

**КРАТКИЙ СПРАВОЧНИК  
ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ И БУРЕНИЮ  
СКВАЖИН НА ВОДУ**  
2-е издание

**Рецензент - д-р техн. наук А.С. Белицкий  
(Институт биофизики Минздрава СССР)**

**г. Москва  
Недра, 1983 г.**

# РАЗДЕЛ I. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СКВАЖИН НА ВОДУ

## ГЛАВА 1. НЕКОТОРЫЕ СВЕДЕНИЯ О ВОДЕ

### § 1. Физические константы воды

Молярная масса, г/моль		18,016
Температура в °С:		
замерзания (при $P = 0,1\text{МПа}$ )		0,00
кипения		100,00
Температура при максимальной плотности, °С		3,98
Плотность воды в г/см <sup>3</sup> при температуре в °С:		
	0	0,99987
	3,98	1,0000
	20	0,99823
Критическая температура воды, °С		374,2
Критическое давление воды, МПа		22,1
Критическая плотность воды, кг/м <sup>3</sup>		0,324
Относительная диэлектрическая постоянная при температуре в °С:		
	0	88,2
	20	80,4
	100	55,1

Химически чистая вода - жидкость без запаха, вкуса, цвета, состоит из 11,11% водорода и 88,89% кислорода.

### § 2. Внутренняя структура воды

Молекулы воды расположены в форме неправильного тетраэдра: в центре - атом кислорода, в противоположных углах одной из граней куба - два атома водорода, угол между которыми составляет  $104^{\circ}31'$ . Два из восьми электронов атома кислорода расположены около ядра, два других связаны с атомами водорода, а две пары электронов образуют ветви, расположенные в направлении, противоположном электронным облакам водорода.

Ветви электронных облаков являются областями сосредоточения отрицательных зарядов, они обуславливают водородную связь между молекулами воды и других веществ.

### § 3. Структура жидкой воды

В основе многочисленных моделей жидкая вода рассматривается как кристаллическое вещество (жидкие кристаллы).

Упорядоченное (кристаллическое) расположение частиц воды в жидком состоянии доказано экспериментально. Полагают, что при плавлении льда его решетка частично разрушается и эти пустоты, а также ажурная структура льда заполняются освободившимися молекулами воды. Плотность жидкой воды вследствие этого увеличивается. Учеными подсчитано, что в жидкой фазе при  $0^{\circ}\text{C}$  несвязанные, заполняющие пустоты молекулы составляют около 16% от общего количества.

В теории структуры воды, созданной Берналом и Фаулером, существование максимума плотности воды при температуре  $4^{\circ}\text{C}$  объясняется тем, что при этой температуре преобладающая часть молекул воды связана в кварцеподобную структуру, а при других температурах они имеют тридимитоподное кристаллическое строение, соответствующее меньшей плотности.

### § 4. Изотопный состав воды

Вода - продукт соединения двух химических элементов, имеющих несколько изотопов.

Для водорода известны три изотопа:

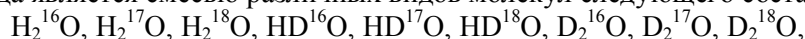
протий  $^1\text{H}$ , массовое число 1;

дейтерий  $^2\text{H(D)}$ , массовое число 2;

тритий  $^3\text{H(T)}$ , массовое число 3.

Содержание дейтерия в природной смеси изотопов водорода 0,014-0,015%. Для кислорода известны также три изотопа с массовыми числами 16, 17 и 18, соотношение которых в природной смеси изотопов равно 2670:1:5.

Природная вода является смесью различных видов молекул следующего состава:



Вода - это смесь девяти различных видов молекул, поэтому в зависимости от их количественного соотношения изменяются свойства воды, особенно ее плотность.

## § 5. Аномалии воды

Простейшую формулу  $\text{H}_2\text{O}$  имеет молекула пароводяной воды (гидроль). Молекула воды в жидком состоянии представляет собой объединение двух простых молекул  $(\text{H}_2\text{O})_2$  - дигидроль, а в твердом состоянии - трех простых молекул  $(\text{H}_2\text{O})_3$  - тригидроль.

В составе льда преобладают молекулы тригидроля, в составе водяного пара (при температуре выше  $100^\circ\text{C}$ ) - молекулы гидроля, а в капельно-жидкой воде - смесь гидроля, дигидроля и тригидроля, соотношения между которыми меняются с изменением температуры.

