового типу конструкції Укрдніпровдгоспу (рис.6.18), що відгороджує верхні води з великою концентрацією рибної молоді.

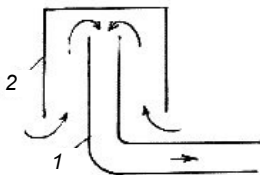


Рис. 6.18. Рибозахисний пристрій парасолькового типу:

1 - загнутий вверх кінець самопливної або всмоктувальної лінії; 2 - дерев'яний (з/б, 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 відносяться системи, що створюють електричні, звукові, світлові, повітряно-бульбашкові поля та завіси та інші подразнення, які відлякують рибу від зони забору води.

Електричний рибозагороджувальний пристрій (ЕРЗП) являє собою систему ізольованих один від одного трубчастих або пластинчастих електродів, встановлених на плаву або на палях навколо берегового або руслового водоприймача (рис.6.19).

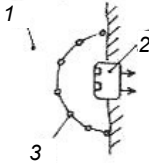


Рис. 6.19. Принципова схема електричного рибозахисного пристрою:

1 - ділянка акваторії водного джерела;

2 - водоприймач;

3 - електроди

Дія ЕРЗП заснована на оборонній реакції риб, які при потраплянні в електричне поле електродів намагаються вийти в область акваторії з меншою напругою. При цьому важливо, залишивши больовий ефект, не викликати судом плавцівих м'язів, що досягається, наприклад, подачею змінного імпульсного струму з напругою $u = 120...220\text{В}$, частотою імпульсів $\omega = 4...8\text{імп/с}$ при тривалості імпульсу $t = 0,02...0,06\text{с}$. Для запобігання проходження риби між електродами повинна обмежуватись швидкість руху води в акваторії до водоприймача ($V \leq 0,25...0,3\text{ м/с}$).

Повітряно-бульбашкова завіса утворюється при подачі в прокладений по дну акваторії біля водоприймача перфорований трубопровід стиснутого повітря. 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, збуджені дією повітряно-бульбашкової завіси.

Фізіологічні РЗП доцільно використовувати в умовах забору води з водоймищ, 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.



Механічні РЗП - перешкоди на шляху риби у водоприймачі (перфоровані щити, решітки і сітки різних конструкцій, водоприймальні фільтри). Вони найбільш розповсюджені на водозаборах, що пояснюється надійністю їх роботи (високий коефіцієнт $K_{зав}$) і тим, що крім рибозахисту, вони здійснюють механічне очищення води. У важких природних умовах забирання води для рибозахисту застосовують водоприймальні фільтри різних конструкцій (частіше всього рибозахисні касети).

В легких природних умовах перевагу слід віддавати сітчастим пристроям, регенерація яких простіше, ніж фільтрів з пористим матеріалом. Розмір вічок сіток визначається розміром мальків, що затримуються сіткою: сітки з розміром вічок 1мм затримують всіх мальків, з розміром вічок 2мм - мальків довжиною більше 15мм, з розміром вічок 4мм - мальків довжиною більше 30мм. Екологічний аспект рибозахисту може бути задовільнений тільки при застосуванні сітчастих установок з постійним промиванням затопленими струменями сітки, оскільки промивні струмені допомагають пасивним малькам долати опір потоку, що забирається через сітку.

На водозаборах з великими витратами і значним (до 25м) фронтом забирання води для рибозахисту і механічного очищення води можуть застосовуватись плоскі сітки з гідравлічним промиванням, які частіше встановлюють під кутом 10...25° до напрямку течії в сіткових камерах підвідних каналів з рибовідводом (рис.6.20).

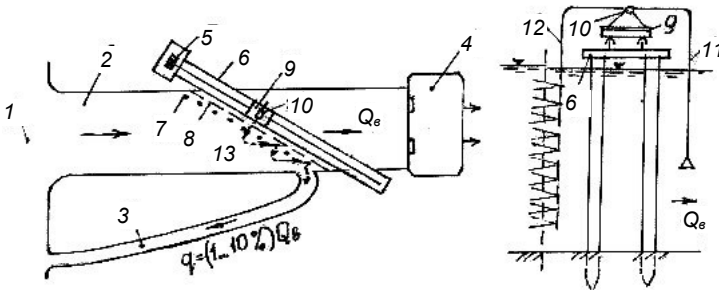


Рис. 6.20. Плоска сітка з рибовідводом:

1 - водне джерело; 2 - підвідний канал; 3 - рибовідвід; 4 - водоприймач; 5 - механізм приводу візка (лебідка, редуктор, електродвигун) трособлочною системою; 6 - естакада з рейковим шляхом; 7 - сміттєзатримувальна решітка; 8 - сітка (плетена або з перфорованого листа); 9 - візок; 10 - насос з електродвигуном; 11 - всмоктувальна лінія; 12 - трубчаста промивна флейта з витратами $q_{np} = (2...5\%)Q_B$; 13 - траєкторія руху малька



Візок здійснює по естакаді вздовж сітки почергово робочі та холості ходи. Робочий хід (в напрямку рибовідводу) на відміну від холостого характеризується малою швидкістю руху і роботою насосу, що подає воду у флейту. Струмені, що витікають з отворів у флейті, відштовхують пасивні рибну молодь від сітки. Якщо мальок потрапив до сітки на достатньо великій відстані від рибовідводу, в останній він надходить тільки після неодноразового контакту з сіткою та промивним струменем.

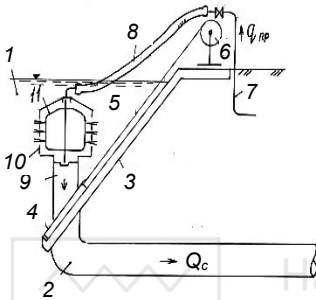


Рис. 6. 21. Приймання води з каналу сітчастим струменереактивним фільтром (ССФ), встановленим на кінці всмоктувальної лінії НС-І:

1 - канал; 2 - всмоктувальна лінія НС-І; 3 - забетонований укіс каналу з напрямними для спускання та підняття ССФ; 4 - опорний фланець; 5 - трос; 6 - лебідка; 7 - трубопровід подавання промивної води від НС-І; 8 - гнучкий рукав; 9 - патрубок; 10 - ССФ; 11 - ф-подібна промивна флейта, що рухається за принципом сегнера колеса всередині ССФ

На стаціонарних та плавучих водозаборах продуктивністю $Q_c < 5 \text{ м}^3/\text{с}$ завдяки компактності, можливості автоматизації роботи і простоті відведення мальків та затриманих забруднень від сітки при встановленні в транзитній течії застосовують сітчасті барабани (рис.6. 20), численні конструкції яких відрізняються принципом обертання в потоці циліндричного корпусу або промивного пристрою. Найбільш розповсюдженими є сітчасті барабани з струменереактивним та електромеханічним приводом промивного пристрою.

Тема 7. Водозабірні споруди для забору підземних вод

Типи водозаборів з підземних джерел. Найбільш поширені при заборі підземних вод вертикальні водозабори - *водозабірні свердловини та шахтні колодязі*. Здебільшого водозабірні свердловини використовують при забиранні води з пластів, які залягають на глибині понад 30м, але бувають свердловини завглибшки, навіть до 1000м, при ярусному заляганні водоносних пластів (коли вода однією спорудою забирається з декількох водоносних пластів або з одного водоносного пласта, який розшаровано на декілька водоносних і водотривких шарів). До



останнього часу дуже рідко влаштовували свердловини глибшими за 150м, але нині з урахуванням зростаючих потреб у воді дедалі частіше роблять свердловини завглибшки 400...500м.

У постачанні водою окремих будівель у сільській місцевості широкого поширення набули *шахтні колодязі*. Їх влаштовують практично в кожному подвір'ї. Для централізованих систем водопостачання можна використовувати групу шахтних колодязів. Звичайно шахтні колодязі забирають воду з глибини до 30м з безнапірних водоносних пластів, іноді слабконапірних.

При *горизонтальному* водозаборі водоносний пласт вскривається виробкою, витягнутою в горизонтальному напрямку (траншея, свердловина). Горизонтальні водозабори використовують при малій глибині залягання водоносного пласту (до 5...8м) і відносно невеликій його потужності, а також при забиранні інфільтраційних вод з річок або штучних басейнів. Так, для водопостачання м. Коломия Івано-Франківської області воду з гірської річки подають у штучні басейни, профільтровують через галькові породи, очищують і забирають горизонтальним водозабором. Горизонтальні водозабори - найбільш давні, оскільки ще на початку нашої ери вони існували в Середній Азії у відрогах гір (мали назву — кярізи).

Променеві водозабори використовують для забирання інфільтраційних вод з відкритих водойм або підземних вод, які не мають живлення з поверхневих джерел (за умови, що водоносні пласти невеликої потужності залягають на глибині 15...20м). Орієнтовним критерієм доцільності використання промєневих водозаборів є значення добутку $k_{\phi} \cdot m$ (де k_{ϕ} - коефіцієнт фільтрації водоносної породи, м/с, m - потужність водоносного пласта, м). При $k_{\phi} \cdot m \leq 0,02$ застосування промєневих водозаборів вигідніше за вертикальних.

Споруди для *каптажу джерельних вод* використовують в разі виходу підземних вод на денну поверхню і при розміщенні їх на узгір'ї можна влаштовувати самопливну централізовану систему.

Комбіновані водозабори - це горизонтальні галереї з рядом вертикальних свердловин або шахтні колодязі з трубчастими горизонтальними водозаборами. Застосовують їх у випадку необхідності експлуатації неглибоко розташованих малопотужних водоносних пластів при одночасному використанні глибокорозташованих водоносних горизонтів.



Всі типи водозаборів підземних вод при їх розташуванні поблизу поверхневих джерел водопостачання і певних гідрогеологічних умовах можуть забирати воду, що інфільтрується з цих джерел, називають *інфільтраційними*. Для вибору типу водозабору треба провести геологічні розвідування, якими встановлюють глибину залягання та потужність водоносного пласта, його водовіддачу, характеристику ґрунтів, особливості місцевості, відстань до річки тощо.

За ступенем вскриття водоносного горизонту вертикальні водозабори можуть бути *досконалі* (рис.7.1, *а*), які вскривають водоносний горизонт до водоупору (водоприймальна частина таких колодязів має плоский характер живлення з напірного водоносного пласта) та *недосконалі* (рис.7.1, *б*), які закінчуються в товщі водоносного пласта.

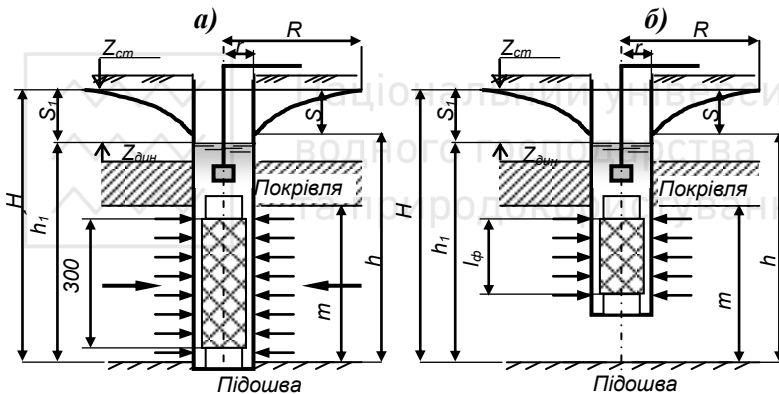


Рис. 7.1. Розрахункова схема притоку води до свердловин:

а) – досконалого типу; *б*) – недосконалого типу

За характером роботи на водозабірному майданчику вертикальні водозабори можуть бути *одиначні*, які не мають взаємного впливу при роботі та *взаємодіючі* (рис. 7.2), при роботі яких має місце взаємний вплив (депресійні воронки сусідніх колодязів перетинаються, що викликає в них додаткове пониження рівнів).

Одиначними вважають також сусідні вертикальні водозабори, які забирають воду з різних водоносних горизонтів або ті, що забирають воду з одного водоносного горизонту, але в різні години.

Гідрогеологічні розрахунки вертикальних водозаборів зводяться до визначення їх дебіту (продуктивності) Q і пониження

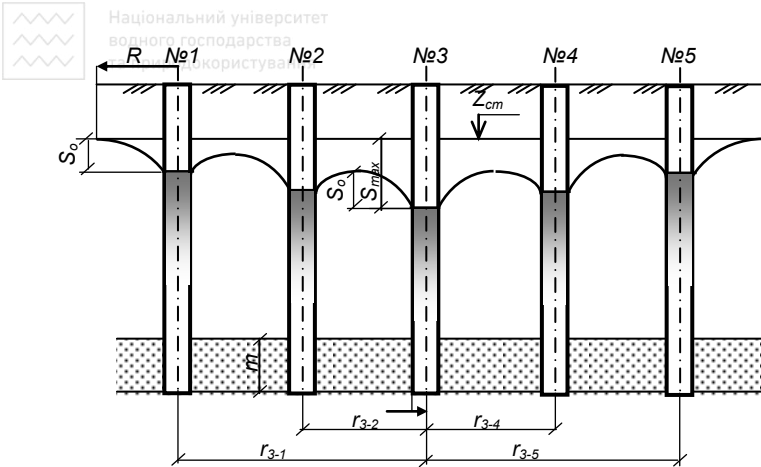


Рис.7.2. Профіль по створу групи взаємодіючих свердловин

рівня підземних вод S в процесі експлуатації водозабору, а також оцінка можливого взаємного впливу водозаборів, що проектуються, і водозаборів, що існують.

Практично при гідрогеологічних розрахунках як вихідну величину приймають дебіт водозабору Q_p , визначений за умовами водоспоживання, і за визначеною залежністю $Q=f(S)$ встановлюють відповідну величину S_p , яка не повинна перевищувати деяку максимальну допустиму $S_{дон}$, при якій забезпечується технічна можливість встановлення насосно-силового обладнання і нормальна експлуатація водозабору. При $S_p > S_{дон}$ зменшують величину Q_p і збільшують кількість вертикальних водозаборів, а при $S_p \ll S_{дон}$ збільшують величину Q_p . Гідрогеологічні розрахунки водозаборів можуть бути проведені при тій чи іншій схематизації гідрогеологічної обстановки різними методами, які застосовують при оцінці запасів водних ресурсів, зокрема: балансовими, гідравлічними, гідродинамічними, методами гідрогеологічної аналогії.

Балансові методи є наближеними і застосовуються в сполученні з іншими методами для оцінки додатних та від'ємних елементів водного балансу ділянки родовища підземних вод.

Метод гідрогеологічної аналогії базується на переносі даних про режим експлуатації підземних вод ділянок водозаборів, які діють, на ділянки, які знаходяться в аналогічних умовах до перших.



В складних гідрогеологічних умовах залежності $Q=f(S)$ можуть бути встановлені емпіричними *гідравлічними* методами при проведенні спробних відкачувань.

Найбільш широко застосовують *гідродинамічні* методи розрахунків вертикальних водозаборів, які ґрунтуються на аналітичних та числових рішеннях краєвих задач теорії фільтрації підземних вод. В достатньо складних гідрогеологічних умовах вдаються до числового моделювання на ЕОМ. В простих гідрогеологічних умовах можна застосовувати аналітичні методи, які в цьому випадку забезпечують достатню для рішення практичних задач точність. Встановлені аналітичні залежності $Q=f(S)$ з відповідними Виразами для фільтраційного опору ($Ig\frac{R}{r}$) для одиночних та групових водозаборів при різних типах планової схематизації гідрогеологічної обстановки (зокрема, для необмеженого в плані водоносного пласта, що відображає умови артезіанського басейну, та обмеженого з одного боку та двох боків водоносного пласта, що відображає умови річкової долини) і різному сполученні факторів, які ускладнюють вихідну гідромеханічну модель (різна кількість та різні фільтраційні властивості водоносних пластів, періодичність дії водозаборів тощо).

В умовах постійного за часом живлення і розвантаження підземних вод (усталений режим їх руху) радіус депресійної воронки навколо водозабору не змінюється в часі і може бути орієнтовно прийнятий залежно від виду водоносної породи (значення R коливається від 15м для суглинку до 3000м для невеликого гравію) або бути визначений за співвідношенням $R = 10S\sqrt{k_\phi}$, де k_ϕ - коефіцієнт фільтрації породи пласта.

В умовах недостатнього живлення експлуатаційного водоносного пласта, а також при періодичній роботі вертикального водозабору має місце неусталений режим руху води до колодязя. При цьому величина R поступово збільшується в часі і визначається як зведений радіус впливу водозабору за формулою

$$R = 1,5\sqrt{a \cdot t} \quad (7.1)$$

де a - коефіцієнт п'єзопровідності (для напірного водоносного пласта $a = \frac{k_\phi \cdot m}{\mu}$, для безнапірного - $a = \frac{k_\phi \cdot h_{сер}}{\mu}$, де m - потужність



напірного водоносного пласта; $h_{сер}$ - середня товщина шару води в безнапірному водоносному горизонті; μ - коефіцієнт водовіддачі, який приймається рівним активній пористості ґрунта і знаходиться в межах 0.005...0.3); t - час від початку роботи водозабору з постійним дебітом.

Найбільш загальна залежність $Q=f(S)$ для одиночних вертикальних водозаборів, що забирають воду з водоносного пласта з віддаленими границями області живлення, має вигляд

$$Q = \frac{4\pi \cdot k_{\phi} \cdot m \cdot S}{-E_i \left(-\frac{r^2}{4a \cdot t} \right) + \xi} \quad (7.2)$$

де E_i - інтегральна показова функція, яка наведена в математичних довідниках; r - радіус колодязя; ξ - коефіцієнт, який враховує фільтраційний опір, зумовлений недосконалістю колодязя.

Гідрогеологічні розрахунки водозаборів доповнюються їх технологічними та техніко-економічними розрахунками. В результаті розрахунків, проведених для різних варіантів вертикальних водозаборів встановлюють їх тип, розрахункові дебіт та пониження рівня води в них при відкачуванні, розміри, кількість, схему розташування та відстань між сусідніми водозаборами.

Початок теорії припливу води до свердловини поклав Дююї в 1857 році. При виводі своїх формул він зробив такі припущення: дзеркало ґрунтових вод і поверхня підшови водоносного пласта є горизонтальними; водоносний ґрунт є однорідним (коефіцієнт фільтрації k_{ϕ} для всіх часток ґрунту є однаковим); вертикальний водозбір знаходиться в ґрунтовому басейні, а не в ґрунтовому потоці. Ці припущення дозволили розробити гідромеханічну модель припливу води з необмеженого водоносного пласта до циліндричної водоприймальної поверхні вертикального водозабору. Схема припливу води з необмеженого водоносного пласта до циліндричної водоприймальної поверхні вертикального водозабору наведена на рис. 7.3. Дебіт вертикального водозабору визначається виходячи з формули $Q = \omega \cdot V$, де ω - площа будь-якої екіпотенціальної поверхні; V - швидкість фільтрації ($V = k_{\phi} \frac{dy}{dx}$, де k_{ϕ} - коефіцієнт фільтрації; dy - різниця позначок напору двох екіпотенціальних поверхонь, які знаходяться на відстані dS , що при малому значенні приблизно дорівнює dx).

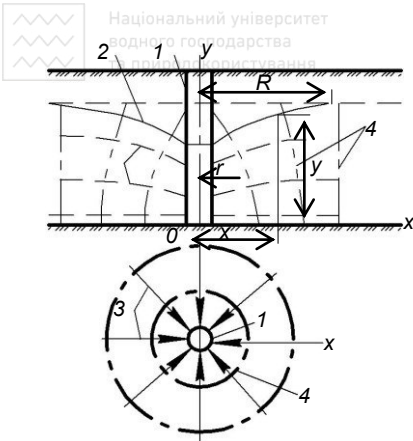


Рис. 7.3. Схема припливу води з необмеженого водоносного пласта до циліндричної водоприймальної поверхні вертикального водозабору
 1 - вертикальний водозабір; 2 - криві депресії, утворені при перетинанні вертикальною площиною воронки депресії; 3 - лінії току подібні до кривих депресії; 4 - еквіпотенціальні поверхні (поверхні рівних напорів) навколо водозабору, розташовані нормально до ліній току

Розроблена принципова гідромеханічна модель дозволяє визначити приплив до вертикального водозабору при різному гідравлічному стані підземного потоку і різних гідрогеологічних умовах забивання води.

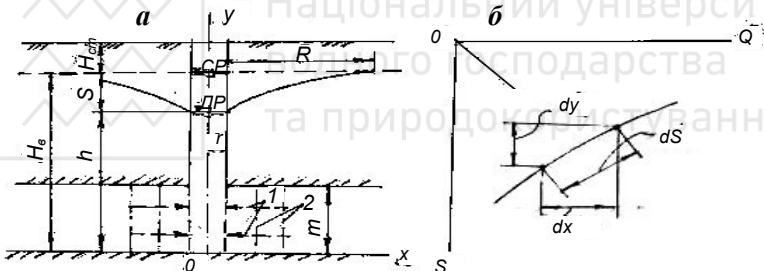


Рис. 7.5 Розрахункова схема до визначення припливу води до досконалого одиночного вертикального водозабору з боку необмеженого напірного водоносного пласта (а) та характеристика $Q=f(S)$ (б)
 1 - лінії току; 2 - еквіпотенціальні поверхні

Розглянемо найпростіші з них. **Незмінний в часі приплив води до досконалого одиночного вертикального водозабору з боку необмеженого напірного водоносного пласта.** Розрахункова схема для цього випадку наведена на рис.7.5,а. Усі лінії току, що спрямовані до водоприймальної частини водозабору, паралельні поверхням підшви та покрівлі водоносного пласта. В даному випадку площа будь-якої еквіпотенціальної поверхні дорівнюватиме площі бічної поверхні циліндру з радіусом основи $r = x$ та висотою m , тобто $\omega = 2\pi x \cdot m$. Тоді вираз для дебіту вертикального водозабору можна записати у вигляді



$$Q = 2\pi \cdot x \cdot m \cdot k_{\phi} \cdot \frac{dy}{dx}$$

Розділяючи змінні отримаємо

$$Q \frac{dx}{x} = 2\pi \cdot m \cdot k_{\phi} \cdot dy,$$

де x змінюється в межах від r до R , y - від h до H_e . Інтегруємо в заданих межах

$$Q \int_r^R \frac{dx}{x} = 2\pi \cdot k_{\phi} \cdot m \int_h^H dy,$$

$$Q(\ln R - \ln r) = 2\pi \cdot k_{\phi} \cdot m(H_e - h),$$

або $Q \ln \frac{R}{r} = 2\pi \cdot k_{\phi} \cdot m \cdot S.$

Звідки

$$Q = \frac{2\pi \cdot k_{\phi} \cdot m \cdot S}{\ln \frac{R}{r}}$$

В десяткових логарифмах ця формула має вигляд

$$Q = \frac{2,72k_{\phi} \cdot m \cdot S}{\lg \frac{R}{r}} \quad (7.3)$$

Дана залежність свідчить про лінійний характер характеристики $Q = f(S)$, наведеної на рис.7.5, б.

Приплив води до одиночного **недосконалого** вертикального водозабору з боку необмеженого напірного водоносного пласта визначається з виразу

$$Q = \frac{2,72k_{\phi} \cdot m \cdot S}{\lg \frac{R}{r} + \xi} \quad (7.4)$$

де ξ - коефіцієнт, який враховує фільтраційний опір, що викликаний недосконалістю водозабору ($\xi = f\left(\frac{l_{\phi}}{m}\right)$, де l_{ϕ} - висота

водоприймальної частини водозабору).

Незмінний в часі приплив води до досконалого одиночного вертикального водозабору з боку необмеженого безнапірного водоносного пласта. Розрахункова схема для цього випадку наведена на рис.7.6, а. При порівняно невеликому пониженні S

еквіпотенціальні поверхні і в цьому випадку можуть бути представлені як поверхні циліндрів, які при радіусі основи x мають висоту y .

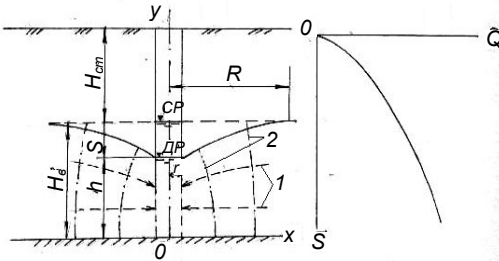


Рис. 7.6. Розрахункова схема до визначення припливу води до досконалого одиночного вертикального водозабору збоку необмеженого безнапірного водоносного пласта (а) та характеристика $Q=f(S)$ (б): 1-лінії току; 2 - еквіпотенціальні поверхні.

Тоді вираз для дебіту вертикального водозабору запишеться у вигляді

$$Q = 2\pi \cdot x \cdot y \cdot k_{\phi} \cdot \frac{dy}{dx}$$

Розділяємо змінні і інтегруємо в заданих межах

$$Q \frac{dx}{x} = 2\pi \cdot y \cdot k_{\phi} \cdot dy,$$

$$Q \int_r^R \frac{dx}{x} = 2\pi \cdot k_{\phi} \int_h^{H_e} y \cdot dy,$$

$$Q(\ln R - \ln r) = 2\pi \cdot k_{\phi} \left(\frac{H_e^2 - h^2}{2} \right),$$

$$Q \ln \frac{R}{r} = \pi \cdot k_{\phi} (H_e + h)(H_e - h),$$

$$Q \ln \frac{R}{r} = \pi \cdot k_{\phi} 2 \left(\frac{H_e + h}{2} \right) S,$$

$$Q \ln \frac{R}{r} = \pi \cdot k_{\phi} 2 \left(H_e - \frac{S}{2} \right) S,$$

$$Q \ln \frac{R}{r} = \pi \cdot k_{\phi} (2H_e - S) S,$$

Звідки

$$Q = \frac{\pi \cdot k_{\phi} (2H_e - S) S}{\ln \frac{R}{r}},$$

або

$$Q = \frac{1,36(2H_e - S) S}{\lg \frac{R}{r}} \quad (7.5)$$



Дана залежність свідчить про квадратичний характер характеристики $Q = f(S)$ при заборі води колодязем з безнапірного водоносного пласта (рис. 7.6, б). Зменшення питомого дебіту вертикального водозабору ($q_{\text{нит}} = \frac{Q}{S}$) із збільшенням величини S пояснюється зменшенням шару води біля нього.

Приплив води до одиночного **недосконалого вертикального** водозабору з боку необмеженого водоносного безнапірного пласта визначається врахує його недосконалість

$$Q = \frac{1,36(2H_e - S)S}{lg \frac{R}{r} + \xi}. \quad (7.6)$$

Приплив води до взаємодіючих вертикальних водозаборів.

У взаємодіючих вертикальних водозаборах відбувається додаткове пониження рівня за рахунок відкачування води з сусідніх водозаборів. Формули для розрахунку припливу до взаємодіючих вертикальних водозаборів можуть бути отримані з формул розрахунку припливу для одиночних водозаборів при використанні метода накладання фільтраційних течій (суперпозицій). Відповідно до цього метода при визначенні пониження рівня води в будь-якому з взаємодіючих вертикальних водозаборів послідовно знаходять пониження в ньому, що обумовлені відкачуванням з кожного вертикального водозабору окремо незалежно від інших взаємодіючих вертикальних водозаборів, і визначають їх суму. Для і-того вертикального водозабору

$$S_{\text{сум}_i} = S_{o-i} + S_{1-i} + S_{2-i} + \dots + S_{n-i},$$

де S_{o-i} - пониження рівня води в і-тому вертикальному водозаборі при відкачуванні води з нього; S_{o-i} , S_{1-i} , S_{2-i} , ... S_{n-i} - пониження рівня і-тому колодязі під впливом відкачувань води з 1,2,...n - ного вертикального водозабору.

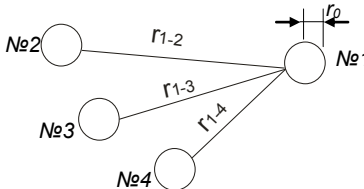
Для визначення величин S_{o-i} , S_{1-i} , S_{2-i} , ... S_{n-i} використовують формули для одиночних вертикальних водозаборів. Оскільки пониження рівня води при відкачуванні її з одиночного вертикального водозабору, що забирає воду з напірного необмеженого водоносного пласта, дорівнює

$$S_{\text{сум}} = \frac{0,37}{k_{\phi} \cdot m} Q \cdot lg \frac{R}{r}, \quad (7.7)$$

то пониження рівня у кожному з взаємодіючих вертикальних водозаборів, що забирають воду в таких самих умовах, може бути визначено з виразу

$$S_{\text{сум}} = \frac{0,37}{R_{\phi}} \sum_{i=1}^n Q_i \lg \frac{R}{r_i}. \quad (7.8)$$

Наприклад, для групи із чотирьох взаємодіючих вертикальних водозаборів (рис.7.4) пониження в колодязі №1 визначається з виразу



$$S = \frac{0,37}{k_{\phi} \cdot m} \left(\begin{aligned} &Q_1 \lg \frac{R}{r_o} + Q_2 \lg \frac{R}{r_{1-2}} + \\ &Q_3 \lg \frac{R}{r_{1-3}} + Q_4 \lg \frac{R}{r_{1-4}} \end{aligned} \right) \quad (7.9)$$

Рис.7.4. Група взаємодіючих водозаборів

де Q_1, Q_2, Q_3, Q_4 - дебіти відповідних водозаборів; r_o - радіус вертикального водозабору №1; $r_{1-2}, r_{1-3}, r_{1-4}$ - відстані від вертикального водозабору №1 до сусідніх. При допущенні про рівність витрат всіх колодязів та при однаковій відстані між сусідніми водозаборами сумарна витрата групи взаємодіючих досконалих водозаборів, що забирають воду з напірного необмеженого водоносного пласта при усталеному русі води, визначається з виразу

$$Q_{\text{сум}} = \frac{2,72k_{\phi} \cdot m \cdot S}{\lg \frac{R}{r_{3\phi}} + \frac{1}{n} \lg \frac{l}{2\pi \cdot r_o}}, \quad (7.10)$$

де S - пониження рівня води в кожному водозаборі при відкачуванні розрахункової витрати води ($S = \frac{Q_i}{q_{\text{num}}}$), $r_{3\phi}$ - зведений радіус

узагальненої системи водозабору, який залежить від планової схеми розташування водозаборів (для лінійного ряду $r_{3\phi} = 0,37L$, де L - довжина ряду; для кільцевої схеми $r_{3\phi} \approx R_o$, де R_o - радіус кільця; для майданчикової схеми $r_{3\phi} \approx 0,61 R_o$, де R_o - радіус кола, в яке вписано майданчик); n - кількість робочих водозаборів; l - відстань між сусідніми водозаборами; r_o - радіус вертикального водозабору.



Тема 8. Водозабірні свердловини та шахтні колодязі

Свердловина - це циліндрична гірнична виробка в земній корі, діаметром, значно меншим за глибину. Комплекс технологічних операцій по влаштуванню бурової свердловини називають *бурінням*.

Водозабірні свердловини розділяються за господарським призначенням, типом водоприймальної частини, способом буріння тощо. За *господарським призначенням* свердловини на воду бувають: розвідувальні, експлуатаційні, розвідувально-експлуатаційні, допоміжні. *Розвідувальні* свердловини на воду бурять в районах, слабо вивчених в гідрогеологічному плані, для вскриття і опробування водоносних горизонтів. Вони мають незначний діаметр і обладнуються тимчасовим фільтром. *Експлуатаційні* свердловини мають діаметр, достатній для розміщення постійного фільтра і експлуатаційного водопідйомника, розрахованого на проектну продуктивність свердловини. Їх бурять після розвідки місцевості на воду. *Розвідувально-експлуатаційні* свердловини є характерними для одиночних водозаборів невеликих систем водопостачання, для яких недоцільно окремо бурити розвідувальні і експлуатаційні свердловини. Діаметр розвідувально-експлуатаційних свердловин повинен бути достатнім для встановлення в них експлуатаційного водопідйомника після вскриття і опробування експлуатаційного водоносного пласта. *Допоміжні* свердловини призначені для обслуговування водозабору. До них відносять спостережні, водопонижувальні, поглинаючі свердловини.

Конструкція водозабірних свердловин визначається кількістю, діаметром та глибиною спускання колон обсадних труб і залежить від геологічних та гідрогеологічних умов, глибини свердловини, початкового (яким починають буріння) та кінцевого (яким закінчують буріння) діаметрів свердловини, типу і розмірів фільтру та водопідйомника, способу буріння.

Основні елементи бурової свердловини: гирло (місце перетинання свердловини із землею поверхнею), стінки, стовбур (проміжок між стінками), забій (нижня частина свердловини). Свердловини можуть бути вертикальні, горизонтальні, похилі. Здебільшого стінки свердловини потребують кріплення трубами, які утворюють трубчастий колодязь. В межах водоносного шару для приймання води з ґрунту колодязь обладнують спеціальним фільтром.

Принципову схему обладнання водозабірної свердловини зображено на рис. 8.1.

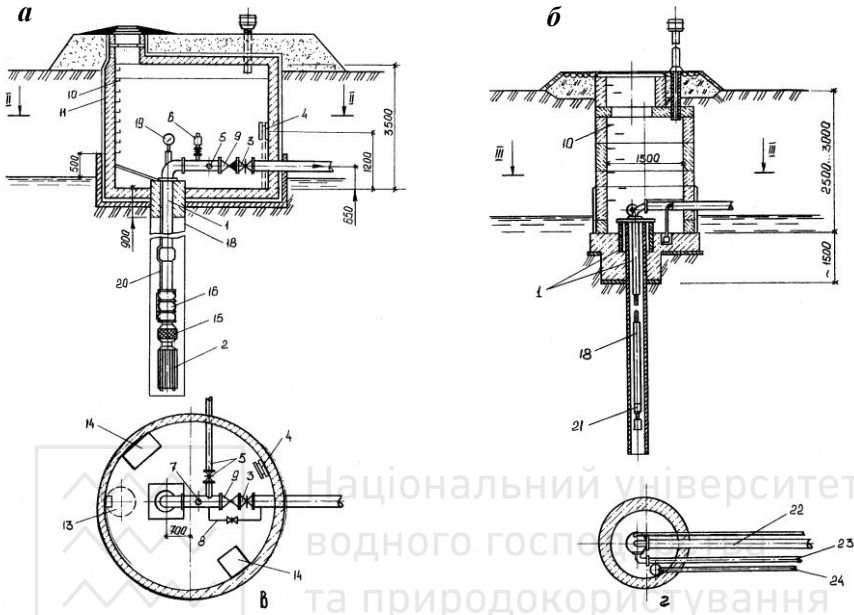


Рис. 8.1. Обладнання водозабірної свердловини

a – із зануреним насосом і підземною камерою; *б* – водоструменевим насосом;
 1 – гирло свердловини; 2 – електродвигун; 3 – засувка; 4 – манометр; 5 – трубопровід із заслінкою для відводу промивної води; 6 – вантуз із заслінкою; 7 – кран для відбору проб; 8 – трубопровід для заливки насоса; 9 – зворотний клапан; 10 – скоби ходові; 11 – ізоляція бітумна; 12 – підлога підземного павільйону; 13 – приямок; 14 – щит керування; 15 – фільтр; 16 – насос; 17 – підшипник; 18 – експлуатаційна колона; 19 – манометр; 20 – електрокабель; 21 – водоструменевий насос (апарат); 22 – всмоктуючий водопровід; 23 – напірний водопровід; 24 – всмоктуючий водопровід дренажного насосу

Вода з водоносного шару потрапляє через фільтр в середину фільтрувальної колони, яка складається з відстійника, фільтра, надфільтрової труби, сальника, а з неї - до експлуатаційної колони з обсадних труб і встановлюється на статичному рівні. Вода відкачується насосами і водопіднімальною трубою та нагнітальним трубопроводом подається споживачеві. При цьому рівень у свердловині знижується до динамічного. Найчастіше застосовують електрозаглиблені насоси марки ЕЦВ, з'єднані на жорсткій муфті з електричним двигуном і опущені в свердловину на водопіднімальних



трубах. Якщо у воді є завись, можна користуватися артезіанськими насосами марки АТН, А, НА з електродвигуном над гирлом свердловини.

Глибина свердловини залежить від глибини залягання покрівлі та товщини водоносного шару або шарів, які передбачені для експлуатації, розрахункових значень дебіту (витрати води), можливого зниження рівня, а якщо свердловина обладнана ерліфтом, то від необхідної глибини заглиблення водопіднімальних труб.

Експлуатаційний, тобто внутрішній діаметр, колони з обсадних труб, в яку встановлюють корпус насоса, і кінцевий діаметр свердловини залежать від типу водопіднімального обладнання, вибраного типу і конструкції водоприймальної частини (фільтра), потреби очищення свердловини і розміщення пристроїв для змірювання рівнів води під час експлуатації. Під час буріння водозабірні свердловини частково або повністю кріплять обсадними трубами, які запобігають руйнування стінки, ізолюють експлуатаційний водоносний пласт від неексплуатованих, запобігають потраплянню в свердловину забруднених поверхневих вод (талих, дощових). Для кріплення використовують обсадні сталеві труби умовним діаметром 127, 168, 219, 273, 324, 377, 426, 508мм одного або кількох діаметрів, встановлюють їх телескопічно.

Водоприймальна частина свердловини може бути безфільтровою або обладнаною фільтром. Безфільтрові свердловини влаштовують у стійких твердих тріщинуватих породах (граніт, базальт). В цьому разі під час буріння розкривають водоносний шар, закріплюють стінки обсадними трубами, а потім розбурюють водоносний пласт діаметром, меншим ніж діаметр експлуатаційної колони труб (рис. 8.2, а). Безфільтрову свердловину можна також влаштувати, якщо над піщаним водоносним пластом є стійкі породи - вапняк, доломіт, щільні глини (рис.8.2, 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 води пропускають воду і затримують пісок. З метою використання таких свердловин у разі слабких покрівель нині розроблено ряд технологій для зміцнення покрівель. Діаметр воронки може бути до 10м, а глибина до 3м. Щоб запобігти обваленню водоносної породи і добитися забору чистої води без домішок, у свердловині в межах водоносного шару встановлюють фільтр.

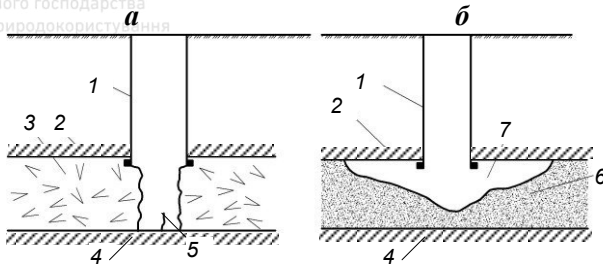


Рис. 8.2. Схеми безфільтрових свердловин:

a - 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

Він повинен бути механічно і хімічно стійким, мати такі отвори, які б затримували водоносну породу. Встановлено, що робота отворів фільтра буде оптимальною, якщо над ним влаштувати місток з найкрупніших частинок породи (рис. 8.3). При цьому на початку відкачування маленькі частинки проходять через отвори в середину фільтрової колони. Частина з них осідає у відстійнику. В міру відкачування до отвору підходять крупніші частинки, які, заклинюючись в отворах, влаштовують місток. При постійному дебіті свердловини місток існує досить надійно і довго, але при змінах дебіту містки руйнуються, частинки проходять через фільтр і осідають у відстійнику. Внаслідок цього утворюватиметься новий місток. Таким чином, розміри отворів тим більші, чим більші частинки порід. Тип фільтра водозабірної свердловини визначають залежно від характеристики порід водоносного пласта (насамперед від параметру $d_{50\%}$ - розміру частинок, дрібніші від яких становлять 50% породи водоносного шару та глибини свердловини).

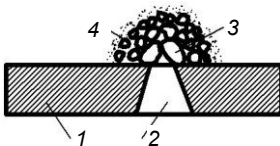


Рис. 8.3. Схема роботи отвору фільтра
1 - стінка фільтра; 2 - отвір; 3 - місток із зерен

породи; 4 - водоносна порода

Фільтр складається з окремих секцій завдовжки 1...5м. Секції за допомогою різьбових муфт збираються в колони. Робоча частина фільтра має не доходити до покрівлі та підшви водоносного шару на 0,5...0,1м.

Трубчасті фільтри виконуються з обсадних труб, на кінцях яких робиться різьба для їх з'єднання за допомогою муфт. Звичайно, трубчасті фільтри виготовляються нецентралізовано, в майстернях бурових організацій. Ці фільтри мають шпаруватість від 25 до 35% при діаметрі отворів 16...20мм, схильні до корозії. Трубчасті фільтри з щільною перфорацією мають довжину щілин 50...250мм і ширину 2,5...15мм. Можна робити ширину щілин й меншою, але вони швидко заростають або забиваються водоносною породою. Відстань між щілинами дорівнює десяти їх ширині. Трубчасті фільтри з круглою перфорацією, звичайно, служать каркасом для більш складних конструкцій фільтрів.

Сітчасті фільтри передбачають намотування сітки галунного або рапсового плетіння на трубчастий каркас з підмоткою (рис. 8.4).

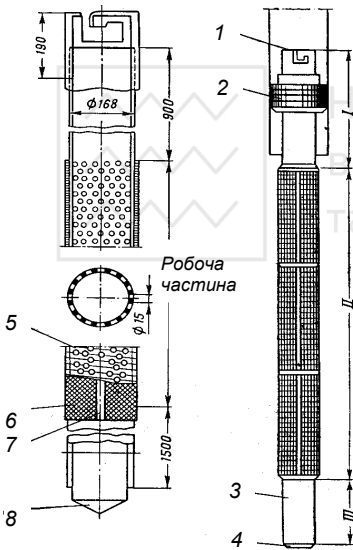


Рис.8.4. Сітчастий фільтр

- I - надфільтрова труба;
- II - фільтр; III - відстійник;
- 1- замок; 2- сальник;
- 3- відстійник; 4- корок;
- 5- латунний дріт; 6- сітка;
- 7- повздовжня латунна накладка;
- 8- дерев'яний корок

Розмір вічка сітки визначається дослідним шляхом: просіюванням сухого водоносного піску через набір сіток. Вважається, що сітка, яка пропускає 30...70% водоносного піску дає позитивний ефект при роботі фільтра. Звичайно, використовується сітка галунного плетіння 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; 0,14мм. Можуть використовуватись сітки латунні або із неіржавіючої сталі для запобігання її корозії та руйнування в свердловині. Сітка повинна обмотувати каркас одним шаром з невеликими загинами в місцях з'єднання. З'єднання вертикального шва сітки проводять за допомогою припаювання вертикальних латунних накладок або шляхом зшивання. При цьому трубчастий каркас має повздовжні стержні діаметром 3мм та намотаний за гвинтовою лінією дріт діаметром 1мм.



Дротяний фільтр має трубчастий каркас з круглою перфорацією, на зовнішній поверхні якого за периметром з відстанню один від одного закріплені повздовжні дроти діаметром 4...5мм. Зверху механічним способом на токарному станку намотується дріт діаметром 3мм з просвітом між витками 0,5...3мм.

Каркасно-стержневий фільтр відрізняється від попереднього тим, що замість трубчастого каркасу виготовляється каркас з повздовжніх дротів діаметром 12...15мм. Дроти тримають круглий переріз завдяки з'єднувальним патрубкам та опорним кільцям, до яких вони приварюються. Діаметр дроту для намотування приймається 1,5...4мм з шириною просвіта 0,5...6мм. Шпаруватість дротяних фільтрів дорівнює 11...80%, вона збільшується при збільшенні просвіту та зменшенні діаметра обмотувального дроту. Великим недоліком таких фільтрів є те, що їх треба дуже акуратно «посадити» в свердловину, щоб не збити витки. Тому, не дивлячись на високу шпаруватість, вони не використовуються для глибоких свердловин, фільтрів з обсипаним навкруги його шаром або декілька шарами піску або гравію. Такі фільтри можуть виготовлятися на поверхні землі (кожухові) та безпосередньо у водоносному шарі (обсипні).

Кожухові фільтри, звичайно, використовуються при роторному способі буріння. Кожна секція фільтра має закріпленій знизу сітчастий або з перфорованого листа кожух, куди щільно засипається гравій. Потім зверху кожух затягується хомутом. Отвори в карасі кожної секції повинні бути нижче верхнього рівня обсипки на 500мм. Секції збираються у фільтрову колону й в готовому вигляді опускаються у свердловину.

Обсипні фільтри найчастіше використовуються при ударно-канатному способі буріння. При цьому у розкритий та обсаджений водоносний шар опускається каркас й по засипних трубках засипається гравій. Для обсипки гравійних фільтрів використовують пісок, гравій, піщано-гравійну суміш. Склад матеріалу обсипки першого шару

$$D_{50} = (8 \dots 12) d_{50}, \quad (8.1)$$

де d_{50} - розмір частинок водоносного шару, дрібніші від яких становлять 50% , мм.