Особенностями структуры воды обусловлены ее следующие аномалии:

1) наибольшую плотность вода имеет при  $4^\circ\text{C}$ , с понижением температуры до  $0^\circ\text{C}$  или с повышением до  $100^\circ\text{C}$  плотность ее уменьшается;

2) объем воды при замерзании увеличивается примерно на 10%, при этом твердая фаза становится легче жидкой;

3) вода обладает высокой удельной теплоемкостью, которая с повышением температуры до  $40^\circ\text{C}$  уменьшается, а затем вновь увеличивается;

4) вода обладает весьма большой удельной внутренней энергией (318,8 Дж/кг);

5) вода замерзает при  $0^\circ\text{C}$ , с увеличением давления температура замерзания понижается и достигает своего минимального значения ( $-22^\circ\text{C}$ ) при давлении 211,5 МПа;

6) вода обладает наибольшим удельным количеством теплоты (2156 Дж/кг) при температуре  $100^\circ\text{C}$ ;

7) вода обладает наиболее высокой диэлектрической проницаемостью при  $20^\circ\text{C}$ ;

8) вода обладает самым большим поверхностным натяжением по сравнению с другими жидкостями.

При взаимодействии со щелочами вода ведет себя, как кислота, а при взаимодействии с кислотами - как основание. В процессе реакции активных металлов и воды выделяется водород. Вода вызывает процесс обменного разложения (гидролиз), взаимодействуя с некоторыми солями.

## § 6. Некоторые сведения о растворах

Раствором называют энергетически устойчивую гомогенную (однофазную) конденсированную систему непрерывного переменного состава, образованную несколькими равномерно распределенными компонентами, находящимися в динамическом взаимодействии.

Всякий раствор состоит из растворителя и растворенного вещества. Если раздробленное вещество доведено в растворителе до молекулярного состояния, такая система называется молекулярным, или истинным раствором, или просто раствором.

Растворимостью называют количество вещества (в граммах), насыщающее 100 г растворителя при данных условиях.

Концентрацией называют содержание растворимого вещества в единице объема или массы раствора.

Наиболее распространены объемная, массовая, молярная, моляльная и нормальная системы концентраций.

Объемная концентрация определяется количеством (в граммах) растворенного вещества, содержащегося в 1 л раствора (г/л).

Молярным называют раствор, содержащий в 1 л объема 1 моль растворенного вещества.

Моляльным называют раствор, содержащий 1 моль растворенного вещества в 1000 г растворителя.

Нормальным называют раствор, в 1 л которого содержится 1 моль растворенного вещества.

## § 7. Подземные воды

Подземные воды широко используют для нужд водоснабжения. Они распространены на значительных площадях и не требуют транспортирования на большие расстояния, обладают низкой и устойчивой температурой и могут быть использованы без очистки и обработки для хозяйственно-питьевых целей. Подземные воды защищены от опасных воздействий каких-либо загрязнений.

Согласно Основам водного законодательства Союза ССР и союзных республик, использование подземных вод питьевого качества для нужд, не связанных с питьевым и бытовым водоснабжением, как правило, не допускается. Только в районах, где отсутствуют необходимые поверхностные водные источники и имеются достаточные запасы подземных вод питьевого качества, органы по регулированию использования и охране вод могут разрешить применять их для целей, не связанных с питьевым и бытовым водоснабжением.

По геолого-гидрогеологическим условиям могут быть выделены следующие основные типы геологических структур и образований, а также связанные с ними подземные воды [11]:

- а) речные долины;
- б) артезианские бассейны платформ и геосинклинальных областей;
- в) конусы выноса предгорных шлейфов и межгорных впадин;
- г) ограниченные по площади структуры и массивы трещиноватых и трещинно-карстовых пород, а также зоны тектонических нарушений;
- д) песчаные массивы пустынь и полупустынь;
- е) надморенные и межморенные водно-ледниковые отложения.

На долю речных долин и артезианских бассейнов платформ приходится более 60% всех разведанных и эксплуатируемых участков подземных вод.

В зависимости от условий залегания и гидродинамических особенностей подземные воды делят на верховодку, грунтовые и артезианские. В северных и северо-восточных районах СССР, находящихся в пределах зоны многолетнемерзлых пород, подземные воды делят на три типа:

- 1) надмерзлотные, залегающие над толщей многолетней мерзлоты, служащей для них водоупором;
- 2) межмерзлотные, заключенные внутри толщи многолетней мерзлоты;
- 3) подмерзлотные, находящиеся ниже толщи многолетней мерзлоты.

Для водоснабжения используют, в основном подмерзлотные и межмерзлотные воды, к которым относятся подземные воды, проходящие в трещиноватых осадочных и изверженных породах Алданского района и аллювиальных отложениях речных долин в северных районах европейской части страны, в Сибири, а также в южных районах Восточной Сибири и Дальнего Востока [22].

## **Глава 2. РАСХОДЫ ВОДЫ. ВЫБОР И ОЦЕНКА ИСТОЧНИКА ВОДОСНАБЖЕНИЯ. ОТБОР ПРОБ И ИХ АНАЛИЗ**

### **§ 8. Расходы воды**

При проектировании скважин на воду и системы водоснабжения любого объекта прежде всего должно быть определено, сколько воды и какого качества необходимо подавать данному объекту.

Вода расходуется различными потребителями для самых разнообразных целей:

- а) хозяйственно-питьевые нужды населения;
- б) производственные нужды предприятий промышленности и сельского хозяйства;
- в) тушение пожаров.

Для ориентировочного определения расчетного расхода воды проектируемой разведочно-добывающей скважины можно использовать данные табл. 1.

**Таблица 1**

**Расчетные нормы расхода воды [16]**

Потребитель	Среднесуточная норма потребления, л/сут
Хозяйственно-питьевые нужды населенных пунктов (на 1 человека)	
Жилые дома без внутреннего водопровода	30-50
Здания, оборудованные внутренним водопроводом и канализацией, без ванн	125-160
То же, с ванными и местными водонагревателями	160-230
То же, с центральным горячим водоснабжением	250-350
Хозяйственно-питьевые нужды промышленных предприятий (на 1 человека в 1 смену)	
В цехах с тепловыделением более 82 Дж на 1 м <sup>3</sup>	45
В остальных цехах	25

Потребитель	Среднесуточная норма потребления, л/сут
Часовой расход на 1 душевую установку после смены	500
Сельскохозяйственные нужды (на 1 голову)	
Коровы молочные	100
Коровы мясные	70
Быки и нетели	60
Молодняк крупного рогатого скота в возрасте до 2 лет	30
Телята в возрасте до 6 месяцев	20
Жеребята в возрасте до 1,5 лет	45
Лошади рабочие, верховые	60
Лошади племенные	80
Овцы взрослые	10
Свиньи на откорме, ремонтный молодняк	15
Свиноматки холостые, хряки-производители	25
Свиноматки с поросятами	60
Поросята отъемыши	5
Куры	1
Утки и гуси	2
Кролики	3

**Примечание.** Не указаны нормы водопотребления на производственные нужды промышленных и сельскохозяйственных предприятий, которые рассчитывают на основе технологических данных и зависят от профиля предприятия.

Количество воды на нужды местной промышленности, обслуживающей население, и неучтенные расходы допускаются дополнительно в размере 5-10% от суммарного расхода воды на хозяйственно-питьевые нужды населенного пункта.

Для определения общего суточного количества воды, необходимого для водоснабжения объекта, величину, полученную по нормам табл. 1, нужно умножить на коэффициент суточной неравномерности (1,1-1,3) и сложить с количеством воды, требуемым для восстановления противопожарного запаса.

Расход воды на противопожарные нужды зависит от числа жителей и характера застройки (табл. 2).

**Таблица 2**

### Расходы воды на наружное пожаротушение

Число жителей в населенном пункте, тыс. чел.	Расчетное число одно-временных пожаров	Расходы воды на наружное пожаротушение в населенном пункте в л/с при постройках	
		одно-двухэтажных	трехэтажных и более
≤5000	1	10	10
≤10000	1	10	15
≤25000	2	10	15
≤50000	2	20	25
≤100000	2	25	35

**Примечание.** Продолжительность тушения одного пожара 3 ч.

Количество воды, требуемое для противопожарных целей, должен обеспечивать неприкосновенный запас в резервуарах, который необходимо восстанавливать из скважины в течение следующего времени:

а) 24 ч - в населенных пунктах и на промышленных предприятиях с производством, отнесенным по пожарной опасности к категориям А, Б и В;

б) 36 ч - на промышленных предприятиях с производствами, отнесенными по пожарной опасности к категориям Г и Д;

в) 72 ч - в сельских населенных пунктах и на сельскохозяйственных предприятиях.

При определении часового дебита проектируемой разведочно-добывающей скважины следует считать продолжительность работы водопроводов для городов, больших поселков и крупных промышленных предприятий 20-22 ч/сут, а для средних и небольших объектов 8-12 ч/сут.

## § 9. Выбор и оценка источников водоснабжения

Выбор и оценку качества источника водоснабжения регламентирует ГОСТ 17.1.3.03-77 (СТ СЭВ 1924-79).

При выборе источника водоснабжения следует в первую очередь ориентироваться на артезианские (напорные) воды, надежно защищенные от внешнего загрязнения.

При отсутствии или невозможности использования таких источников необходимо переходить к другим источникам в следующем порядке:

а) межпластовые безнапорные воды (в том числе ключи и родники);

б) трещинно-карстовые воды при условии их особо тщательной гидрогеологической разведки и характеристики;

в) грунтовые воды, в том числе инфильтрационные, подруслоевые и искусственно пополняемые;

г) открытые водоемы (реки, водохранилища, озера, пруды, каналы).

При использовании подземных вод для централизованного водоснабжения рекомендуется выбирать такие водоисточники, качество воды которых соответствует требованиям ГОСТа.