У багатошарових обсипках для другого та наступного шарів

$$D_2 = (4 \dots 6) D_1, \quad (8.2)$$

де D_1, D_2 – склад матеріалу сусідніх шарів обсипки.



Товщина шарів обсіпки приймається: для кожухових фільтрів - не менше 30мм; для обсіпних фільтрів - не менше 50мм. При глибині свердловини до 50м надфільтрова труба фільтрової колони повинна мати сальник та довжину не менше 3м, при більшій глибині - не менше 5м, довжина відстійника не повинна перевищувати 2м.

Під час роботи свердловини її фільтр може кольматуватись механічними домішками та солями заліза, магнію, кальцію, що призводить до зменшення дебіту. Для відновлення первинного дебіту використовують наступні способи:

- очищення внутрішньої поверхні фільтра спеціальними йоржами-щітками;
- переривчасте відкачування води ерліфтом великої продуктивності(більшої ніж розрахунковий дебіт);
- утворення гідравлічного удару важкою жолонкою;
- наливання води в свердловину;
- промивання фільтра водою, що подається у свердловину насосами від сусідніх 3...4 діючих свердловин упродовж 2...3 діб;
- обробка фільтра соляною кислотою, для чого в попередньо загерметизовану свердловину трубками подають інгібовану кислоту і стисненим повітрям проштовхують її крізь фільтр у водонесний пласт.

Водозахоплююча здатність свердловини може зменшуватись при невеликій відстані між ними.

Найбільш поширені способи спорудження водозабірних свердловин - роторний та ударно-канатний.

Ударно-канатний спосіб буріння. При цьому способі порода у свердловині руйнується ударами важкого бурового снаряду, який скидається у забій з висоти 0,35...1,0м. Розпушену породу виймають періодично (у міру її накопичення) желонкою, яка також скидається з висоти 0,35...5,0 м. При ударно-канатному способі буріння м'яких і середньої міцності порід стінки свердловини закріплюють обсадними трубами одночасно з бурінням, тобто, пройшовши свердловину на 0,5... 1,0м, виймають буровий снаряд та желонку і забивним снарядом, забивають обсадні труби. Діаметр долота і желонки менший за внутрішній діаметр труб. Тому при забиванні обсадних труб ними зрізується певний шар ґрунту, опір порід трубам збільшується, і просування труб на глибину понад 50м неможливе. Цю глибину називають *виходом колони*. Для

подальшого буріння треба поступово переходити на менші діаметри. Конструкція свердловини набуде телескопічного вигляду. 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. При бурінні башмак обсадної колони слід зупинити в щільних породах або в забій накидати м'ятої глини. Тверді стійкі породи можна розбурювати на повну глибину, а потім обсаджувати трубами. При цьому труби мають досить вільно входити у свердловину. *Роторний спосіб буріння.* Суть цього методу полягає в тому, що порода в забої руйнується обертальним буровим снарядом і виноситься на денну поверхню промивною рідиною. Є два способи такого буріння: з прямим і зворотним промиванням. При бурінні з прямим промиванням промивну рідину подають бурильними трубами, а із зворотною, навпаки, забирають ними.

Стінки свердловини закріплюють звичайно після проходження її на необхідну глибину (рис. 8.5).

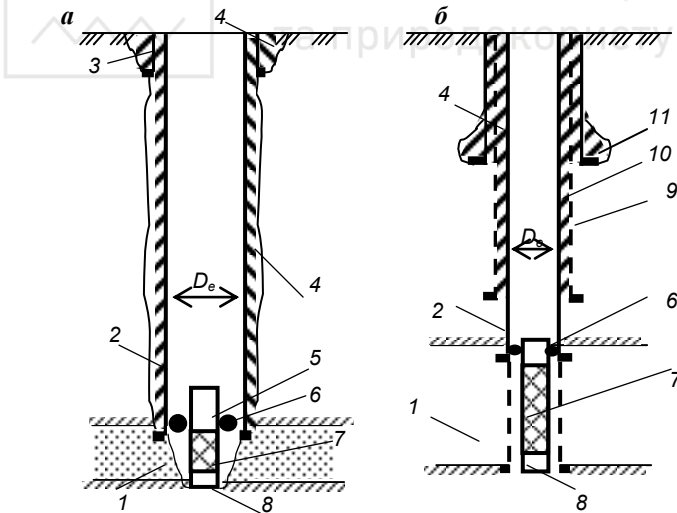


Рис. 8.5. Конструкції бурової свердловин

а - роторного буріння; *б* - ударно-канатного буріння; 1 - водоносний пласт; 2 - експлуатаційна колона обсадних труб; 3 - кондуктор; 4 - затрубна цементация; 5 - надфільтрова труба; 6 - сальник; 7 - фільтр; 8 - відстійник; 9 - технічна колона; 10 - міжтрубне цементування; 11 - підбашмачне тампонування



Спосіб буріння водозабірних свердловин призначають, як правило, залежно від місцевих умов. Ударно-канатний спосіб рекомендують при глибині свердловини до 150м і важких геологічних умовах, роторний - навпаки, при глибших свердловинах і хороших геологічних умовах. Складними геологічними умовами є малодобітні і малонапірні пласти, які при роторному способі дуже кольматуються, відсутність достатньої кількості води, глини, крейди для приготування промивних розчинів або необхідність підігрівання цих розчинів у зимових умовах. Для усіх свердловин, перед здаванням їх в експлуатацію, здійснюють *будівельні відкачування*, які необхідні для видалення шламу, глинистих частинок, найдрібніших фракцій піску, а також *дослідні відкачування*. Метою останніх є встановлення залежності дебіту від зниження рівня води. Для встановлення в процесі буріння припливу води в свердловину виконують *пробні відкачування*. Якщо є підозра на виснаження водоносного пласту, виконують *тривалі відкачування*. Перед закінченням відкачувань беруть проби води для фізичного, хімічного, бактеріологічного аналізів. Відкачування здійснюють ерліфтами, поршневыми штанговими насосами, водоструминними і відцентровими насосами.

Камери (павільйони) над свердловинами (рис. 8.1) призначені для розміщення оголовка свердловини, електродвигуна (якщо свердловина обладнана артезіанським насосом з трансмісійним валом), приладів автоматичного або ручного керування насосом, частини напірного трубопроводу з вимірювальною, запобіжною та запірною-регулювальною арматурою, трубопроводу для спускання води при пуску і промивці свердловини. В якості витратоміра частіше застосовують водомірну діафрагму з діфманометром або турбінний водомір, який встановлюють на обвідній лінії в межах насосної станції. Камери будують, як правило, в сухих ґрунтах. Наземні павільйони дорожче камер і спороджуються на водозабірних майданчиках з мокрими ґрунтами та у випадку обладнання свердловини артезіанським насосом з трансмісійним валом.

При проектуванні водозабірних свердловин після гідрогеологічних розрахунків проводять технологічні розрахунки з визначення розмірів фільтру (або безфільтрової водоприймальної частини), підбору експлуатаційного водопідйомника та розробки конструкції свердловини.



Довжина робочої частини фільтра (l_ϕ) при потужності водоносного пласта $m < 10...15$ м приймається в межах $(0,8...0,9)$ м, а при $m > 10...15$ м визначається залежно від продуктивності свердловини та властивостей водоносної породи. Довжина фільтра та його зовнішній діаметр (D_ϕ) повинні забезпечити пропуск в свердловину розрахункової витрати води зі швидкістю, не більшою максимальної допустимої, яка визначається для фільтрів без гравійної обсіпки з виразу

$$V_{\phi.\dot{o}on} = 65 \cdot \sqrt[3]{k_\phi}, \quad (8.3)$$

а для фільтрів з гравійною обсіпкою з виразу

$$V_{\phi.\dot{o}on} = 1000 \cdot k_\phi \cdot \left(\frac{d_{50}}{D_{50}} \right)^2, \quad (8.4)$$

де k_ϕ - коефіцієнт фільтрації водоносної породи; d_{50} , D_{50} - п'ятидесятипроцентні діаметри часток водоносної породи та гравійної обсіпки відповідно.

Підбір механічного складу гравійної обсіпки проводиться за коефіцієнтом міжшаровості $d_{50}/D_{50} = 8...12$. Механічний склад часток у внутрішньому шарі двохшарової гравійної обсіпки (рис. 7.6, б) підбирається за співвідношенням $D_{50}^1/D_{50}^2 = 4...6$, де D_{50}^1 , D_{50}^2 - п'ятидесятипроцентні діаметри часток гравійної обсіпки у внутрішньому та зовнішньому шарі обсіпки відповідно. Розмір отворів (вічок сітки, кроку намотування дроту) у водоприймальних поверхнях фільтрів визначається за співвідношенням $d_{ome} = K \cdot d_{50}$, де K - коефіцієнт, який залежить від типу водоприймальної поверхні і коефіцієнта неоднорідності породи (d_{60}/d_{10}) і приймається 1,25...4.

Технологічними розрахунками визначають напір насосу при висоті підняття води від динамічного рівня найвіддаленішої від збірного вузла свердловини до рівня води (п'єзометричної позначки) у цьому вузлі. При використанні заглиблених насосів їх діаметр та довжина впливають на конструктивне рішення свердловин. Діаметр колон обсадних труб та глибина їх спускання залежать від діаметру фільтра (водоприймальної частини) і заглибленого насоса, їх висотного положення, гідрогеологічних та геологічних умов, способу буріння свердловини. Довжина фільтрової та обсадних колон свердловин приймається відповідно

до даних, наведених на рис.7.6. Різниця діаметрів суміжних колон для свердловин роторного буріння приймається не менше 100 мм, а для свердловин ударно-канатного буріння - не менше 50 мм.

Здебільшого **шахтні колодязі** використовують у разі забирання невеликої кількості води. При потужності водоносного пласту до 3м влаштовують колодязі досконалого типу (рис. 8.6, а), а при більшій - можуть бути недосконалого типу (рис. 8.6, б).

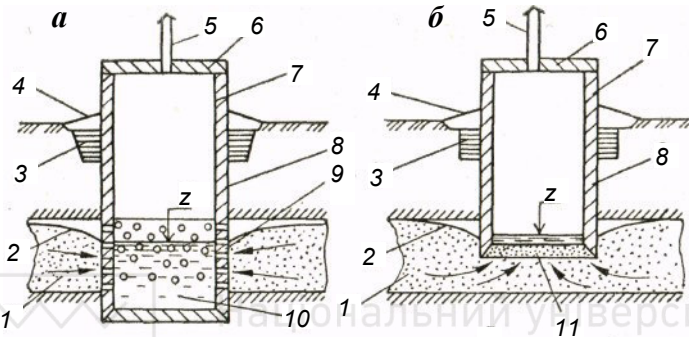


Рис. 8.6 Схема шахтних колодязів

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 - стовбур; 9 - водоприймальна частина; 10 - зумпф; 11 - зворотний фільтр

Вода з водоносного пласту надходить в колодязь через бокові водоприймальні отвори в досконалих колодязях і через дно у недосконалих. Інколи в недосконалих колодязях вода може потрапляти в нього і через стінки, і через дно. При розміщенні водоприймальної частини на дні звичайно передбачають зворотний піщано-гравійний фільтр (крупність зростає знизу вгору) із шарів по 10... 15см, загальна товщина яких 0,4...0,6м; відношення п'ятидесятипроцентних діаметрів зерен кожного сусіднього шару приймають $D_{50} / d_{50} = 4...6$. Водоприймальну частину в стінках виконують у вигляді:

- отворів або щілин (в галькових або тріщинуватих породах);
- колодязного гравітаційного фільтра (рис. 8.7, а);
- колодязного пінолістирольного фільтра конструкції Дяченка (рис. 8.7, б);
- пористих блоків, що їх встановлюють у спеціальні вікна - в залізобетонних кільцях.



Рис. 8.7. **Водоприймальна частина шахтних колодязів**

a - колодязний гравітаційний фільтр;

б - колодязний пінополістирольний

фільтр; 1 - водоносний пласт; 2 –

стінка колодязя; 3 - кутовий отвір;

4 - дрібний пісок; 5 - крупний пісок;

6 - внутрішня частина колодязя;

7 - похилий отвір; 8 - дрібний піно-

полістирол; 9 - крупний пінополістирол;

10 - решітка; 11 - канал наповнення;

12 – корок

надає можливість добре організувати експлуатацію (водопідняття, водозабір, нагляд за роботою). Стовбур потрібний для розміщення в ньому водопіднімальних пристроїв, обладнання водоприймальної частини, виконання робіт із відриття колодязя. Звичайно колодязі відривають опускним способом з використанням копачів КШК-25, КШК-30А, КШК-40 або вручну. Верх колодязя має бути вищим за поверхню землі на 0,8м, а вентиляційна труба - на 2,0м. Навкруги колодязя влаштовують вимощення 1...2м завширшки з уклоном 0,1 від колодязя. Глиняний замок 0,5м завширшки і 1,5...2,0м заввишки виконують у колодязях для господарсько-питних потреб. У плані колодязі можуть бути прямокутні або круглі. Максимальні розміри 4x4м для прямокутних або 4м (діаметр) - для круглих, мінімальні, відповідно, 1,4 x 1,4м і 1,0м. За матеріалом вони можуть бути бетонні, залізобетонні, кам'яні, дерев'яні. Загальна формула для розрахунку притоку води до шахтного колодязя, що забирає воду з необмеженого в плані водоносного пласта, має вигляд

$$Q = \frac{2,72k_{\phi} \cdot m \cdot S}{lg \frac{1,65R}{r} + \xi_{\kappa}} \quad (8.5)$$



де всі позначення співпадають з позначеннями у формулі 7.4 для розрахунку притоку води до недосконалого вертикального водозабору з боку необмеженого напірного водоносного пласта.

Орієнтовний притік води до циліндричного недосконалого шахтного колодязя, що забирає воду через дно, визначається за співвідношенням $Q = 4R_{\phi} \cdot r \cdot S$.

Розрахунками шахтних колодязів визначають можливий притік води до них при їх заданих розмірах (наприклад типових) або їх розміри при заданій витраті і прийнятій швидкості притоку води до водоприймальної частини ($V \leq 65 \cdot \sqrt[3]{k_{\phi}}$).

Збірні водоводи водозаборів підземних вод призначені для транспортування води від водозабірних споруд до збірних вузлів (резервуарів або станцій підготовки води).

Схеми збірних водоводів в плані є достатньо різноманітними і залежать від планового розташування свердловин, розташування збірних вузлів, схеми подачі води споживачам, категорії забезпеченості подачі води. Найбільш поширені *лінійні* (тупикові) схеми збірних водоводів, наведені на рис.8.8.

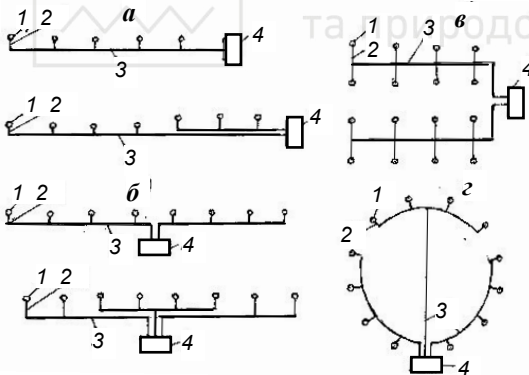


Рис. 8.8. Лінійні схеми збірних водоводів при лінійному (а - з кінцевим розташуванням збірного вузла; б - з проміжним розташуванням збірного вузла), майданчиковому (в) та кільцевому (г) розташуванні свердловин: 1 - свердловина; 2 - підключення; 3 - збірний водовід; 4 - збірний вузол

В одну нитку збірний водовід може проектуватись в разі допущення перерви в подачі води споживачам. При проектуванні 2 і більше ниток збірних водоводів при відключенні однієї з них на ремонт решта повинні подавати до збірного вузла витрату в розмірі 70% від розрахункової (за рахунок роботи насосів в підключених свердловинах з перевантаженням). Максимальна кількість свердловин, що підключаються до однієї нитки збірного водоводу,



визначається з умов знаходження робочих точок характеристик насосів в області оптимальних к.к.д., зазначених в заводських характеристиках. Діаметри лінійних водоводів повинні прийматись за телескопічною схемою з послідовним збільшенням при підключенні свердловин. Розташування збірної вузла залежить від місцезнаходження об'єкта водопостачання відносно створу водозабору, а при самопливних водоводах також від рельєфу місцевості по трасі. В *кільцевих* схемах збірних водоводів безперебійність подачі води досягається можливістю її транспортування по кільцю. Кільцевий водовід ділиться на 3 ремонтні ділянки, які відділяються одна від одної засувками. При виключенні будь-якої ділянки з роботи збоку решти у збірний вузол подається витрата в розмірі 70% від розрахункової.

При великій продуктивності водозабору і відносно коротких збірних водоводах приймається схема парних водоводів. Така схема передбачає влаштування двох паралельних водоводів з підключенням до обох всіх свердловин. При цьому забезпечується безперервна подача розрахункової витрати $Q_{вод}$ до збірної вузла.

За характером руху води і способом її подачі є декілька 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. Найбільш поширеними є *напірно-нагнітальні* збірні водоводи, вода в які подається насосами і які роблять повним перерізом. Вони прокладаються зі сталевих, чавунних, азбестоцементних, напірних залізобетонних, пластмасових труб. При виборі матеріалу труб слід враховувати вимогу економії металу і корозійні властивості води. При гідравлічних розрахунках напірних збірних водоводів діаметром $d=100...400$ мм орієнтовно швидкість приймається $V=0,4...0,7$ м/с, а при $d=500...1000$ мм - $V=0,7...1$ м/с. *Самопливні* збірні водоводи проектується при збиранні води від фонтануючих свердловин, а також від свердловин, що обладнані насосами, коли рельєф місцевості дозволяє подавати воду від свердловин самопливом. Такі водоводи прокладаються з безнапірних бетонних та залізобетонних (при $d \geq 500$ мм), азбестоцементних, пластмасових (при $d \leq 500$ мм) труб. *Самопливно-безнапірні* трубопроводи, що роблять 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 проектуються на водозаборах з глибиною динамічного рівня від поверхні землі $H_{\text{дин}} < 5 \dots 8 \text{ м}$. Водозабірні свердловини, об'єднані між собою збірними водоводами, являють єдину гідравлічну систему. При експлуатації таких систем чітко просліджується зв'язок між зміною дебіту свердловин (і водозабору в цілому) і зміною гідродинамічного режиму підземних вод, а також гідравлічних параметрів окремих споруд. Тому вже на стадії розробки проекту слід оцінювати працездатність системи. Така оцінка проводиться на підставі комплексних розрахунків водозаборів підземних вод. *Задачею комплексних розрахунків* водозаборів підземних вод є: підбір насосів, що встановлюються в свердловинах; визначення подачі води від кожної свердловини і пониження в ній статичного рівня; проведення аналізу роботи системи при зміні характеристик свердловини з врахуванням вичерпання запасів підземних вод і збільшення опору водоприймальних частин; вибір оптимального режиму сумісної роботи насосів, водоводів і свердловин, при якому забезпечується подача розрахункової витрати води споживачам при найменших затратах електроенергії. Такі розрахунки слід проводити при різних розрахункових режимах і на різні періоди експлуатації водозаборів (тобто з врахуванням сезонних коливань рівнів і спрацювання запасів підземних вод, кольматажу і виходу свердловин з ладу, відключення окремих ліній збірних водоводів тощо) і на підставі цього визначати строки проведення заходів, спрямованих на підтримання стабільної роботи систем.

Вихідним матеріалом для проведення розрахунків водозаборів є: гідрогеологічна розрахункова схема розташування водозабірних та інфільтраційних споруд; розрахункова схема збирання води від свердловин; висотна схема подачі води у збірний вузол.

Тема 9. Горизонтальні, променеві та каптажні водозабори

При влаштуванні горизонтального водозабору водоносний пласт розробляють горизонтальною виробкою (канавою, штольнею). В цю

виробку укладають різноманітні пристрої, які приймають воду з водоносного пласту (рис. 9.1) і транспортують її до збирного колодязя. Довжина такого водозабору може досягати сотень метрів, що забезпечує довгий фронт захоплення води з джерела.

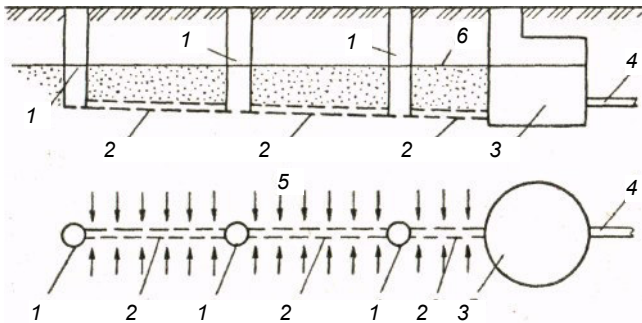


Рис. 9.1. Принципова схема горизонтального водозабору

1 - оглядовий колодязь; 2 - водоприймальна частина; 3 - збиральний колодязь; 4 - витратна труба; 5 - водоносний пласт; 6 - рівень води

Водозабори при глибині залягання води до 8м влаштовують відкритим способом, а при більшій - штольневим. Водоприймальна частина може бути у вигляді відкритого каналу, кам'яно-щебеневої дрени, трубчастої дрени, галереї (рис. 9.2).

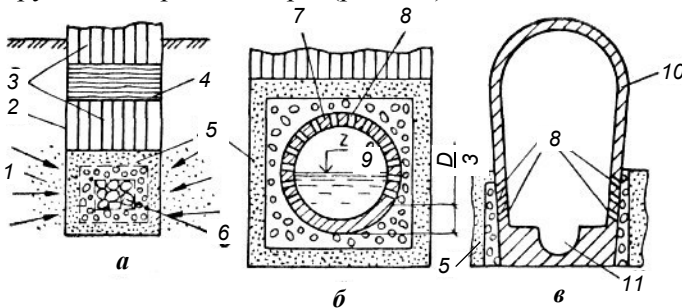


Рис. 9.2. Схеми водоприймальних частин горизонтальних водозаборів:

а - кам'яно-щебеневої; б - трубчастої; в - галерейної; 1 - водоносний пласт; 2 - контури відритої канами; 3 - місцевий ґрунт; 4 - глиняний замок; 5 - зворотний фільтр; 6 - кам'яно-щебенева вимощення; 7 - труба; 8 - рівень води в трубі; 9 - містцевий ґрунт; 10 - галерея; 11 - лоток у галереї

Водозабори у вигляді відкритого каналу використовують тільки для постачання виробничою водою, кам'яно-щебенева дрени - для



систем тимчасового постачання, трубчасті дрени - для систем невеликої продуктивності, галереї - для відповідальних і великих систем.

Кам'яно-щебеневу дренаж (рис. 9.2, а) із рваного каменю або щебеню розміром у поперечному перерізі 30 x 30 або 50 x 50см викладають у заздалегідь відриту траншею. Навколо такої дрени влаштовують зворотний фільтр. Дрена має уклон до збирального колодязя 0,01...0,05. Уклон труб у бік збирального колодязя має бути 0, 07... 0,001 (менший - для більшого діаметра). Швидкість течії призначають не менш як 0,7м/с при розрахунковому наповненні 0,5D. Навколо вимощення також роблять дво - або тришаровий зворотний фільтр. *Кам'яно-щебеневі* горизонтальні водозбори застосовують при захопленні підземних вод на глибині до 3...4м від поверхні землі (води зони аерації) переважно для водопостачання невеликих об'єктів та для тимчасового водопостачання. *Трубчасті* горизонтальні водозбори (рис.9.2, б) влаштовують при глибині залягання підшови водоносного пласта до 5...8м від поверхні землі і застосовують в системах водопостачання II та III категорії надійності. Діаметр перфорованої труби (азбестоцементної, залізобетонної, керамічної, пластмасової) залежить від витрати води. При зміні діаметра в межах $D=150...500$ мм уклон прокладання труби вбік водозбірного колодязя знаходиться в межах $i=0,007...0,001$. Швидкість течії в трубах повинна забезпечувати переміщення з водою часток водоносної породи, які потрапляють у трубу (0,3...1,4м/с). Водоприймальні отвори діаметром 0,5...1см розташовують у верхній та бокових частинах труби. Їх загальна площа повинна бути розрахована на максимальний приплив води до водоприймальної частини водозабору і визначається з виразу
$$\omega = \frac{q}{\mu \sqrt{2gh_{сер}}}$$
, де q -

приплив води на 1м водоприймальної частини; μ - коефіцієнт витрати (0,6...0,62); $h_{сер}$ - середній напір над водоприймальними отворами.

Галерейні горизонтальні водозбори (рис. 9.2, в) влаштовують в достатньо великих системах водопостачання I та II категорії надійності. Водоприймальна частина галереї складається із збірних залізобетонних ланок овалоподібної або прямокутної форми



шириною до 1м і висотою до 2,2м, що дозволяє здійснювати проходження експлуатаційного персоналу по бермах або містках, встановлених на них. Окремі залізобетонні елементи монтують на спеціально підготовленій основі з пісного бетону, що не дає можливості елементам зміщуватись один відносно одного.

Щілини або круглі водоприймальні отвори в стінках нижньої частини заповнюють пористим бетоном або іншим фільтруючим матеріалом.

При глибині залягання підземних вод більше 8м від поверхні землі можливо влаштування горизонтальних водозбірних галерей, які проходять підземним способом (*штольневі* горизонтальні водозбори). В перерізі штольні можуть мати круглу, овалоподібну, прямокутну форму і на відміну від галерей, влаштованих відкритим способом, не мають фільтруючої обсіпки. В дрібнозернистих ґрунтах всередині штольні може бути влаштований зворотний гравійно-піщаний фільтр з щілинними плитами. Довжина деяких штольневих горизонтальних водозборів в передгірських районах складає від декількох сотень метрів до декількох кілометрів при глибині закладання 60м і більше.

Оглядові колодязі кам'яно-щебеневих та трубчастих горизонтальних водозборів встановлюють по їх довжині, як правило, з інтервалом до 50м, а галерейних та штольневих - через 100...150м. Оглядові колодязі встановлюють також в місцях зміни напрямку водоприймальної частини в горизонтальній та вертикальній площині. Внутрішній діаметр колодязів становить 0,75...1,25м. Верх колодязів повинен бути вищим за поверхню землі не менш ніж на 0,25м. Навкруги колодязя влаштовують водонепроникне мощення шириною більше 1м. На дні оглядового колодязя влаштовують лоток, закритий зверху кришкою. Колодязь повинен мати вентиляційну трубу, яка підвищується над землею на 2м.

Водозбірний колодязь, залежно від умов залягання водоносного пласта, розташовується в кінці або в проміжній точці лінії горизонтального водозбору, а в окремих випадках - на розгалуженні ліній. Розміри водозбірного колодязя визначаються з умови забезпечення сприятливого режиму роботи насосної установки та розміщення в ньому обладнання для спостереження за кількістю і якістю води, яка надходить з різних гілок водозабору. Водозбірні колодязі великих водозаборів секціонують відповідно до кількості



гілок водозабору. Насосні станції I підняття залежно від типу насосного обладнання і продуктивності влаштовують роздільно або суміщено з водозбірним колодязем. Водозбірний колодязь нагадує за виглядом каптажну камеру. Місткість її і розміри визначають з умови збереження 300...600-секундних витрат і розстановки обладнання.

Схема припливу води до горизонтального водозбору наведена на рис.9.3.

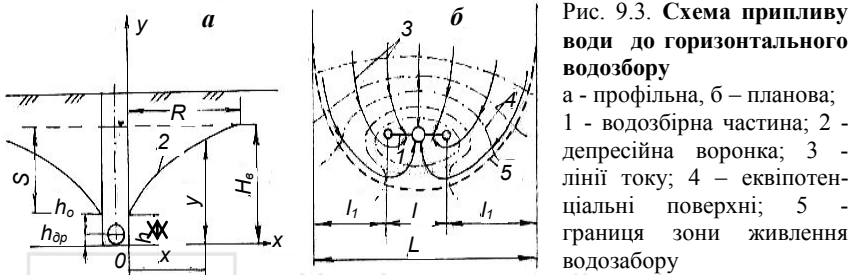


Рис. 9.3. Схема припливу води до горизонтального водозбору
а - профільна, б – планова;
1 - водозбірна частина; 2 - депресійна воронка; 3 - лінії току; 4 - еквіпотенціальні поверхні; 5 - границя зони живлення водозабору

На рис. 9.3: R - радіус впливу; $H_в$ - висота стовпа води при статичному її рівні; S - пониження рівня води при її заборі; h - шар води на вході в горизонтальну виробку водозабору; $h_{др}$ - шар води всередині водопріймальної частини.

Дослідження Форхгеймера показали, що дебіт недовгого горизонтального водозбору ($l < 30...50$ м) в необмеженому пласті дорівнює дебіту круглого в плані колодязя діаметром $D = \frac{l}{2}$ та може бути визначений за формулою

$$Q = \frac{1,36k_{\phi} \cdot S(2H_в - S)}{lg \frac{4R}{l}}, \quad (9.1)$$

де S може прийматись як допустиме пониження рівня $S_{дон}$, при якому забезпечується технічна можливість встановлення насосного обладнання і яке орієнтовно визначається за формулою $S_{дон} = (0,5...0,7)H_в - \Delta h_{нас} - \Delta h_{\phi}$; ($\Delta h_{нас}$ - максимальна величина заглиблення нижньої кромки насоса під динамічний рівень; Δh_{ϕ} - втрати напору на вході в дренаж); R - зведений радіус впливу, який



визначається за залежністю $R = 1,5\sqrt{a \cdot t}$ (a - коефіцієнт п'єзопровідності водоносного пласта; t - час від початку встановлення постійного динамічного рівня).

Приплив води на 1п.м водоприймальної частини звичайно прийнято визначати для умов плоского (не радіального, зображеного на рис. 9.2, б) потоку, що може бути достатньо вірним тільки при дуже великій довжині водоприймальної частини, коли вона стає співрозмірною з шириною водоносного пласта.

На смузі водоприймального пласта шириною 1м до його перерізу на відстані x від водозабору до нього припливають витрати

$$q_1 = \omega \cdot V = l \cdot y \cdot k_\phi \frac{dx}{dy}.$$

Розділяючи змінні отримаємо

$$q_1 \cdot dx = k_\phi \cdot y \cdot dy,$$

де x змінюється в межах від 0 до R , а y - від h до H_e . Інтегруємо в заданих межах

$$q_1 \int_0^R dx = k_\phi \int_h^{H_e} y \cdot dy;$$

$$q_1 \cdot R = k_\phi \frac{H_e^2 - h^2}{2};$$

$$q_1 = k_\phi \cdot \frac{H_e^2 - h^2}{2R}.$$

Таким чином, приплив води до горизонтального водозабору довжиною l може бути орієнтовно визначений за формулою

$$Q = k_\phi \cdot l \frac{H_e^2 - h^2}{2R}. \quad (9.2)$$

Цю формулу частіше використовують для визначення величини l за заданою величиною Q .

Величину шару води на вході в горизонтальну виробку звичайно визначають за співвідношенням $h = (1/8 - 1/12)H_e$. Перепад рівнів води на вході у виробку і всередині водоприймальної частини можна, зокрема, визначити за залежністю $h_o = 0,441 \cdot q_1 / k_\phi$. За величиною h_o перевіряють вірність прийнятого значення h . Якщо $h >$



h_o , то вскритий виробкою переріз водоносного пласта забезпечує пропуск витрати q_1 до водозбору. Якщо $h < h_o$, то для забезпечення розрахункового притоку q_1 необхідно прийняти більше значення h .

Знайдені формули для визначення припливу води до горизонтального водозбору в різних гідрогеологічних умовах, що відрізняються кількістю шарів водоносного пласта, ступенем його обмеженості, розташування водозбору відносно водоупору (ступенем недосконалості водозбору) тощо.

Променеві водозбори за своєю суттю є різновидом горизонтальних водозборів і являють собою систему горизонтальних або похилих променів-свердловин, що радіально відходять від водозбирального колодезя (рис. 9.4).

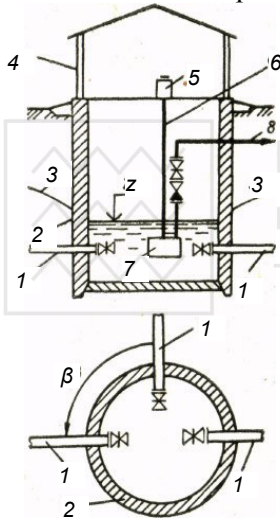


Рис. 9.4. Принципова схема променевого водозбору

1 - промені (свердловини); 2 - водозбиральний колодезь; 3 - депресійна крива; 4 - наземний павільйон; 5 - електродвигун; 6 - трансмісійний вал; 7 - насос; 8 - нагнітальний трубопровід

Променеві водозбори доцільно застосовувати у водоносних пластах, покрівля яких розташована на глибині не більше 10м від поверхні землі, а потужність водоносного пласта не перевищує 20м; для захоплення підземних вод підруслівих алювіальних відкладень в берегах і під руслом

річок; в неоднорідних по висоті водоносних пластах, коли необхідно повніше використовувати шари з найбільшою водністю. Кут між променями встановлюють не менше 20° . Промені можуть розходитися в різні боки або відходити в якомусь одному напрямку. Якщо водозбір розташований на березі річки, то доцільно спрямовувати промені в бік річки і навіть під її русло. Вода з водоносного пласта надходить спочатку в промені, а потім перетікає в колодезь. Водозбиральний колодезь - це круглий в плані бетонний або залізобетонний колодезь діаметром 1...6м. Він потрібний для створення необхідних умов для буріння свердловин,



розміщення обладнання, акумулювання невеликого запасу води або як фундамент наземного павільйону.

Горизонтальні промені найчастіше прокладають методом проколу, тобто в колодязі встановлюють гідравлічні домкрати, які через отвори в стінках «проколюють» промені. Свердловини влаштовують із сталевих труб діаметром 50...500мм завдовжки 5...80м. При довжині променів понад 60м їх роблять телескопічними. Труби (промені) мають круглу або щілинну перфо-рацію, яка дає змогу надходити воді й утримувати водоносну породу. В дрібнопіщаних породах можна спочатку робити захисну обсадну трубу, а вже в неї вставляти робочу частину променя яка має, як і водозабірні свердловини, фільтр. Потім захисні обсадні труби виймають. Відстань від променів до дна колодязя має бути не менше 1м.

Променеві водозабори дуже складні й трудомісткі при спорудженні, але на противагу водозабірним свердловинам потребують менше місця для будівництва їх, у них спрощена експлуатація, більша площа фільтрації й можливість надходження більшої кількості води з водоносного пласта при меншій швидкості входу у фільтруючу поверхню.

Залежно від схеми в перерізі і розташування елементів водозабору відносно поверхневого водного джерела в плані є декілька видів променевих водозаборів (рис. 9.5, 9.6).

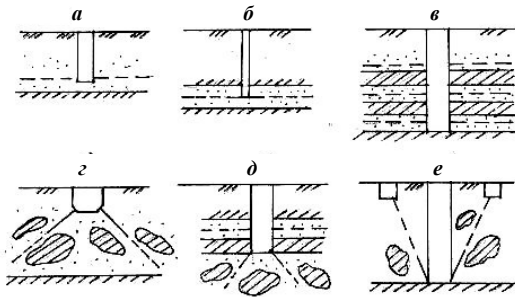
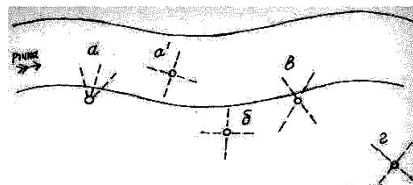


Рис. 9.5. Схеми променевих водозаборів в перерізі
а - звичайний; б - малий; в - багатоярусний; г - з нахиленими променями-свердловинами; д - комбінований; е - із сходячими променями-свердловинами.

Рис.9.6. Схеми променевих водозаборів залежно від розташування елементів водозабору відносно поверхневого водного джерела в плані:

а - підрусловий з колодязем на березу; а' - підрусловий з колодязем в руслі; б - береговий; в - комбінований; г - вододільний





розрахункова схема променевого водозабору включає системи берегових та підруслувих променів-свердловин (рис. 9.7).

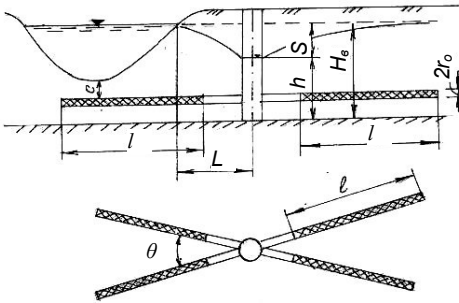


Рис. 9.7. Розрахункова схема променевого водозабору

Дебіт променевого водозабору визначається за формулою

$$Q = 2\pi \cdot k_{\phi} \cdot m \cdot S \left(\frac{1}{R_{\sigma}} - \frac{1}{R_n} \right), \quad (9.3)$$

де R_{σ} - фільтраційний опір радіальної системи берегових променів-свердловин, $R_{\sigma} = f(m, l, L, r_0, N_{\sigma})$; R_n - фільтраційний опір радіальної системи підруслувих променів-свердловин $R_n = f(m, l, C, r_0, N_n)$; N_{σ} , N_n - кількість берегових та підруслувих променів відповідно.

Для суто берегових водозаборів $R_n \rightarrow \infty$, $1/R_n = 0$, а для суто підруслувих водозаборів $R_{\sigma} \rightarrow \infty$, $1/R_{\sigma} = 0$. Для безнапірного водоносного пласта $m \approx 0,8H_{\sigma}$.

Каптажі - споруди для захоплення підземних вод, що виходять на денну поверхню. Їх конструкція залежить від гідрогеологічних умов виходу підземних вод на денну поверхню, товщини відкладень, що покривають водоносний пласт, витрати джерела. При зосередженому виході підземних вод на поверхню землі каптажні споруди влаштовують у вигляді камери (колодязя), розташованої перед виходом низхідного гірського джерела або над виходом сходячого гірського джерела.

Підземну джерельну воду, яка виходить на денну поверхню, забирають каптажними камерами. Вода з висхідного джерела надходить через дно камери (рис. 9.8, а), а з низхідного - через бокову стінку з отворами (рис. 9.8, б). При розосередженому виході підземних вод на поверхню землі у вигляді окремих джерел, розташованих одне від одного на відстані $> 5\text{м}$, каптаж їх

здійснюється 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. Каптаж джерел підземних вод для запобігання забруднення здійснюється до їх виходу на денну поверхню із захопленням, яке виключає вихід вод в обхід каптажу. Для нормальної роботи каптажів необхідно достатньо повно за площею та глибиною вскрити вихід джерела; запобігти промерзанню і потраплянню у джерело поверхневих забруднень; запобігти утворенню зсувів, обвалів, розмивів у місці розташування каптажу; забезпечувати надійну вентиляцію каптажу.

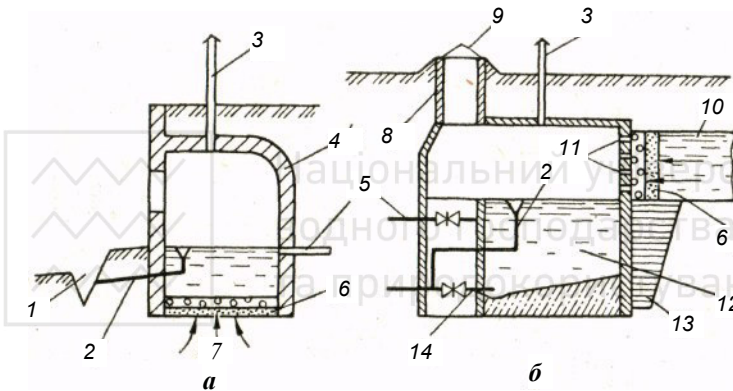


Рис. 9.8. Схеми каптажних камер

а — з висхідного джерела; *б* — з низхідного джерела;

1 - відвідна канава; 2 - переливна труба; 3 - вентиляційна труба; 4 - 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 - грязьова труба

При невеликій товщині шару води, що перехоплюється, і неглибокому заляганні водоупору днище камери заглиблюється нижче підшови пласта на величину, яка дозволяє розташувати витратну трубу з напором над нею H . При цьому для більш повного відбирання води днище колодязя не повинно бути вищим за підшову пласта. При глибокому заляганні підшови може проектуватись недосконалий за глибиною вскриття пласта каптаж.



Тема 10. Штучне поповнення підземних вод. Санітарна охорона джерел і водозаборів

Запаси підземних вод, які є найкращим джерелом господарсько-питного водопостачання, не є невичерпними і мають достатньо нерівномірний розподіл територією. Тому одним із прогресивних методів у водопостачанні, спрямованим на вирішення задач раціонального використання та охорони водних ресурсів, є метод штучного поповнення підземних вод (ШППВ).

Поповнення запасів підземних вод виконується з метою:

- збільшення продуктивності водозабору внаслідок підняття рівнів та додаткового припливу води;
- поповнення запасів виснажених водоносних пластів поверхневою водою;
- поліпшення якості поверхневих вод, що досягається інфільтрацією через природний ґрунт, очищенням та подальшим забором їх;
- одержання підземної води, в якій вміст фтору, заліза, марганцю, солей жорсткості, загального солевмісту задовольняє вимогам споживача (розбавлення підземних вод поверхневими);
- акумулювання у водоносному пласті великої кількості води, яка використовується періодично або несподівано;
- захисту прісноводних горизонтів від засолення солоними водами (підвищується рівень прісних вод над солоними);
- запобіганню зниженню рівня підземних вод завдяки рівня води водойми, що з'єднана з ними.

ШППВ являє собою сезонне або багаторічне регулювання стоку підземних вод для його накопичення у водоносних горизонтах в певні сезони або роки і планомірного використання в необхідний час. Його джерелами можуть бути поверхневі водні джерела, незабруднені СВ (наприклад ті, що використовуються на установках кондиціонування повітря або в системах охолодження виробничого обладнання) а також інші водоносні горизонти.

Найсприятливішими для використання метода ШППВ є райони з теплим або поміркованим кліматом при використанні як джерела поповнення поверхневих джерел з необхідною якістю води і достатнім упродовж всього року стоком. Найсприятливішим для поповнення є безнапірний водоносний пласт, складений добре водопроникними породами, і який має в покрівлі невеликий шар

непрониких або малопрониких ґрунтів. Доцільність використання метода встановлюють на підставі техніко-економічних розрахунків.

Для здійснення ШППВ передбачають споруди: для забору води з джерела поповнення; для попередньої її підготовки; інфільтраційні, через які відбувається інфільтрація води у водоносний пласт. Ці споруди разом з спорудами системи водопостачання (водозабірні споруди, водопровідні очисні, РЧВ тощо) складають систему ШППВ (СШП), схема якої наведена на рис. 10.1.

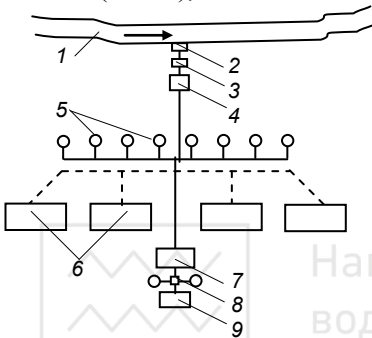


Рис. 10.1. Схема системи штучного поповнення (СШП):

1 - поверхнєве водне джерело; 2 - водозабірні споруди; 3 - НС-I; 4 - споруди попередньої підготовки води; 5 - водозабірні свердловини; 6 - інфільтраційні споруди; 7 - споруди наступної обробки води; 8 - РЧВ; 9 - НС-II

В основу роботи СШП покладають різні способи ШППВ, які можуть бути сгруповані за декількома ознаками, зокрема: за характером дії на баланс підземних вод; за ступенем дії на баланс підземних вод; за цільовим призначенням; за технічним здійсненням.

За характером дії на баланс підземних вод розрізняють способи: збільшення прибуткової частини балансу (всі види поверхнєвої і підземної фільтрації; берегові і підруслові інфільтраційні водозабори; заходи, що сприяють накопиченню підземного стоку і переведення поверхнєвого стоку у підземний); зниження видаткової частини балансу (влаштування підземних гребель та бар'єрів; збільшення відбирання підземних вод; зниження випаровування з поверхні землі).

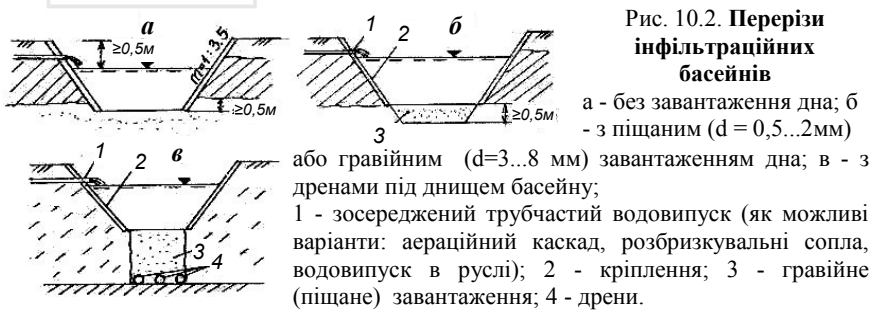
За ступенем дії на баланс підземних вод розрізняють способи: зосередженої інтенсивної дії (інфільтрація за допомогою спеціальних інфільтраційних споруд); розраховані на тривалу дію на значних площах (сніго-затримування; зрошення; затримування поверхнєвого стоку; зниження випаровування з поверхні).

За цільовим призначенням можуть бути способи:

прямі, зорієнтовані на безпосереднє поповнення і утворення запасів підземних вод для водопостачання; *побічні*, реалізовані в результаті здійснення заходів, не пов'язаних з водопостачанням (зрошення; створення водоймищ; спорудження ГТС).

За технічним здійсненням є два способи: спосіб *інфільтрації*, при якому поверхневі води переводяться у підземні шляхом пропускання їх через відкриті інфільтраційні споруди (басейни, майданчики, канали тощо); спосіб *підземної інфільтрації*, при якому підземні води поповнюються через закриті інфільтраційні споруди (свердловини, колодязі, горизонтальні водозабори).

Відкриті інфільтраційні споруди (штучні - басейни, канали, майданчики та природні - пониження рельєфу: яри, балки, пересохлі русла, кар'єри) є найбільш придатні для районів з відсутністю або коротким періодом від'ємних температур, а також при наявності водоносних пластів, що виходять на поверхню. Найбільш поширеними відкритими інфільтраційними спорудами є інфільтраційні басейни (рис. 10.2), які здебільшого мають прямокутну форму в плані шириною по дну 15...30м та довжиною 200...400м при трапецевидному поздовжньому та поперечному перерізі з наповненням на глибину частіше до 2,5м.



Інфільтраційні басейни без завантаження дна (рис.10.2, а) застосовуються при неглибокому заляганні добре фільтруючої породи. Інфільтраційні басейни з піщаним (гравійним) завантаженням (рис.10.2, б) застосовують при більш глибокому заляганні фільтруючих ґрунтів, що складаються гравійно-галечниковими фракціями. Піщане (гравійне) завантаження служить для попереднього прояснення води, що подається на



інфільтрацією (це запобігає інтенсивному кольматажу ґрунту). В разі відсутності під дном басейну добре фільтруючих ґрунтів для покращення дренажної спроможності ґрунтів під басейном можуть бути прокладені трубчасті дрени, обсіпані фільтруючим матеріалом (рис.10.2, в). При проектуванні інфільтраційних басейнів визначають їх габарити, встановлюють режим експлуатації, прогнозують продуктивність окремих басейнів, визначають спосіб регенерації.

Є три можливі *режими експлуатації* інфільтраційних басейнів (рис. 10.3): режим постійної подачі ($Q_0 = \text{const}$); режим швидкого наповнення ($H_{\text{max}} = \text{const}$); змішаний режим.



Рис. 10.3. **Режими роботи інфільтраційних басейнів:**

а - режим постійної подачі ($Q_0 = \text{const}$);

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_{max} ; t_3 - період підтримання $H_{\text{max}} = \text{const}$; t_4 - період спорожнення (падіння витрати і рівня до нуля); t_5 - період чищення дна

При *режимі постійної подачі* (рис. 10.3, а) упродовж всього робочого періоду подаються постійні витрати Q_0 . Внаслідок кольматажу і зменшення фільтруючої спроможності ґрунту під дном басейну рівень води в басейні поступово зростає і в кінці робочого періоду сягає свого максимального значення H_{max} . Такий режим може бути запропонований для басейнів з гравійним та гравійно-галечниковим завантаженням.

При *режимі швидкого наповнення* (рис. 10.3, б) відразу після пуску басейну в роботу подаються підвищені витрати води, що приводять до швидкого досягнення H_{max} . Такий режим є доцільним при наявності під дном басейну ґрунтів, які не здатні кольматуватись на велику глибину (супісок, дрібнозернистий



пісок). *Складний (змішаний) режим* (рис.10.3, в) приймають для басейнів, які знаходяться в середньозернистих і крупнозернистих пісках на великих СШП. Весь час $T = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5$ називається фільтроциклом басейну. Його тривалість призначається залежно від кількості чищень басейну на рік, що намічається (ця кількість залежить від кліматичних умов а також від якості води, режиму роботи басейну, складу ґрунтів під дном басейну). Як правило, для басейнів у піщаних та гравійно-галечникових ґрунтах влаштовують 1...2 чищення на рік (тобто $T = 180,365$ дб). Тривалість періоду спорожнення $t_4 \leq 10$ дб, тривалість періоду чищення $t_5 = 15$ дб при чищенні вручну та $t_5 = 5$ дб при механізованому чищенні (бульдозерами, скреперами, екскаваторами або гідравлічно).

Закриті інфільтраційні споруди (свердловини, шахтні колодязі, трубчасті дрени, галереї, штольні) не мають кліматичних обмежень. За призначенням і умовами експлуатації інфільтраційні свердловини (колодязі) можуть бути трьох типів: поглинаючі, дренажно-поглинаючі, подвійного призначення. *Поглинаючі* інфільтраційні свердловини (рис. 10.4) можуть працювати як в режимі

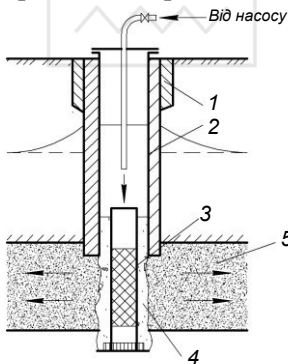


Рис. 10.4. **Поглинаюча інфільтраційна свердловина:**

1 - кондуктор; 2 - експлуатаційна колона обсадних труб; 3 - фільтр; 4 - гравійна обсыпка; 6 - водоносний пласт, що поповнюється

самопоглинання (при самопливній подачі), так і в режимі примусового закачування. Їх експлуатують, як правило, в режимі постійної подачі води ($Q = const$). Такі свердловини використовують не тільки для поповнення запасів підземних вод, але й для утворення гідравлічних бар'єрів, які запобігають притоку морських та інших недоброякісних вод у водоносний горизонт, що експлуатується.



Дренажно-поглинаючі інфільтраційні свердловини (рис. 10.5) приймають воду водоносного горизонту і подають її в нижній. Дренажно-поглинаючі свердловини експлуатують, як правило, у режимі постійного напору води, що подається у свердловину ($H=const$).

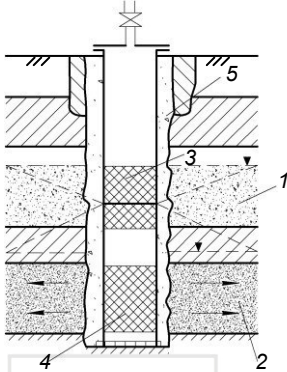


Рис. 10.5. Дренажно-поглинаюча інфільтраційна свердловина:

1 - водоносний пласт, з якого воду забирають; 2 - водоносний пласт, який поповнюють; 3, 4 - фільтр; 5 - гравійна обсыпка.

Інфільтраційні свердловини подвійного призначення роблять як поглинаючі і як водозабірні і застосовуються, наприклад, в системах водопостачання, що використовують як джерело водопостачання періодично діючі меліоративні канали. Літом через такі свердловини вода з каналу закачується у водоносний пласт, а зимою під час спорожнення каналу вода на об'єкт водопостачання подається із свердловин.

Розрахунок інфільтраційних свердловин проводять за тими самими формулами, що й водозабірних. Наприклад, подача води у напірний водоносний пласт через поглинаючу інфільтраційну свердловину (рис. 10.6) визначається з виразу

$$Q = \frac{+2,72k_{\phi} \cdot m \cdot S}{\lg \frac{R}{r_0}}, \quad (10.1)$$

де S - перевищення рівня в свердловині при її роботі над статичним. Знак “+” чисельника означає притік води до пласта.

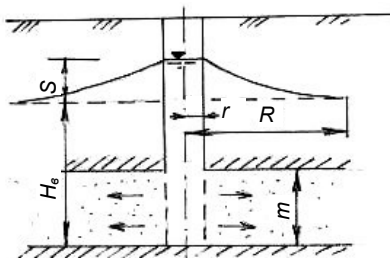


Рис. 10.6. Розрахункова схема поглинаючої інфільтраційної свердловини



Величина S визначається з виразу

$$S = \Delta S_o + \Delta S'_e, \quad (10.2)$$

де ΔS_o - зовнішній опір, $\Delta S_o = \frac{Q}{2\pi \cdot R_\phi \cdot m}$, (R - радіус депресійної

воронки); $\Delta S'_e$ - втрати напору, пов'язані з внутрішнім опором в свердловині і присвердловинній зоні, зумовлені недосконалістю

свердловини, $\Delta S'_e = \frac{Q}{2\pi \cdot k_\phi \cdot m} (\xi_{n.e} + \xi_k)$, ($\xi_{n.e}$ - коефіцієнт, який

враховує внутрішній опір, пов'язаний з недосконалістю свердловини за ступенем вскриття водоносного пласта,

$\xi_{n.e} = f\left(\frac{l_\phi}{m}\right)$, ξ_k - коефіцієнт, який враховує внутрішній опір,

пов'язаний з кольматажем фільтра і прифільтрової зони пласта,

$\xi_k = \frac{k_\phi \cdot Q \cdot M \cdot t}{2\pi \cdot m \cdot A \cdot r_o^3}$, M - каламутність води (приймається за

гідрологічними даними як середнє значення за робочий цикл басейну); t - час інфільтрації; r_o - геометричний розмір свердловини.

Зони санітарної охорони поверхневого водного джерела і водозаборів. Для забезпечення санітарно-епідеміологічної

надійності водного джерела в місці забору води з нього влаштовують зону санітарної охорони (ЗСО) водно

го джерела, проект якої погоджують з органами місцевої влади, санітарного нагляду, охорони навколишнього середовища,

водного господарства та геології. Проектом ЗСО водного джерела повинні бути визначені розміри зони суворого режиму (I пояс), зони

обмежень (II пояс), зони спостережень (III пояс), а також санітарний режим в зонах. Мінімальні допустимі розміри поясів ЗСО річки

навколо водозабору наведені на рис. 10.7.

Територія I поясу ЗСО повинна бути спланована, огорожена, озеленена, а границі її акваторії позначені буями. На території I

поясу ЗСО забороняється: проживання людей; всі види будівництва за винятком основних водопровідних споруд; прокладання трубо-

проводів за винятком тих, що обслуговують водопровідні споруди; випуск в джерело стічних вод; застосування отрутохімікатів і

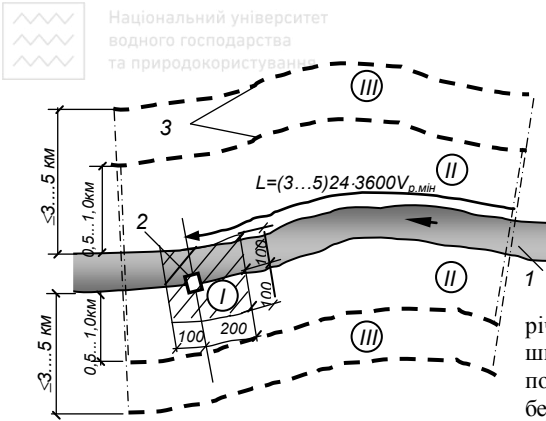


Рис. 10.7. Межі зон санітарної охорони річки навколо водозабору:

1 – річка; 2 – водозабір; 3 – границі поясів

Ⓘ - зона суворого режиму;

Ⓜ - зона обмеження;

Ⓜ - зона спостереження

(Розміри зон наведені для ширини меженного русла

річки більше 100м. При меженній ширині річки до 100м границі I поясу охоплюють протилежний берег шириною 50м)

добрив; купання; рибна ловля; прання; водопій і випас худоби. Будинки в межах I поясу ЗСО повинні бути каналізовані з відведенням стічних вод в найближчу систему водовідведення або на місцеві очисні споруди за межами I поясу. При відсутності водовідведення повинні влаштовуватись водонепроникні вигріби.

Режим на території II та III поясів ЗСО повинен виключати умови потрапляння мікробних та хімічних забруднень у водне джерело. На цій території приписується благоустрій населених пунктів і підприємств, регулювання промислового та цивільного будівництва, приймається ступінь очищення всіх стічних вод, що скидаються у джерело, відповідно до діючих нормативів.

На території II поясу забороняється: розташування осередків мікробного забруднення (кладовищ, худобомогильників, полів асенізації, полів фільтрації, ЗПЗ, гнієсховищ, тваринницьких та птахівницьких підприємств тощо); розташування осередків хімічного забруднення (складування та застосування добрив і отрутохімікатів, складів ПМР, шламосховищ тощо); розташування пасовищ в прибережній смузі шириною до 300м; проведення лісозаготівельних робіт. При наявності судноплавства судна повинні обладнуватись збірниками підсланевих вод, а пристані – зливними станціями та збірниками твердих відходів.

Зони санітарної охорони водозаборів підземних вод. Першочергова і найбільш сувора охорона підземних вод необхідна безпосередньо на ділянці їх використання для господарсько-питного водопостачання. Для цього навколо водозабору створюється зона санітарної охорони (ЗСО), в якій здійснюються спеціальні заходи, що виключають можливість надходження забруднень у водозабір і



ВОДОНОСНИЙ ГОРИЗОНТ В РАЙОНІ ВОДОЗАБОРУ (рис. 10.8).

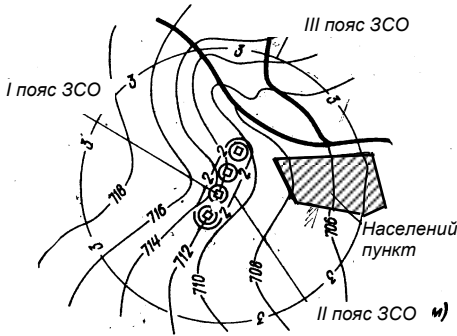


Рис. 10.8. Ситуаційний план підземного водозабору з межами поясів зони санітарної охорони

В склад ЗСО водозаборів з підземних джерел (як і для поверхневих джерел) входить три пояси - I, II, III. I пояс ЗСО - зона суворого режиму - охоплює територію, безпосередньо прилеглу до водозабору і огорожену. II та III пояси ЗСО - зони обмежень - створені відповідно для запобігання мікробному і хімічному забрудненню і мають границі на відстанях від водозабору, які забезпечують допустимий час руху до нього відповідних забруднень. При визначенні розмірів поясів ЗСО повинна, зокрема, враховуватись природна захищеність підземних вод від поверхневого забруднення.

До захищених підземних вод відносять напірні і безнапірні міжпластові води, що мають суцільну покрівлю, яка виключає їх гідравлічний зв'язок з вищерозташованими водоносними горизонтами або поверхневими водами. До недостатньо захищених підземних вод відносять ґрунтові води а також напірні і безнапірні міжпластові води, які залягають у пластах з водопроникною покрівлю або покрівлю з літологічними вікнами.

В кількісному відношенні ступінь захищеності водоносного горизонту оцінюється часом низхідного руху забруднень від поверхні землі до його покрівлі, який при малій інтенсивності інфільтрації ε ($\varepsilon < k_\phi$, де k_ϕ - коефіцієнт фільтрації порід зон аерації) з неповним насиченням пір водою визначається за співвідношенням $t_o \approx m \cdot n / \sqrt[3]{\varepsilon^2 \cdot k_\phi}$, а при значній інтенсивності інфільтрації ($\varepsilon > k_\phi$) за співвідношенням $t_o \approx m \cdot n / k_\phi$, де m , n - потужність та активна поруватість порід над експлуатаційним водоносним горизонтом.



Водоносний горизонт вважається незахищеним від мікробних забруднень, що фільтруються крізь товщу порід у покрівлі, якщо $t_o < T_m$ (де T_m - допустимий час руху мікробних забруднень, який залежно від кліматичних умов і характеру залягання водоносного горизонту приймається 100...400 діб) і незахищеним від хімічних забруднень, якщо $t_o < T_x$ (де T_x - допустимий час руху хімічних забруднень, який приймається відповідно до терміну експлуатації водозабору - 25...50 років).

В I, II, III поясах ЗСО водозаборів підземних вод встановлюється режим аналогічний до такого у ЗСО водозаборів поверхневих вод. Крім цього у II та III поясах ЗСО водозаборів підземних вод передбачається виявлення і ліквідація (або поновлення) всіх бездіяльних або дефектних свердловин; узгодження буріння нових свердловин з органами влади, геологічного контролю і органами з регулювання використання і охорони вод; заборона закачування відпрацьованих вод у підземні горизонти та підземного складування твердих відходів і розробок надр землі, які можуть привести до забруднення водоносного горизонту. В I поясі крім заходів, передбачених для такого в ЗСО водозаборів поверхневих вод, повинні виконуватись спеціальні санітарно-технічні вимоги до конструкцій свердловин (герметичність оголовків та затрубних просторів) та обладнання їх контрольно-вodomірною апаратурою.

Межі I поясу ЗСО водозаборів підземних вод встановлюється залежно від захищеності підземних вод в межах I та II поясів ЗСО на відстані ≥ 30 м від водозабору при використанні захищених підземних вод і на відстані ≥ 50 м при використанні недостатньо захищених (за погодженням з санепідемслужбами ці відстані можуть бути знижені відповідно до 15 і 25 м). При використанні групи вертикальних водозаборів і відстані між сусідніми свердловинами (шахтними колодзями) ≤ 100 м I пояс ЗСО допустимо влаштовувати спільним для групи водозаборів при додержанні нормативних відстаней від границь поясу до крайніх свердловин.

При ШППВ границя I поясу ЗСО встановлюється на відстані ≥ 50 м від водозабору і на відстані ≥ 100 м від інфільтраційних споруд.

Межі I, II, III поясів ЗСО для берегових (інфільтраційних) та підруслоних водозаборів підземних вод визначають аналогічно до



таких для водозаборів поверхневих вод. Для інфільтраційних водозаборів при відстані між ними і поверхневими джерелами < 150м в границі I поясу ЗСО включають територію між водозаборами і поверхневим джерелом. Межі II та III поясів ЗСО водозаборів підземних вод визначаються гідродинамічними розрахунками.

Розміри ЗСО водозаборів підземних вод обґрунтовано визначаються методами гідромеханіки на підставі аналізу структури фільтраційної двумірної течії навколо водозабору. В складних умовах (складна схема водозабору, складна гідрогеологічна обстановка тощо) застосовують графоаналітичні та числові методи, моделювання на аналогових приладах. Аналітичні методи визначення розмірів ЗСО розроблені для таких найпростіших схем фільтрації:

1) зосереджений водозабір (поодинокі свердловини або компактна група взаємодіючих свердловин) поблизу досконалого або недосконалого поверхневого джерела при відсутності спрямованого потоку підземних вод або при потоці підземних вод, спрямованому до річки, вздовж річки, від річки;

2) лінійний ряд свердловин поблизу досконалого або недосконалого поверхневого джерела при відсутності спрямованого потоку підземних вод або при потоці підземних вод, спрямованому до річки, вздовж річки, від річки;

3) зосереджений водозабір в ізольованому безмежному (при віддаленні від джерел живлення) водоносному горизонті при наявності або відсутності спрямованого потоку підземних вод;

4) лінійний ряд свердловин в ізольованому безмежному водоносному горизонті при наявності або відсутності спрямованого потоку підземних вод;

5) Зосереджений водозабір у водоносному горизонті, що додатково живиться за рахунок перетоку з суміжних водоносних горизонтів.

Задача гідрогеологічного обґрунтування кордонів ЗСО водозабору зводиться до визначення характерних параметрів R , r , d еліптичної зони його захоплення (рис. 10.9) при заданому інтервалі часу T (для визначення границь II та III поясів ЗСО приймається відповідно $T = T_m$ та $T = T_x$). Цю задачу вирішують аналізуючи рух часток води, які в початковий момент часу знаходяться на різних ділянках області фільтрації підземного потоку, за допомогою диференційних рівнянь, що характеризують траєкторію руху часток при плановій двомірній фільтрації $v_x = \frac{dx}{dt}$, $v_y = \frac{dy}{dt}$.

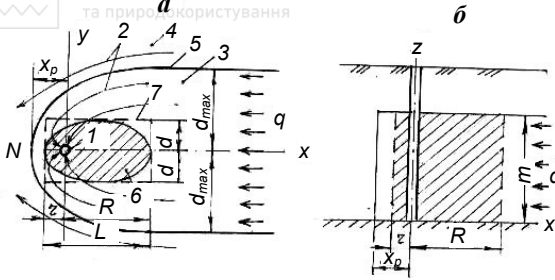


Рис. 10.9. Планова (а) та висотна (б) схеми фільтрації підземних вод до зосередженого водозабору в однорідному необмеженому водоносному пласті при наявності однорірного потоку:

1 - водозабір; 2 - лінії току; 3 - область живлення (всі лінії току спрямовані до водозабору); 4 - область транзитної течії; 5 - гранична (нейтральна) лінія току; 6 - область захоплення, в якій всі частки води через певний заданий проміжок часу досягають водозабору; 7 - кордони ЗСО; q - погонна витрата однорірного течії; N - точка вододілу.

Розміри області захоплення водозабору збільшуються із збільшенням тривалості роботи водозабору T . В крайньому випадку при достатньо тривалій експлуатації водозабору ці границі встановлюються по нейтральній лінії току в умовах усталеного руху.

Вираз для часу руху часток до водозабору для означеного випадку має вигляд

$$\bar{T} = \frac{q \cdot T}{m \cdot n \cdot x_p}, \quad (10.3)$$

де T - заданий час (T_m, T_x); $x_p = \frac{Q}{2\pi \cdot q}$; Q - витрати водозабору; $q = k_\phi \cdot m \cdot i$, i - градієнт фільтрації (похил підземного потоку).

Характерні параметри R, r, d зони захоплення водозабору визначаються з рівнянь:

$$\bar{T} = \bar{R} - \ln(1 + \bar{R}), \quad (10.4)$$

$$\bar{T} = -[\ln(1 - \bar{r}) + \bar{r}], \quad (10.5)$$

$$\bar{T} = 1 - \bar{d} \cdot \text{ctg} \bar{d} - \ln\left(\frac{\sin \bar{d}}{\bar{d}}\right). \quad (10.6)$$

де $\bar{R}, \bar{r}, \bar{d}$ - відносні параметри зони захоплення водозабору ($\bar{R} = \frac{R}{x_p}; \bar{r} = \frac{r}{x_p}; \bar{d} = \frac{d}{x_p}$).

При $T < 20 \dots 30$ діб величина d може бути орієнтовно визначена за



$$d = \frac{2T \cdot Q}{\pi \cdot m \cdot n(R + r)}. \quad (10.7)$$

При відсутності спрямованого потоку підземних вод область захоплення водозабору набуває форми кола з радіусом

$$R = r = d = \sqrt{\frac{Q \cdot T}{\pi \cdot m \cdot n}}. \quad (10.8)$$

Для практичних розрахунків розмірів ЗСО водозаборів при різних схемах їх роботи числові значення, $\bar{R}, \bar{r}, \bar{d}$ приймаються за табличними даними або знімаються з графіків.

3. Контрольні запитання по темах

Змістовий модуль №1

Тема 1.

1. Загальні відомості про джерела водопостачання.
2. Наведіть характеристику поверхневих джерел водопостачання.
3. Наведіть характеристику підземних джерел водопостачання.
4. Як вибирається джерело водопостачання а проводиться охорона джерел водопостачання?

Тема 2.

1. Наведіть класифікацію водозабірних споруд.
2. У чому специфіка водозабірних споруд із поверхневих джерел?
3. Як проводиться вибір типу та місця розташування водозабору?
4. Наведіть схеми берегових та руслових водозаборів роздільного типу.
5. Наведіть схеми берегових та руслових водозаборів суміщеного типу.
6. Наведіть умови застосування та схема берего-руслового водозабору.
7. Наведіть схеми інфільтраційних та плавучих водозаборів.

Тема 3.

1. Опишіть умови використання і конструктивні схеми оголовків руслових водозаборів.
2. Як визначається площа водоприймальних вікон, що перекриті сміттєзатримувальними решітками?
3. Опишіть умови використання і можливі варіанти оголовків фільтруючого типу.

4. Як визначається водоприймальна площа оголовків фільтруючого типу?

5. Як забезпечується рівномірне відбирання води по фронту фільтруючого оголовка з водозбірним колектором?

Тема 4.

1. Як визначається діаметр самопливних і сифонних ліній?
2. Опишіть засоби захисту ліній від пошкодження якорями, донними наносами і підмивання річковим потоком.
3. Опишіть способи промивки самопливних і сифонних ліній.
4. Як визначаються промивні витрати самопливних ліній?

Тема 5.

1. Особливості конструкцій сміттеутримуючих решіток, плоских сіток. Визначення їх площі.
2. Опишіть конструкції і обладнання берегового водоприймально-сіткового колодязя берегового водозабору.
3. Опишіть конструкції і обладнання водоприймально-сіткового колодязя руслового водозабору.
4. Які умови застосування і схеми стрічкових обертових сіток на водозаборах.

Тема 6.

1. Наведіть характеристику водозабірним спорудам із водосховищ, морів, каналів, в складних природних умовах.
2. Яке призначення, типи водоприймальних ковшів?
3. Як визначаються основні розміри водоприймального ковша?
4. Опишіть умови забору води при малих глибинах в джерелі.
5. Які схеми водозаборів із гірських річок?
6. Опишіть типи водозаборів з водосховищ та каналів.
7. Які існують схеми морських водозаборів?
8. Наведіть класифікацію рибозахисних пристроїв та критерії рибозахисту.
9. Опишіть рибозахисні пристрої гідравлічного, фізіологічного та механічного типів.

Змістовий модуль №2

Тема 7.

1. Наведіть характеристику водозаборів підземних вод та умови їх використання.
2. Як визначається приплив води до одиночного вертикального водозабору з напірного водоносного пласта? Який характер залежності пониження рівня від дебіту?

3. Як визначається приплив води до одиночного вертикального водозабору з безнапірного водоносного пласта? Який характер залежності пониження рівня від дебіту?
4. Як визначається пониження рівня та приплив води до взаємодіючих вертикальних водозаборів?

Тема 8.

1. Наведіть умови застосування, принципову конструкцію і класифікацію водозабірних свердловин.
2. Опишіть схеми водозабірних свердловин.
3. Які є типи фільтрів та в чому полягають основи розрахунку?
4. Наведіть конструктивні елементи шахтних колодязів.
5. Наведіть планові схеми і типи збірних водоводів.

Тема 9.

1. Опишіть основні схеми горизонтальних водозаборів, конструкції водоприймальної частини.
2. Як визначається приплив води до обмеженого по довжині і довгого горизонтального водозаборів?
3. Розкажіть про променеві водозабори, їх типи та конструкцію.
4. Наведіть особливості каптажних споруд.

Тема 10.

1. Як відбувається штучне поповнення підземних вод?
2. Які є джерела і способи штучного поповнення підземних вод.
3. Опишіть конструкції і режими роботи інфільтраційних басейнів.
4. Опишіть конструкції і наведіть розрахунок поглинаючих свердловин.
5. Розкажіть про зони санітарної охорони джерел водопостачання і водозабірних споруд.
6. Як визначаються розміри поясів зони санітарної охорони підземних водних джерел і водозаборів?
7. Як визначаються розміри поясів зон санітарної охорони поверхневих водних джерел і водозаборів?

4. План практичних занять

Практичне заняття 1. Гідравлічний розрахунок елементів руслового водозабору.

1. Гідравлічний розрахунок і підбір сміттєзатримувальних решіток і водоочисних сіток.
2. Гідравлічний розрахунок та підбір труб для самопливних та промивних ліній.



3. Визначення позначок у водоприймально-сітковому колодязі.

Практичне заняття 2. **Розрахунки при проектуванні сифонного водозабору.**

1. Послідовність гідравлічних розрахунків при проектуванні сифонного водозабору.
2. Перевірка спроможності сифонної лінії за значенням вакууму в її перегині.
3. Підбір вакуум-насоса та визначення об'єму повітрязбірника.

Практичне заняття 3. **Розрахунки берегових споруд водозабору.**

1. Визначення планових та висотних габаритів водоприймально-сіткового колодязя.
2. Підбір основних насосів для насосної станції I підняття, та визначення позначки їх осів.
3. Визначення планових та висотних габаритів НС-I.

Практичне заняття 4. **Розрахунки при проектуванні фільтруючого водозабору.**

1. Визначення економічного поперечного перерізу кам'янонасіпної фільтруючої дамби.
2. Розрахунки площі фільтруючого водоприймача та втрат напору у фільтруючому шарі.
3. Розрахунки із забезпечення рівномірного відбирання води по фронту довгого фільтруючого водоприймача.

Практичне заняття 5. **Розрахунки при проектуванні водоприймального ковша.**

1. Визначення граничного відбирання води у ківш.
2. Розрахунки із визначення висотних розмірів ковша.
3. Розрахунки із визначення ширини початкової ділянки транзитного струменя у ковші та його довжини.

Практичне заняття 6. **Розрахунок взаємодіючих свердловин.**

1. Визначення основних розмірів свердловини.
2. Складання планових схем розміщення свердловини на водозабірному майданчику.
3. Визначення сумарного пониження рівня у кожній із взаємодіючих свердловин.
4. Розрахунок сумарної витрати води групи взаємодіючих свердловин.



Практичне заняття 7. Визначення напору заглибленого насоса в свердловині.

1. Складання планової та висотної схеми до підбору насоса.
2. Визначання геометричної висоти підняття води насосом та втрат напору при русі води від свердловини до водозбірного вузла.
3. Підбір марки заглибленого насоса аналітичним та графічним методами.

Практичне заняття 8. Визначення зон санітарної охорони водозаборів з поверхневих та підземних джерел.

1. Встановлення розмірів поясів ЗСО поверхневого джерела і водозабору.
2. Встановлення розмірів поясів ЗСО навколо свердловин.
3. Встановлення розмірів поясів ЗСО навколо майданчика водопровідних споруд.

5. Склад та зміст індивідуального навчально-дослідного завдання

Під час вивчення курсу «Водозабірні споруди» студенти виконують курсовий проект (КП) за індивідуальним завданням, що передбачає проектування водозабору з поверхневих або підземних джерел. *Зміст курсового проекту за варіантом підземного джерела* передбачає:

- вибір майданчика і водоносного шару для експлуатації;
- вибір способу буріння і конструкції свердловини;
- вибір типу фільтра;
- визначення кількості свердловин і розрахункового дебіту одної;
- підбір марки заглибленого насоса в свердловину;
- підбір типу і розрахунок ерліфта для проведення відкачок з свердловини;

Зміст курсового проекту за варіантом поверхневого джерела передбачає:

- обґрунтування місця розташування, типу і технологічної схеми водозабірних споруд;
- гідравлічний розрахунок елементів водозабору;
- розробка конструкції водозабірних споруд;
- підбір обладнання водозабірних споруд;
- статичні розрахунки;
- заходи щодо рибозахисту, експлуатації і створення зони санітарної охорони;

Обсяг записки курсового проекту – 25-30 с. і аркуш креслень формату А1.

6. Контрольні тестові запитання

№ п/п	Запитання	Відповіді
1-1	Поверхневі води – це води	<ul style="list-style-type: none"> • що знаходяться на поверхні водоносних шарів • річок, озер, водосховищ, каналів • у вигляді снігу, туману, дощу • з поверхневою плівкою • що виходять з ґрунту на денну поверхню
1-2	Підземні води – це води	<ul style="list-style-type: none"> • які фонтанують з ґрунту • у земних розламах • які контактують із земною мантією • у порях верхнього шару земної кори які насичують карсти
1-3	Ознака напірного водоносного пласта	<ul style="list-style-type: none"> • статичний рівень проходить вище покрівлі • статичний рівень вище денної поверхні • статичний рівень знаходиться нижче покрівлі • статичний рівень знаходиться нижче підшви • тиск у пласті відповідає атмосферному
1-4.	Джерела господарсько - питного водопостачання відповідають таким вимогам	<ul style="list-style-type: none"> • вода повинна забиратись безперервно • забір води з перспективою на 15-20 років • якість води наближена до вимог споживача • затрати на подавання найменші • збереження екологічного стану
1-5	Ознака безнапірного водоносного пласта	<ul style="list-style-type: none"> • статичний рівень проходить вище покрівлі • статичний рівень вище денної поверхні • статичний рівень знаходиться нижче покрівлі • статичний рівень знаходиться нижче підшви • тиск у пласті відповідає атмосферному
1-6	Ознака області фонтануючих свердловин	<ul style="list-style-type: none"> • верхній водоносний пласт підживлюється нижнім • статичний рівень вище денної поверхні • статичний рівень знаходиться нижче покрівлі • водоносний пласт виходить на денну поверхню • статичний рівень постійно коливається
1-7	Верховодка - це	<ul style="list-style-type: none"> • інфільтраційні води на лінії водотривкого шару • інфільтраційні води на верхньому водотривкому шарі • води верхнього водоносного пласта • води поверхневих джерел у повільно • води, які виходять з ґрунту на денну поверхню

1-8	Грунтові води – це	<ul style="list-style-type: none"> • інфільтраційні води на лінії водотривкого шару • інфільтраційні води, що накопичились на верхньому водотривкому шарі • води верхнього водоносного пласта • води, які виходять із ґрунту на денну поверхню • підземні води у безнапірному стані
1-9	Міжпластові води – це води, які знаходяться	<ul style="list-style-type: none"> • на межі двох геологічних пластів • між двома вертикальними водотривкими пластами • між водотривким і водоносним пластами • між двома горизонтальними водотривкими пластами • між двома водоносними пластами
1-10	Гірські джерельні води – це води	<ul style="list-style-type: none"> • які виходять із ґрунту на денну поверхню • гірських поверхневих джерел • які залягають на глибині менше 30м в скельних ґрунтах • з підвищеною температурою • мінералізовані
1-11	Послідовність вибору джерела господарсько-питного водопостачання	<ul style="list-style-type: none"> • поверхневі; міжпластові; ґрунтові води • міжпластові; ґрунтові; поверхневі води • пласти із зменшенням мінералізації води • зменшення позначки рівня води • збільшення відстані від об'єкту
1-12	Забезпеченість високих і низьких рівнів води у річці залежить від	<ul style="list-style-type: none"> • категорії надійності системи водопостачання • групи природних умов забирання води • типу живлення річки • амплітуди коливання рівнів у річці • типу річкового водозабору
1-13	Умови забору води із поверхневих джерел можуть бути	<ul style="list-style-type: none"> • легкі • середні • важкі • дуже важкі • катастрофічні
1-14	При легких умовах забору води з поверхневих джерел	<ul style="list-style-type: none"> • відсутнє внутрішньо воднелюдоутворення • наявність внутрішнього водного льодоутворення • неодноразово утворюється льодове покриття • льодовий покрив утворюється при шугозажорах • льодохід із заторами

1-15	При середніх умовах забору води з поверхневих джерел	<ul style="list-style-type: none"> • відсутнє внутрішньо водне льодоутворення • наявність внутрішньо водного льодоутворення • неодноразово утворюється льодове покриття • льодовий покрив утворюється при шугозажорах • льодохід із заторами
1-16	При важких умовах забору води з поверхневих джерел	<ul style="list-style-type: none"> • відсутнє внутрішньо водне льодоутворення • наявність внутрішньо водного льодоутворення • неодноразово утворюється льодове покриття • льодовий покрив утворюється при шугозажорах • льодохід із заторами
1-17	При дуже важких умовах забору води з поверхневих джерел	<ul style="list-style-type: none"> • відсутнє внутрішньо водне льодоутворення • наявність внутрішньо водного льодоутворення • неодноразово утворюється льодове покриття • льодовий покрив утворюється при шугозажорах • льодохід із заторами
2-1	Планова схема річкового водозабору (А, Б, В) приймається залежно від	<ul style="list-style-type: none"> • компонування основних споруд • продуктивності водозабору • категорії водозабору • типу затопленого водоприймача • кліматичних умов
2-2	Планова схема А водозабору характеризується	<ul style="list-style-type: none"> • односекційністю водозабору • двосекційністю водозабору • одним водоприймачем у одному створі • двома водоприймачами у одному створі • двома водоприймачами у різних створах
2-3	Планова схема Б водозабору характеризується	<ul style="list-style-type: none"> • односекційністю водозабору • двохсекційністю водозабору • одним водоприймачем у одному створі • двома водоприймачами у одному створі • двома водоприймачами у різних створах
2-4	Планова схема В водозабору характеризується	<ul style="list-style-type: none"> • односекційністю водозабору • двохсекційністю водозабору • одним водоприймачем у одному створі • двома водоприймачами у одному створі • двома водоприймачами у різних створах

2-5	Водозабірні споруди з поверхневих джерел розташовуються	<ul style="list-style-type: none"> • ближче до водоспоживачів • вище за течією від населеного пункту • нижче за течією населеного пункту • на випуклому березі • на угнутому березі
2-6	Водозабірні споруди з поверхневих джерел розташовуються	<ul style="list-style-type: none"> • на стійкому березі • на нестійкому березі • на ділянках з достатніми глибинами • на ділянках з малими глибинами • на пологому березі
2-7	Водозабірні споруди з поверхневих джерел розташовуються	<ul style="list-style-type: none"> • в затоках • нижче мостів • вище мостів • на ділянках з шугозажорами • за межами ділянок з шугозажорами
2-8	Найбільш надійні водозабори	<ul style="list-style-type: none"> • берегові • руслові • плавучі • фунікулерні • інфільтраційні
2-9	Береговий тип поверхневого водозабору має такі елементи	<ul style="list-style-type: none"> • водоприймальне вікно • оголовок • самопливна лінія • приймальне відділення • перепускне вікно з сіткою
2-10	Русловий тип поверхневого водозабору має такі елементи	<ul style="list-style-type: none"> • водоприймальне вікно • оголовок • самопливна лінія • приймальне відділення • перепускне вікно з сіткою
2-11	Підрусловий інфільтраційний водозабір застосовується при	<ul style="list-style-type: none"> • ярусному профілі заплави річки • великому вмісті шуги у воді • великому коефіцієнті фільтрації ґрунту дна • амплітуді коливання рівнів більше 6 м • коефіцієнті фільтрації у ґрунті менше 3м/доб
2-12	Пересувний водозабір доцільно використовувати	<ul style="list-style-type: none"> • при декількох протоках на ділянці річки • при ярусному профілі заплави • при продуктивності менше 0,5 м³/с • при нестійкому руслі • для обслуговування промислових підприємств

2-13	У технологічну схему фільтруючого водозабору включається	<ul style="list-style-type: none"> • оголовок з фільтруючим матеріалом • шар алювіальних відкладень під дном річки • стрічкова обертова сітка у колодязі • сітчастий барабанний оголовок • мікрофільтр
2-14	Водозабірні споруди з поверхневих джерел за типом прийняття води поділяються на	<ul style="list-style-type: none"> • берегові • руслові • комбіновані • малої продуктивності • великої продуктивності
2-15	Водозабори із поверхневих джерел за технологічними особливостями поділяються на	<ul style="list-style-type: none"> • суміщені • роздільні • ковшові • пригребельні • сіткові
2-16	Водозабірні споруди із поверхневих джерел повинні затримувати	<ul style="list-style-type: none"> • шугу • дрібні плаваючі предмети • сміття • рибу • великі плаваючі предмети
2-17	Берегові водозабірні споруди забирають воду	<ul style="list-style-type: none"> • безпосередньо біля берега • далеко в руслі ріки • тільки із водосховищ • тільки із моря • з поверхні водойми
2-18	Руслові водозабірні споруди забирають воду	<ul style="list-style-type: none"> • безпосередньо біля берега • далеко в руслі ріки • тільки із водосховищ • тільки із моря • з поверхні водойми
2-19	Водоприймальне вікно водозаборів із поверхневих джерел, звичайно, обладнується	<ul style="list-style-type: none"> • решіткою • плоскою сіткою • зернистим фільтром • обертовою сіткою • робиться вільний прохід
2-20	Перепускне вікно водоприймально-сіткового колодязя обладнується	<ul style="list-style-type: none"> • решіткою • плоскою сіткою • зернистим фільтром • обертовою сіткою • робиться вільний прохід

2-21	Осад із водоприймально-сіткового колодязя видаляється	<ul style="list-style-type: none"> ● гідроелеваторами ● грязьовими насосами ● ерліфтами ● поршневыми насосами ● вільно випускається в річку
2-23	В поверхневому водозаборі суміщеного типу насосна станція розташовується	<ul style="list-style-type: none"> ● за стінкою всмоктувального відділення ● на відстані 5м від водоприймально-сіткового колодязя ● на відстані 20-25м від водоприймально-сіткового колодязя ● між приймальним і всмоктувальним відділенням ● над всмоктувальним відділенням
2-24	В поверхневому водозаборі роздільного типу насосна станція розташовується	<ul style="list-style-type: none"> ● за стінкою всмоктувального відділення ● на відстані 5м від водоприймально-сіткового колодязя ● на відстані 20-25м від водоприймально-сіткового колодязя ● між приймальним і всмоктувальним відділенням ● над всмоктувальним відділенням
2-25	Берегові водозабори суміщеного типу можуть бути	<ul style="list-style-type: none"> ● з напівзаглибленою насосною станцією ● із заглибленою насосною станцією ● з насосною станцією з вертикальними насосами ● з насосною станцією, яка розміщена на відстані 1-5м від водоприймально-сіткового колодязя ● з насосною станцією, яка обладнана ерліфтом
3-1	Форма водоприймального оголовка повинна	<ul style="list-style-type: none"> ● забезпечувати максимальну швидкість транзитного потоку ● не порушувати режим річкового потоку ● мати мінімальну кількість граней ● забезпечувати транзитний рух риби ● бути естетичною
3-2	На лісосплавних річках встановлюють	<ul style="list-style-type: none"> ● донні оголовки ● дерев'яні оголовки ● захищенні оголовки ● оголовки з широким водоприймальним фронтом ● водоприймальні вікна без оголовків

3-3	Позначка верха затопленого оголовка повинна бути нижче рівня низьких вод на	<ul style="list-style-type: none"> • 0,5 м • 0,3 м • 0,2 м • 0,1 м • 2 м
3-4	Позначка низу водоприймальних вікон повинна бути вище дна на	<ul style="list-style-type: none"> • 0,5 м • 0,3 м • 0,2 м • 2 м • 3 м
3-5	Коефіцієнт стиснення водоприймального вікна решіткою	<ul style="list-style-type: none"> • 1,5 • 1,75 • 1 • 1,25 • 0,7
3-6	Замість решіток на водоприймачах можуть бути встановлені рибозахисні сітки	<ul style="list-style-type: none"> • при швидкості течії в річці менше 0,1 м/с • при швидкості течії в річці менше 0,25 м/с • в легких природних умовах забирання води • при продуктивності водозабору менше 0,2 м³/с • при продуктивності водозабору менше 1 м³/с
3-7	Для підвищення ефективності промивки водоприймальних вікон	<ul style="list-style-type: none"> • її проводять при максимальній швидкості у річці • біля вікон встановлюють козирки • зменшують висоту і збільшують ширину вікна • в розтрубі встановлюють струмененапрямні діафрагми • стержням решітки надають круглої форми
3-8	Влаштування вихрової камери забезпечує	<ul style="list-style-type: none"> • рівномірність відбирання води по фронту водоприймача • збільшення швидкості на вході у водоприймач • зменшення швидкості на вході у водоприймач • зменшення промивної витрати • підвищення якості води, що забирається
3-9	Фільтруючі касети встановлюють на водоприймачах	<ul style="list-style-type: none"> • незатоплених високими водами • безкорпусного типу • корпусного типу • при продуктивності більше 1 м³/с • при швидкості води в річці менше 0,25 м/с

3-10	Водозбірний колектор є елементом фільтруючого водоприймача	<ul style="list-style-type: none"> • з камінням розміром більше 30см • з суфозійним матеріалом • безкорпусного типу • корпусного типу • корпусного або безкорпусного типу
3-11	Площа водоприймального фільтра розраховується залежно від	<ul style="list-style-type: none"> • швидкості при шугоході • коефіцієнту фільтрації • поруватості • розміру часток фільтра • товщини фільтра
3-12	Коефіцієнт стиснення поверхні водоприймача фільтруючим матеріалом	<ul style="list-style-type: none"> • 1,5 • 1,75 • 1 • 1,25 • 0,7
3-13	Втрати напору у водоприймальному фільтрі залежать від	<ul style="list-style-type: none"> • Коефіцієнта фільтрації • Швидкості втікання • заглиблення фільтра під рівень води • площі фільтра • ступеню перфорації колектора
3-14	Рівномірне надходження води у колектор по його довжині досягається	<ul style="list-style-type: none"> • зміною форми його поперечного перерізу • постійним ступенем перфорації його поверхні • зміною ступеню перфорації його поверхні • постійністю його діаметра • влаштуванням спеціальних напрямних
3-15	Діаметр водозбірного колектора фільтруючого водоприймача розраховується за	<ul style="list-style-type: none"> • швидкістю 2,5...2,9 м/с • ступенем перфорації • товщиною фільтра • шириною оголовка • швидкістю 1,5...2 м/с
3-16	Оголовки руслових водозаборів можуть бути	<ul style="list-style-type: none"> • постійно затопленими • не затоплювані • ті, що затоплюються високими водами • фільтруючі • одnobічного входу
3-17	Площа водоприймального отвору в поверхневому водозаборі залежить від	<ul style="list-style-type: none"> • забруднення отвору • стиснення отвору стержнями • продуктивності • швидкості втікання в отвори • швидкості потоку в річці

3-18	Плоска сітка це	<ul style="list-style-type: none"> • рамка з двома шарами сітки • рамка з одним шаром сітки • трубчастий каркас з намотаним дротом • трубчастий каркас з сіткою • рамка з вертикальними стержнями
3-19	Сміттеутримуюча решітка це	<ul style="list-style-type: none"> • рамка з двома шарами сітки • рамка з одним шаром сітки • трубчастий каркас з намотаним дротом • трубчастий каркас з сіткою • рамка з вертикальними стержнями
3-20	В сміттеутримуючих решітках стержні діаметром	<ul style="list-style-type: none"> • 50...100мм • 5...10мм • 3,5...5мм • 500...1000мм • 1...5мм
3-21	В плоских сітках рекомендовано вічко	<ul style="list-style-type: none"> • 3,5x3,5мм • 5x5мм • 1x1мм • 10x10мм • 50x50мм
3-22	Рибозахисні заходи у поверхневих водозаборів	<ul style="list-style-type: none"> • механічні • гідравлічні • фізіологічні • хімічні • фізичні
3-23	Ковшові водозабори використовуються	<ul style="list-style-type: none"> • при недостатніх глибинах в річці • для боротьби з шугою • для затримування зависі • для затримування планктону • для затримування риби
3-24	Ковшовий водозабір це	<ul style="list-style-type: none"> • яма з береговим водозабором в торці • яма з русловим водозабором в торці • відокремлений дамбою простір ріки з береговим водозабором в кінці цього простору • відокремлений дамбою простір ріки з русловим водозабором • відокремлений дамбою простір ріки з береговим водозабором в середині цього простору

3-25	В руслових водозаборах вода від оголовка до колодезя подається	<ul style="list-style-type: none"> ●самопливними лініями ●сифонними лініями ●всмоктувальними лініями ●нагнітальними лініями ●підводними каналами
4-1	При нормальному режимі роботи двосекційного водозабору I категорії	<ul style="list-style-type: none"> ●витрата секції дорівнює 0,5 продуктивності ●витрата секції дорівнює 0,7 продуктивності ●витрата секції дорівнює продуктивності ●сміттєзатримувальні решітки не забруднені ●одна секція відключена
4-2	При нормальному режимі роботи двохсекційного водозабору II категорії	<ul style="list-style-type: none"> ●витрата секції дорівнює 0,5 продуктивності ●витрата секції дорівнює 0,7 продуктивності ●витрата секції дорівнює продуктивності ●сміттєзатримувальні решітки не забруднені ●одна секція відключена
4-3	При аварійному режимі роботи двосекційного водозабору I категорії	<ul style="list-style-type: none"> ●витрата секції дорівнює 0,5 продуктивності ●витрата секції дорівнює 0,7 продуктивності ●витрата секції дорівнює продуктивності ●сміттєзатримувальні решітки не забруднені ●одна секція відключена
4-4	При аварійному режимі роботи двохсекційного водозабору II категорії	<ul style="list-style-type: none"> ●витрата секції дорівнює 0,5 продуктивності ●витрата секції дорівнює 0,7 продуктивності ●витрата секції дорівнює продуктивності ●сміттєзатримувальні решітки не забруднені ●одна секція відключена
4-5	Діаметр самопливних ліній розраховується за	<ul style="list-style-type: none"> ●продуктивністю секції ●категорією водозабору ●матеріалу труб ●діаметру труб ●швидкістю руху води в них
4-6	Перша умова перевірки швидкості потоку в самопливних лініях на їх незамулюваність	<ul style="list-style-type: none"> ●менше максимальної швидкості в річці ●менше 0,7 максимальної швидкості в річці ●більше 0,7 максимальної швидкості в річці ●менше мінімальної швидкості в річці ●більше мінімальної швидкості в річці
4-7	Друга умова перевірки швидкості потоку в самопливних лініях на їх незамулюваність	<ul style="list-style-type: none"> ●менше максимальної швидкості в річці ●менше 0,7 максимальної швидкості в річці ●більше 0,7 максимальної швидкості в річці ●менше мінімальної швидкості в річці ●більше мінімальної швидкості в річці

4-9	Проведення імпульсної промивки водоприймальних вікон і самопливних ліній обумовлюється	<ul style="list-style-type: none"> ● малим значенням мінімально швидкості в річці ● амплітуда коливання рівнів більше 6 м ● амплітудою коливання рівнів менше 6 м ● встановленням на оголовку жалюзійних решіток ● співвідношенням площі вікна до площі самопливної лінії
4-10	Імпульсну промивку самопливних ліній з рухом першої хвилі в напрямку джерела доцільно проводити при	<ul style="list-style-type: none"> ● заглибленні самопливних ліній під дно русла більше 0,8 м ● амплітуді коливання рівнів менше 6 м ● ухилі ліній в напрямку оголовка ● ухилі ліній в напрямку колодезя ● відсутності ухилу ліній
4-11	Імпульсну промивку самопливних ліній з рухом першої хвилі в напрямку колодезя доцільно проводити при	<ul style="list-style-type: none"> ● заглибленні самопливних ліній під дно русла менше 0,8 м ● амплітуді коливання рівнів більше 6 м ● ухилі ліній в напрямку оголовка ● ухилі ліній в напрямку колодезя ● відсутності ухилу ліній
4-12	Найбільший ефект імпульсної промивки з вакуум-колоною досягається при її діаметрі	<ul style="list-style-type: none"> ● (1...1,5) діаметра самопливної лінії ● діаметру самопливної лінії ● (0,7...0,8) діаметра самопливної лінії ● більше 1,2 діаметра самопливної лінії ● менше 0,7 діаметра самопливної лінії
4-13	Верх самопливних ліній в судноплавних річках заглиблюється у дно	<ul style="list-style-type: none"> ● на 0,8...1,5 м ● на 0,4...0,8 м ● більше 0,4 м ● більше глибини промерзання ґрунту ● на глибину промерзання ґрунту плюс 0,5 м
4-14	При прокладанні у скельному дні річки самопливні лінії	<ul style="list-style-type: none"> ● обсіпають щебенем ● прокладають на анкерних опорах ● закріплюють анкерами ● прокладають на фашинних матрацах ● не заглиблюють і захищаються з/б блоками
4-15	Заглиблення кінцівок самопливних ліній під рівень води у колодезя визначається	<ul style="list-style-type: none"> ● умовою транспортування заданої витрати ● висотним положенням перепускного вікна ● позначкою дна колодезя ● позначкою дна річки біля колодезя ● позначкою верха самопливних ліній біля оголовка

4-16	Засувка на сифонній лінії водозабору встановлюється по шляху руху води	<ul style="list-style-type: none"> ● після найвищої точки сифону ● біля вставки Вентурі на низхідній лінії сифону ● до підключення промивної лінії ● після підключення промивної лінії ● на кінці сифонної лінії
4-17	Допустимий вакуум у найвищій точці сифону залежить від	<ul style="list-style-type: none"> ● максимального рівня води в джерелі ● мінімального рівня води в джерелі ● хімічних показників якості води у джерелі ● максимальної температури води у джерелі ● мінімальної температури води у джерелі
4-18	Основне призначення повітрязбірників на сифонних лініях водозаборів	<ul style="list-style-type: none"> ● запобігання потрапляння води у вакуум-насос ● скорочення часу роботи вакуум-насоса ● зменшення періодичності включень вакуум-насоса ● запобігання потрапляння повітря у колодезь ● збільшення продуктивності сифонних ліній
4-19	Сифонні лінії в руслових водозаборах проектуються	<ul style="list-style-type: none"> ● для I категорії надійності ● для другої категорії надійності ● для третьої категорії надійності ● для I категорії надійності при обґрунтуванні ● обмеження відсутні
4-20	Самопливні лінії руслових водозаборів промиваються	<ul style="list-style-type: none"> ● зворотною промивкою від НС-1 ● прямою промивкою із річки з підвищеними швидкостями пропуску води ● прямою промивкою із річки із звичайними швидкостями пропуску води ● всмоктуванням води із річки промивним насосом ● зворотною імпульсною промивкою
4-21	В руслових водозаборах вода від оголовка до водоприймально-сіткового колодезя подається	<ul style="list-style-type: none"> ● самопливними лініями ● сифонними лініями ● всмоктувальними лініями ● нагнітальними лініями ● підводними каналами
5-1	Позначка підлоги службового павільйону вище рівня високих вод на	<ul style="list-style-type: none"> ● половину висоти колодезя ● 0,5м ● Висоту хвилі плюс 0,5 м ● Висоту хвилі ● 1,5 висоти хвилі

5-2	Висота службового павільйону приймається залежно від	<ul style="list-style-type: none"> • висоти вантажу, що піднімається • типу водозабору • матеріалу виготовлення павільйону • способу спорудження • характеру ґрунтів
5-3	Висота водоприймально-сіткового колодязя розраховується залежно від	<ul style="list-style-type: none"> • типу вантажопідйомного обладнання • висоти перепускного вікна з сіткою • заглиблення і діаметра самопливного водоводу • глибини води в річці • діаметра розтрубу на всмоктувальній лінії
5-4	Діаметр водоприймально-сіткового колодязя залежить від	<ul style="list-style-type: none"> • ширини притулки перепускного вікна • висоти колодязя • діаметра всмоктувальної лінії • діаметра самопливної лінії • ширини перепускного вікна
5-5	Плоскі знімні сітки застосовуються	<ul style="list-style-type: none"> • при висоті колодязя менше 10м • при продуктивності менше 1 м³/с; в легких природних умовах забирання води • при продуктивності менше 3 м³/с • при продуктивності менше 0,5 м³/с • при продуктивності менше 1 м³/с; в середніх природних умовах забирання води
5-6	Перевагою стрічкових обертових сіток з лобовим підведенням води є	<ul style="list-style-type: none"> • простіше компонування колодязя • більша продуктивність сітки • краще очищення води від домішок • робота при більшому коливанні рівнів • менші втрати напору на полотні сітки
5-7	Недоліком стрічкових обертових сіток із зовнішнім підведенням води є	<ul style="list-style-type: none"> • більша промивна витрата • більша висота колодязя • робота при меншому коливанні рівнів • менше продуктивність сітки • нерівномірне використання полотна сітки
5-8	Коефіцієнт стиснення при визначенні площі плоскої сітки	<ul style="list-style-type: none"> • 1,25 • 1, 5 • 1 • 0,5 • 0,7

5-10	Перевищення позначки осі насоса 1 підняття над рівнем води в колодязі	<ul style="list-style-type: none"> • На допустиму висоту всмоктування • На висоту всмоктування плюс 0.5м • На допустиму висоту всмоктування плюс 1м • На висоту перепускного вікна • 0,7м
5-11	Діаметр всмоктувальних ліній НС-I двосекційного водозабору I категорії розраховується на	<ul style="list-style-type: none"> • 2 продуктивності водозабору • 1,5 продуктивності водозабору • продуктивності водозабору • 0,7 продуктивності водозабору • 0,5 продуктивності водозабору
5-12	Кран-балки в павільйонах колодязів можна використовувати якщо	<ul style="list-style-type: none"> • зусилля на підняття вантажу менше 50 кН • висота підняття вантажу менше 6м • висоті павільйону менше 12м • довжина підкранового шляху менше 18м • висота службового павільйону менше 4м
5-13	В береговому водозаборі водоприймальні вікна розташовуються	<ul style="list-style-type: none"> • в один ярус • в два яруси • під підлогою павільйону • у всмоктувальному відділенні • в стінці приймального відділенні
6-1	При важких шугольодових умовах застосовують водоприймальні ковші	<ul style="list-style-type: none"> • самопромивні • з кутом відведення 30...50° • з кутом відведення 135...150° • з кутом відведення 160...170° • з двобічним входом
6-2	Ковші розраховуються на затримання шуги з	<ul style="list-style-type: none"> • гідравлічною крупністю більше 0,015 м/с • гідравлічною крупністю 0,15...0,2 м/с • гідравлічною крупністю менше 0,0015 м/с • витратою 0,1 мінімальної витрати ріки • крупністю кристалів більше 0,5 см
6-3	Ефект дії ковшів ґрунтується на	<ul style="list-style-type: none"> • великій довжині в порівнянні з шириною • утворенні коловороту на вході • зміні напрямку течії • збільшенні глибини • зменшенні швидкості руху води
6-4	Позначка дна ковша розраховується залежно від позначки	<ul style="list-style-type: none"> • гребеня дамби • рівня високих вод • рівня шугоходу • рівня льодоставу • рівня низьких вод

6-5	Для зменшення розмірів шуги, що затримуються у ковші, не обхідно збільшити	<ul style="list-style-type: none"> • продуктивність • ширину ковша по дну • глибину ковша • довжину ковша • ширину ковша на рівні позначки шугоходу
6-6	При невеликому дефіциті глибини в джерелі перед береговим водоприймачем доцільно	<ul style="list-style-type: none"> • стиснути русло напівзагатами • відрити поперечний проріз у дні • відрити повздовжній проріз у дні • додатково влаштувати донний оголовок • відрити підвідний канал
6-7	При великому дефіциті глибин в джерелі перед береговим водоприймачем доцільно	<ul style="list-style-type: none"> • стиснути русло напівзагатами • відрити поперечний або повздовжній проріз у дні • додатково влаштувати донний оголовок • стиснути русло струмененапрямною дамбою • відрити підвідний канал
6-8	Особливістю гірських річок є	<ul style="list-style-type: none"> • велика каламутність води • велика товщина льоду • багаторукавність • наявність значного підруслового стоку • мала амплітуда коливання рівнів
6-9	Водозабори з гірських річок включають низько напірні водопідйомні греблі при	<ul style="list-style-type: none"> • коефіцієнті водовідбирання більше 1 • коефіцієнті водовідбирання 0,3...1 • глибини в річці менше 1,5 м • витраті шуги більше 0,1 витрати ріки • коефіцієнті водовідбирання 0,3
6-10	При коефіцієнті водовідбирання з гірської річки влаштовують	<ul style="list-style-type: none"> • ковшовий водозабір • низьконапірні греблі • водосховище • інфільтраційний водозабір • водовідвідний канал
6-11	Наслідком утворення водосховища на річці є	<ul style="list-style-type: none"> • збільшення тривалості льодоставу • зменшення тривалості льодоставу • зникнення біообруствачів • зменшення кольоровості води • збільшення каламутності води
6-12	Специфіка водосховищ обумовлює влаштування водозаборів	<ul style="list-style-type: none"> • руслового типу • роздільного компонування • багатоярусних • великої продуктивності • інфільтраційних

6-13	Пригребельні водосховищні водозабори в порівнянні з позагребельними забезпечують	<ul style="list-style-type: none"> • більша продуктивність • кращий захист від поверхневого льоду • економічність • можливість скидання наносів у нижній б'єф • вищу категорію надійності
6-14	Специфічною вимогою до водозаборів з каналів є	<ul style="list-style-type: none"> • нестационарність • потреба у захисті від біообростувачів • нестискання поперечного перерізу каналу • продуктивність менше $0,2 \text{ м}^3/\text{с}$ • багатоярусність
6-15	Найбільш сприятливими для розташування морських водозаборів є	<ul style="list-style-type: none"> • акваторії портів • піщані коси • відкриті узбережжя • бухти з малими глибинами • бухти з великими глибинами
6-16	Критична швидкість, при якій починається винос пасивних мальків, залежить від	<ul style="list-style-type: none"> • мінімальної швидкості в річці • максимальної швидкості в річці • швидкості втікання у водоприймач • періоду року • довжини тіла малька
6-17	Жалюзійні решітки відносяться до рибозахисту	<ul style="list-style-type: none"> • відгороджувального типу • фізіологічного типу • еколого-гідралічного типу • гідралічного типу • механічного типу
6-18	Фільтруючі касета відносяться до рибозахисту	<ul style="list-style-type: none"> • відгороджувального типу • фізіологічного типу • еколого-гідралічного типу • гідралічного типу • механічного типу
6-19	Ковші з верховим входом використовуються для	<ul style="list-style-type: none"> • затримання шуги • затримання зависі • затримання риби • затримання шуги і зависі • затримання риби і шуги
6-20	На річках з недостатніми глибинами використовуються	<ul style="list-style-type: none"> • водозабори з повздовжньою проріззю • водозабори з направляючою дамбою • руслові водозабори з напівгатками • русловий водозабір з поперечною проріззю • інфільтраційні водозабори при фільтруючих ґрунтах

6-21	Забір води з озер та водосховищ ускладнюється через	<ul style="list-style-type: none"> • замулювання • цвітіння води • руйнування через хвилі • накопичення льоду • відсутність льоду
6-22	Вважається найпростішим забір води із поверхневих джерел	<ul style="list-style-type: none"> • з каналів • з озер • з річок • з морів • з водосховищ
6-23	Мінімальна позначка дна річки в створі водозабору залежить від	<ul style="list-style-type: none"> • товщини льоду • висоти водоприймального отвору • висоти хвилі • висоти забрала • позначки рівня води в льодостав
6-24	Забір води з водосховища треба проводити	<ul style="list-style-type: none"> • біля пологого берега • біля обриву • у верхів'ях водосховища • далеко від берега з глибини 20м • з русла річки
6-25	Для боротьби з шугою на водозаборах використовують	<ul style="list-style-type: none"> • заводь • короби • струмененапрямні дамби • гідрофобні матеріали решіток • сітчасті фільтри
6-26	Боротьба з шугою та льодом на водозаборах забезпечується	<ul style="list-style-type: none"> • електрообігрівом решіток • подачею пари • скид гарячої води • вибором типу споруди • заміною решітки на сітку
6-27	Ковші з низовим входом використовуються для	<ul style="list-style-type: none"> • затримання шуги • затримання зависі • затримання риби • затримання шуги і зависі • затримання риби і шуги
7-1	Ознака вертикального водозабору	<ul style="list-style-type: none"> • вскриває вертикальний водоносний пласт • має форму вертикальної циліндричної виїмки • має форму вертикальної башти-колони • обладнаний вертикальним насосом • має форму вертикальної щогли

7-2	Каптажні споруди використовуються при заборі води	<ul style="list-style-type: none"> • з пластів, які залягають на глибині 30-200м • з глибини до 30м • з глибини 5-8м, малій потужності пласту, • заборі інфільтраційних вод • вод, які виходять на денну поверхню
7-3	За відношенням висоти до діаметра вертикальні водозабори поділяють на	<ul style="list-style-type: none"> • свердловини; каптажі • свердловини; шурфи • свердловини; шахтні колодязі; шурфи • свердловини; шахтні колодязі • свердловини; каптажі; шахтні колодязі
7-4	Продуктивність водозабірної свердловини залежить від	<ul style="list-style-type: none"> • коефіцієнта фільтрації породи • потужності водоносного пласта • пониження • радіусу впливу • діаметра фільтра
7-5	В водозабірній свердловині занурений насос повинен бути	<ul style="list-style-type: none"> • нижче статичного рівня • нижче динамічного рівня • знаходитись у відстійнику фільтрової колони • вище статичного рівня • нижче поверхні землі
7-6	Відстань між водозабірними свердловинами залежить від	<ul style="list-style-type: none"> • дебету свердловини • характеристики водоносної породи • глибини свердловини • типу фільтра • типу встановленого насосу
7-7	Пониження це різниця між	<ul style="list-style-type: none"> • динамічним та статичним рівнями • поверхнею землі та статичним рівнем • поверхнею землі та динамічним рівнем • статичним рівнем та дном свердловини • динамічним рівнем та дном свердловини
7-8	В груповому водозаборі свердловини розташовуються	<ul style="list-style-type: none"> • в ряд • по колу • по трикутнику • по квадрату • в будь якому порядку
7-9	Продуктивність свердловини поблизу інфільтраційного каналу залежить від	<ul style="list-style-type: none"> • глибини свердловини • потужності водоносного пласту • відстані від каналу • коефіцієнта фільтрації • діаметра фільтра

7-10	Питомий дебіт водоносного пласта це	<ul style="list-style-type: none"> • витрати води м³/год на 1м пониження • витрати води л/с на 1м пониження • витрати води м³/с на 1м пониження • витрати м³/год на 1м глибини свердловини • витрати води м³/доб на 1м пониження
7-11	Недосконала свердловині це така, в якій або яка	<ul style="list-style-type: none"> • відсутній фільтр • відсутній оголовок • проходить водоносний пласт на всю глибину • доходить до покрівлі водоносного пласту • проходить верхню частину водоносного пласту
7-12	Експлуатаційний діаметр водозабірної свердловини залежить від	<ul style="list-style-type: none"> • діаметра фільтра • глибини води в свердловині • конструкції стовбура свердловини • типу бурової установки • діаметра насоса
7-13	На продуктивність водозабірної свердловини, яка забирає воду із захищеного водоносного пласта	<ul style="list-style-type: none"> • впливає відстань від річки • не впливає відстань від річки • впливає відстань від річки, яка знаходиться в межах депресійної воронки • впливає річка при великій її глибині • впливає річка при малій її глибині
7-14	На продуктивність водозабірної свердловини, яка забирає воду із незахищеного водоносного пласта	<ul style="list-style-type: none"> • впливає відстань від річки • не впливає відстань від річки • впливає відстань від річки, яка знаходиться в межах депресійної воронки • впливає річка при великій її глибині • впливає річка при малій її глибині
7-15	Радіус впливу свердловини залежить від	<ul style="list-style-type: none"> • коефіцієнта фільтрації • величини пониження • глибини свердловини • потужності водоносного пласту • кількості свердловин
7-16	Взаємодія вертикального водозабору із сусідніми приводить до	<ul style="list-style-type: none"> • кольматажу водоприймальної частини • додаткового пониження рівня при відкачці • збільшення дебіту за лінійними законами • збільшення дебіту за квадратичними законами • зменшення дебіту за квадратичними законами

8-1	Захисна колона обсадних труб служить для	<ul style="list-style-type: none"> • переkritтя верхніх нестійких шарів • захисту експлуатаційної колони від корозії • кріплення водопідйомника • захисту ласти від забруднення • закріплення павільйону
8-2	За типом водоприймальної частини свердловини поділяються на	<ul style="list-style-type: none"> • фільтрові; дренажні • фільтрові; ерліфтні • фільтрові; безфільтрові • циліндричні; призматичні • досконалі; недосконалі
8-3	Сітчасті фільтри застосовують у	<ul style="list-style-type: none"> • піщаних водоносних ґрунтах • скельних водоносних ґрунтах • напівскельних водоносних ґрунтах • напірних водоносних пластах • безнапірних водоносних пластах
8-4	Довжина надфільтрової труби залежить від	<ul style="list-style-type: none"> • типу фільтра • діаметра фільтра • потужності пласта • глибини свердловини • діаметра свердловини
8-5	Шахтні колодязі застосовують при	<ul style="list-style-type: none"> • глибині підшви менше 30 м • заборі води із напірного пласта • заборі води із малонапірного пласта • глибині підшви менше 70 м • заборі води із безнапірного пласта
8-6	Шахтні колодязі недосконалого типу влаштовують при	<ul style="list-style-type: none"> • товщині шару води менше 7 м • глибині води менше 3 м • глибині води менше 5 м • глибині колодязя більше 60 м • забиранні води з потужного водоносного пласта
8-7	Можливі типи захисних споруд над оголовками свердловин	<ul style="list-style-type: none"> • наземні; надземні; заглиблені; • наземні павільйони; шахти; щогли • наземні павільйони; підземні камери; кріби • наземні павільйони; підземні камери • наземні павільйони; підземні камери, щогли
8-8	Наземні павільйони над свердловинами переважно застосовують при	<ul style="list-style-type: none"> • стійких ґрунтах в основі • високому стоянню ґрунтових вод • розміщенні свердловин біля очисної станції • загазованості свердловин • самовиливних свердловинах

8-9	При встановленні у свердловинах заглибних насосів з електродвигунами на поверхні влаштовують	<ul style="list-style-type: none"> ● підземні камери ● підземні камери на підсипці ● наземні павільйони ● навіси ● підземні камери із спеціальним перекриттям
8-10	Перевагою підземних камер над свердловинами в порівнянні з павільйонами є	<ul style="list-style-type: none"> ● необов'язковість опалення ● можливість встановлення водопідйомника ● простота проведення монтажних робіт ● можливість встановлення будь-якого фільтра ● сейсмостійкість
8-11	При розміщенні свердловин на ділянці з рівнем затоплення менше 2 м влаштовують	<ul style="list-style-type: none"> ● відкритий водовідлив ● водопонижувальні свердловини навколо ● гідроізоляцію стінок ● дамби обвалування ● підсипку
8-12	Висота оголовка свердловини	<ul style="list-style-type: none"> ● більше 0,2 м ● більше 0,5 м ● більше 1 м ● менше 1,5 м ● обмежується висотою приміщення
8-13	Підземні камери над свердловинами необхідно обладнувати	<ul style="list-style-type: none"> ● глофільтрами ● нахиленими драбинами ● вентиляційними трубами ● резервним насосом ● резервним пультом керування
8-14	Лінійний збірний водовід від вертикальних водозаборів може проектуватись в одну нитку	<ul style="list-style-type: none"> ● при витраті водозаборів до 1000 м³/год ● при відведенні води від шахтних колодязів ● при допущенні перерви в подачі води ● при допущенні зниження подачі на 30% ● при техніко-економічному обґрунтуванні
8-15	Діаметр труб на ділянках лінійного збірного водовода приймається	<ul style="list-style-type: none"> ● 200...250 мм ● телескопічним залежно від подачі на ділянці ● постійним (за подачею на останній ділянці) ● постійним (за подачею на першій ділянці) ● з умови пропущення аварійної витрати
8-16	Максимальна кількість свердловин, що підключаються до	<ul style="list-style-type: none"> ● залежить від довжини водоводу ● залежить від категорії водозабору ● встановлюється гідрогеологічними розрахунками

	нитки лінійного збірного водоводу	<ul style="list-style-type: none"> • залежить від положення робочої точки на характеристиці насоса • приймається 8
8-17	При виключенні з роботи однієї ремонтної ділянки кільцевого збірного водоводу у збірний вузол має подаватись	<ul style="list-style-type: none"> • повна подача водозабору • витрата залежно від категорії водозабору • 0,5 подачі водозабору • 0,7 подача водозабору • 0,9 подача водозабору
8-18	За способом подачі води збірні водоводи вертикальних водозаборів бувають	<ul style="list-style-type: none"> • кільцеві; лінійні; парні • насосні; безнасосні • нагнітальні; сифонні; самопливні • напірні; безнапірні; комбіновані • прямоточні; реверсивні; змішані
8-19	Самопливні збірні водоводи від свердловин проектують	<ul style="list-style-type: none"> • при продуктивності до 1000 м³/год • при сприятливому рельєфі місцевості • при глибині динамічного рівня менше 5...8 м • для систем II і III категорії надійності • в скельних ґрунтах
8-20	Сифонні збірні водоводи від свердловин проектують	<ul style="list-style-type: none"> • після самопливних ділянок • при продуктивності менше 1000 м³/год • при глибині динамічного рівня менше 5...8 м • для самовиливних свердловин • в скельних ґрунтах
8-21	Основними елементами водозабірної свердловини є	<ul style="list-style-type: none"> • фільтрова колона • експлуатаційна колона труб • зумпф • насос з водопіднімальними трубами • наземний павільйон або підземна камера
8-21	Безфільтрові свердловини можна влаштовувати	<ul style="list-style-type: none"> • в стійких твердих тріщинуватих породах • піщаних породах • щільних глинах • галечниках • в нестійких твердих тріщинуватих породах
8-22	Фільтр водозабірних свердловин потрібен	<ul style="list-style-type: none"> • для запобігання обвалу породи • очистці від заліза • очистці від зависі • затримки домішок і дрібних фракцій водоносної породи • вільного пропуску води з водоносного пласту

8-23	Водозахоплююча спроможність свердловин залежить від	<ul style="list-style-type: none"> • діаметра фільтра • діаметра експлуатаційної колони • розрахункової довжини фільтра • допустимої вхідної швидкості • швидкості в водопіднімальній трубі
8-24	Для постійної відкачки води із свердловини використовуються	<ul style="list-style-type: none"> • заглиблені відцентрові насоси • горизонтальні відцентрові насоси • ерліфти • гідроелеватори • поршневі насоси
8-25	При відкачуванні води із свердловини рівень води	<ul style="list-style-type: none"> • знижується на величину пониження • підвищується на величину пониження • знижується на величину радіусу впливу • знижується до оголення фільтра • залишається на одному рівні
8-26	Тип фільтра водозабірної свердловини приймають в залежності від	<ul style="list-style-type: none"> • глибини свердловини • способу буріння • продуктивності • 50-% діаметра зерен породи • 60-% діаметра зерен породи
8-27	Найбільш розповсюджений спосіб для буріння свердловин	<ul style="list-style-type: none"> • роторний • ударно-канатний • шнековий • ручний • пневмоударний
8-28	Промивна рідина використовується при такому способі буріння	<ul style="list-style-type: none"> • роторний • ударно-канатний • шнековий • ручний • пневмоударний
8-29	Цементация затрубного простору передбачається в свердловинах, яка пробурена	<ul style="list-style-type: none"> • роторним способом • ударно-канатним способом • шнековим способом • ручним способом • пневмоударним способом
8-30	Шахтні колодязі приймають воду із водоносного шару	<ul style="list-style-type: none"> • дном • боковою поверхнею по всій висоті • боковою поверхнею в межах пласту • дном і боковою поверхнею в межах пласту • вода вільно виливається в колодязь з денної поверхні

8-31	При заборі води шахтним колодязем із дрібнозернистих пісків водоприймальна поверхня має	<ul style="list-style-type: none"> • зворотний фільтр • піщаний фільтр • гравійний фільтр • пінополістирольний фільтр • пористо бетонну вставку
8-32	Шахтний колодязь має такі конструктивні елементи	<ul style="list-style-type: none"> • зумпф • водоприймальну частину • стовбур • над фільтрову трубу • оголовок
8-32	Для запобігання забруднення водоносного пласту шахтним колодязем передбачається	<ul style="list-style-type: none"> • відмостка • глиняний замок • обмазувальна ізоляція стовбура • обклеювальна ізоляція стовбура • робиться покрівля
9-1	Ознака горизонтального водозабору	<ul style="list-style-type: none"> • вскриває горизонтальний потік • обладнаний горизонтальним насосом • влаштований методом горизонтального буріння • вскриває пласт ударно-канатним станком • влаштований у вигляді горизонтальної виробки
9-2	Горизонтальні водозбори доцільно застосовувати при	<ul style="list-style-type: none"> • глибині підшви 10...20 м • глибині підшви 5... 8м • глибині підшви 15 м • пласт представлений суглинками • глибині підшви менше 30 м
9-3	В склад горизонтальних водозборів входять	<ul style="list-style-type: none"> • оглядові колодязі; водозабірні свердловини • водоприймальна частина; каптажні камери • водоприймальна частина; водопровідна частина • водопровідна частина; водозабірні свердловини • оглядові колодязі; каптажні камери
9-5	При глибині підшви пласта менше 8 м застосовують горизонтальні водозабори	<ul style="list-style-type: none"> • галерейні • трубчасті • кам'яно-щебеневі • безтраншейні • лоткові

9-6	Штольніві горизонтальні водозбори застосовують при	<ul style="list-style-type: none"> •глибині підшви пласта більше 8 м • уклони дзеркала води більше 0,05 •ширині підземного потоку більше 100 м •товщині шару води більше 6 м •продуктивності більше 200 л/с
9-7	Для вентиляції водоприймальної частини водозбору застосовують	<ul style="list-style-type: none"> •водозбірний колодязь •оглядові колодязі •вентиляційний труби •вентилятори •каптажні камери
9-8	Приплив води на 1 м довгого горизонтального водозбору залежить від	<ul style="list-style-type: none"> •шару води на вході у траншею •шару води всередині дрени •діаметра дрени •ступеню перфорації дрени •глибини підшви ЕВП
9-9	Променими водозаборами доцільно забирати води	<ul style="list-style-type: none"> •грунтові на глибині менше 50 м •підруслові інфільтраційні води •грунтові у суглинках •сходячі гірські джерельні •низхідні гірські джерельні
9-10	В склад променевих водозаборів входять	<ul style="list-style-type: none"> •вертикальний насос, щебенева траншея •промені-фільтри •водозбірний колодязь; промені-свердловини •службовий павільйон; промені-фільтри •шахтний колодязь; промені-камери
9-11	При довжині променів променевих водозаборів більше 60 м	<ul style="list-style-type: none"> •зменшують їх довжину за перерахунком •товщина стінок променів більше 10 мм •промені виготовляють із сталі •різна ступінь перфорації ділянок променів •приймають телескопічну схему променів
9-12	В променевому водозаборі кут між сусідніми променями довжиною до 30 м	<ul style="list-style-type: none"> •більше 45° •більше 30° •більше 20° •більше 10° •більше 5°
9-13	Водозбірний колодязь променевого водозбору приймається двосекційним	<ul style="list-style-type: none"> •завжди •при продуктивності більше 200 л/с •при продуктивності менше 100 л/с •в система тимчасового водопостачання •в системах водопостачання I категорії надійності

9-14	Каптажні водозабори застосовують для забирання	<ul style="list-style-type: none"> • підруслових інфільтраційних вод • гірських джерельних вод • солончакових вод • верховодки • ґрунтових вод карстових відкладень
9-15	Водоприймальна частина горизонтального водозабору може бути у вигляді	<ul style="list-style-type: none"> • відкритого каналу • кам'яно – щебеневої дрени • галереї • трубчастої дрени • водоприймального оголовка
9-16	Променевий водозабір в загальному понятті має такі елементи	<ul style="list-style-type: none"> • водозбірний колодязь • декілька горизонтальних свердловин (променів) • одну горизонтальну свердловину (промінь) • дві горизонтальні свердловини (промінь) • фільтрову колону
9-17	Промені променевих водозаборів виконуються у вигляді	<ul style="list-style-type: none"> • кам'яно - щебеневої дрени • сталеві труби з щільною перфорацією • азбестоцементної труби з круглою перфорацією • галереї • суцільної сталеві труби
9-18	Для забирання низхідних гірських джерельних вод застосовують	<ul style="list-style-type: none"> • каптажні камери з лотками • каптажні камери з прийманням води дном • каптажні камери з боковим прийманням води • двоюрисні дренажні водозабори • променеві водозабори
10-1	Штучне поповнення підземних вод використовується для	<ul style="list-style-type: none"> • збільшення продуктивності водозабору • покращення якості води • акумулявання води в пласті • запобіганню зниженню рівня • захисту прісних вод від засолення
10-2	Найсприятливішими для їх поповнення є водоносні пласти	<ul style="list-style-type: none"> • потужні напірні • напірні з малим коефіцієнтом фільтрації • безнапірні з малим коефіцієнтом фільтрації • напірні з великим коефіцієнтом фільтрації • безнапірні з великим коефіцієнтом фільтрації
10-3	Перевагою закритих споруд штучного поповнення води є	<ul style="list-style-type: none"> • краща якість води • незалежність від кліматичних умов • більша продуктивність системи • незалежність від джерел поповнення водою • їх використання для питного водопостачання

10-4	У відкритих спорудах штучного поповнення використовуються	<ul style="list-style-type: none"> ● інфільтраційні басейни ● відкриті повільні фільтри ● поглинаючі колодязі ● поглинаючі свердловини ● дренажно-поглинаючі свердловини
10-5	Глибина інфільтраційних басейнів приймається	<ul style="list-style-type: none"> ● за розрахунком залежно від ґрунтів ● 2...3 м ● більше 5 м ● з врізкою їх дна у водоносний пласт на 0,5 м ● з врізкою їх дна у водоносний пласт на 5м
10-8	При поповненні глибоко залягаючих фільтруючих ґрунтів застосовують інфільтраційні басейни	<ul style="list-style-type: none"> ● з гравійно-піщаним завантаженням дна ● з трубчастими дренами під дном ● глибиною більше 5 м ● із закладанням укосів менше 1,5 ● колодязного типу
10-9	При відсутності під дном інфільтраційного басейна ґрунтів з високими фільтраційними властивостями	<ul style="list-style-type: none"> ● попередньо розпушують ґрунт ● застосовують інфільтраційні колодязі ● під дном басейна прокладають дрени ● застосовують басейни із зворотними фільтрами ● в дні басейна відривають поглинаючі шурфи
10-10	Поповнення водоносного пласта за рахунок іншого відбувається через	<ul style="list-style-type: none"> ● двошарові кам'яно-щебеневі призми ● двошарові променеві водозабори ● свердловини подвійного призначення ● дренажно-поглинаючі свердловини ● поглинаючі свердловини
10-11	Розміри I поясу ЗСО від свердловин залежить від	<ul style="list-style-type: none"> ● характеру ґрунту у покрівлі ● характеру ґрунту водоносного пласту ● господарського призначення свердловин ● продуктивності водозабору ● розмірів II і III поясів ЗСО
10-12	Розміри II поясу ЗСО від свердловин залежить від	<ul style="list-style-type: none"> ● розмірів III поясу ЗСО водозабору ● продуктивності водозабору ● розмірів I поясу ЗСО ● господарського призначення свердловин ● потужності покрівлі

10-13	розміри III поясу ЗСО від свердловин залежить від	<ul style="list-style-type: none"> • характеру ґрунту водоносного пласту • розмірів II поясу ЗСО • потужності покрівлі • наявності осередків мікробного забруднення • наявності осередків хімічного забруднення
10-14	Розміри I поясу ЗСО річкового водозабору	<ul style="list-style-type: none"> • залежать від рельєфу місцевості • залежать від продуктивності водозабору • приймаються за існуючими нормативами • розраховуються за мінімальною швидкістю води в річці • залежать від типу водозабору
10-15	Відстань від річки бічних меж II поясу ЗСО річкового водозабору залежить від	<ul style="list-style-type: none"> • рельєфу місцевості • продуктивності водозабору • мінімальної швидкості води в річці • типу водозабору • наявності поблизу мікробного забруднення
10-16	Відстань від річки бічних меж III поясу ЗСО річкового водозабору залежить від	<ul style="list-style-type: none"> • рельєфу місцевості • продуктивності водозабору • мінімальної швидкості води в річці • типу водозабору • наявності хімічного забруднення води
10-17	Зона санітарної охорони джерела водопостачання складається із	<ul style="list-style-type: none"> • поясу суворого режиму • поясу обмеження • двох поясів обмеження • поясу суворого режиму і двох поясів обмежень • поясу суворого режиму і поясу обмежень
10-18	На території поясу суворого режиму зони санітарної охорони забороняється	<ul style="list-style-type: none"> • розміщення житлових будинків • купання і прання • рибалку • мати нецентралізовану каналізацію • забруднювати територію отрутохімікатами
10-19	На території першого поясу обмеження зони санітарної охорони забороняється	<ul style="list-style-type: none"> • розміщення житлових будинків • купання і прання • рибалку • мати нецентралізовану каналізацію • забруднювати територію отрутохімікатами
10-20	Розмір поясу суворого режиму ЗСО підземного джерела приймається	<ul style="list-style-type: none"> • 30м для захищених горизонтів • 50м для незахищених горизонтів • 30м в будь-якому випадку • 50м для захищених горизонтів • 100м для незахищених горизонтів

10-21	Пояс суворого режиму зони санітарної охорони поверхневого джерела охоплює	<ul style="list-style-type: none"> • прилеглий берег • річку вверх по течії • річку вниз по течії • акваторія річки і протилежний берег при ширині річки до 100м • протилежний берег при ширині річки до 200м
10-22	В I поясі ЗСО річкового водозабору допускається	<ul style="list-style-type: none"> • судноплавство • рибна ловля • прання • купання • водопій худоби

Список використаної літератури

1. Булава М.Н., Кудін С.М. Водозабірні і гідротехнічні споруди. – Київ: Вища школа, 1974. – 232 с.
2. Образовский А. С. и др. Водозаборные сооружения для водоснабжения из поверхностных источников. – М.: Стройиздат, 1976. – 368с.
3. Орадovская А. Е., Лапшин Н. Н. Санитарная охрана водозаборов подземных вод. – М.: Недра, 1987 – 167с.
4. Орлов В. О., Назаров С.М., Шадура В. О. Проектування водозабірних споруд. Навч. посібник. – Рівне: УДУВГП, 2002. – 128с.
5. Орлов В.О., Зошук А.М. Проектування систем сільсько-господарського водопостачання. - Рівне: НУВГП, 2005.-252с.
6. Порядин А. Ф. Устройство и эксплуатация водозаборов. М.: Стройиздат, 1984. – 164с.
7. Пособие по проектированию сооружений для забора подземных вод/к СНиП 2.04.02-84/– М.:Стройиздат, 1989. – 272с.
8. Проектирование сооружений для забора поверхностных вод. Справочное пособие к СНиП. – М.: Стройиздат, 1990. – 256с.
9. СНиП 2. 04.02 - 84. Строительные нормы и правила. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. Нормы проектирования. – М.:Стройиздат, 1985. – 136 с.
10. Тугай А.М. Водоснабжение. Водозаборные сооружения. Киев: Вища школа, 1986. – 207 с.
11. Тугай А.М., Орлов В.О. Водопостачання. Підручник для вузів. – Рівне: РДТУ, 2009. – 735с.



ЗМІСТ

№		стор
1	СТРУКТУРА ПРОГРАМИ НАВЧАЛЬНОГО КУРСУ.....	3
	1.1. Опис предмета навчальної дисципліни.....	3
	1.2. Мета та завдання навчальної дисципліни, її місце у навчальному процесі	4
	1.3. Структура залікового кредиту дисципліни.....	7
	1.4. Практичні заняття.....	8
	1.5. Завдання для самостійної роботи студентів.....	8
	1.6. Індивідуальна робота студентів.....	9
	1.7. Методи навчання.....	10
	1.8. Методи оцінювання знань.....	11
	1.9. Розподіл балів.....	11
	1.10. Методичне забезпечення.....	13
	1.11. Рекомендована література.....	13
	1.12. Інформаційні ресурси.....	14
2	МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ВИВЧЕННЯ ОКРЕМИХ МОДУЛІВ ТА ТЕМ.....	15
	Тема 1. Джерела водопостачання.....	15
	Тема 2. Технологічні схеми річкових водозаборів.....	29
	Тема 3. Оголовки руслових водозаборів	38
	Тема 4. Самопливні та сифонні лінії.....	48
	Тема 5. Берегові споруди водозаборів.....	55
	Тема 6. Забирання води в ускладнених і специфічних умовах.....	62
	Тема 7. Водозабірні споруди для забору підземних вод.....	85
	Тема 8. Водозабірні свердловини та шахтні колодязі... ..	96
	Тема 9. Горизонтальні, променеві та каптажні водозабори.....	110
	Тема 10. Штучне поповнення підземних вод.....	120
	Санітарна охорона джерел і водозаборів.....	132
3	КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ ПО ТЕМАХ.....	132
4	ПЛАН ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ.....	134
5	СКЛАД ТА ЗМІСТ ІНДИВІДУАЛЬНОГО НАВЧАЛЬНО-ДОСЛІДНОГО ЗАВДАННЯ.....	136
6	КОНТРОЛЬНІ ТЕСТОВІ ЗАПИТАННЯ.....	137
	СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	165

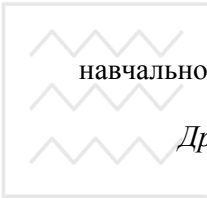


Національний університет
водного господарства
та природокористування

Навчально-методичне видання

*Валерій Олегович Орлов
Сергій Миколайович Назаров
Алла Миколаївна Орлова*

ВОДОЗАБІРНІ СПОРУДИ



Інтерактивний комплекс
навчально-методичного забезпечення дисципліни

Друкується в авторській редакції

Підписано до друку Формат 60x84 ¹/₁₆
Папір друкарський №1. Гарнітура Times. Друк трафаретний.
Ум. – друк. Арк.. 9, 8. Обл. – вид. арк. 10. 3.
Тираж 100 примірників. Зам. №

*Редакційно-видавничий центр
Національного університету водного господарства та
природокористування
33028, Рівне, вул. Соборна, 11.*