Для обеспечения санитарной надежности проектируемых и действующих систем централизованного водоснабжения для всех водоисточников должны быть предусмотрены зоны санитарной охраны.

Пригодность источника для централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения и место водозабора устанавливают органы и учреждения санитарно-эпидемиологической службы Министерства здравоохранения СССР и союзных республик, а также медицинские службы других ведомств, на которые возложено решение этого вопроса. Оценка подземного источника для хозяйственно-питьевого водоснабжения осуществляется на основе:

а) санитарного состояния места размещения водозаборных сооружений и прилегающей территории;

б) качества воды;

в) степени природной и санитарной надежности, а также прогноза их санитарного состояния.

Классификация источников подземных вод по величине их дебита приведена в табл. 3.

Таблица 3

### Классификация источников подземных вод по величине дебита (по О. Мейнцеру и Г.А. Максимовичу)

Класс	Название по дебиту	Дебит	
		л/с	м <sup>3</sup> /сут
I	Гигантские	10000	864000
II	Исполинские	10000-1000	864000-86400
III	Очень большие	1000-100	86400-8640
IV	Большие	100-10	8640-864
V	Значительные	10-1	864-86,4
VI	Малые	1-0,1	86,4-8,64
VII	Незначительные	0,1-0,01	8,64-0,864
VIII	Весьма незначительные	0,01	<0,864

## § 10. Отбор и анализы воды

### Основные указания по отбору проб воды из подземных источников

Пробы воды подземных источников должны забираться из того водоносного горизонта, из которого намечается в будущем водозабор, а при существующем водозаборе (скважина, колодец, каптаж) - из источника, используемого для водоснабжения.

Пробы, характеризующие качество воды водоносного горизонта, могут забираться из соседних, уже существующих скважин, колодцев и каптажей, использующих тот же горизонт, или же из опытных добывающих скважин при условии идентичности водоносного горизонта, подтвержденной гидрогеологическим заключением.

Пробы воды вновь сооруженных или долго бездействующих скважин должны отбираться после длительной откачки, выполненной до постоянного динамического уровня и полного осветления воды при производительности, равной или несколько большей запроектированной.

При эксплуатации существующих скважин пробы воды отбираются специальными глубинными пробоотборниками.

Перед отбором проб воды из скважины для анализа необходимо во всех случаях предварительно производить откачку в течение 24 ч.

Для сохранения воды до анализа пробы иногда консервируют. Консервирование воды позволяет сохранить компоненты, содержащиеся в воде, и их свойства в том состоянии, в каком они находились в ней в момент взятия пробы.

Список компонентов со сроками определения проб, с условиями их транспортировки и хранения приведен в табл. 4.

**Таблица 4**

**Список компонентов со сроками определения проб**

Компоненты, свойства и признаки воды	Указания по определению проб
Температура	Измерять на месте отбора пробы
Запах, вкус и привкус	Определять на месте не позже чем через 2 ч
Прозрачность	Определять не позже чем через 1 сут
Цветность	Определять через 2 ч
Взвешенные вещества	Определять не позже чем через 1 сут
Активная реакция (рН)	Определять в кратчайший срок и предохранять от нагревания
Щелочность	Определять не позже чем через 1 сут
Жесткость, кальций, магний	Пробы не консервируют
Железо	При взятии пробы избегать соприкосновения воды с воздухом
Хлориды, сульфаты	Пробы не консервируют
Нитриты, нитраты	Определять в день взятия пробы
Окисляемость	Пробы консервируют до 48 ч Определять не позже чем через 1 сут
Растворенный кислород	Определять сразу же на месте или через 1 сут. В посуде пузырьков воздуха не оставлять

Во всех случаях компоненты необходимо определять не дольше 3 сут, потому что пробы, доставленные позже, теряют свои свойства и анализ их делать бессмысленно, так как полученные результаты будут ненадежны.

Если проба не была законсервирована, то определение производят:

а) сразу же на месте отбора пробы или в лаборатории, если она находится вблизи места отбора пробы;

б) как можно раньше, но не позже чем через 2 ч после взятия пробы;

в) в тот же день, но не позже чем через 12 ч после отбора пробы.

Температура и рН воды очень быстро изменяются, так как газы, содержащиеся в воде, например кислород, двуокись углерода, сероводород или хлор, могут улетучиться из пробы или появиться в ней. Эти и подобные им вещества надо определять на месте отбора пробы или фиксировать.

Изменение равновесия системы (величины рН, содержания карбонатов, свободной двуокиси углерода) может вызвать изменение других компонентов, содержащихся в пробе. Некоторые компоненты могут выделиться в виде осадка или, наоборот, из нерастворимой формы перейти в растворимую - это относится особенно к солям железа, марганца, кальция.

В неконсервированной пробе обычно протекают различные биохимические процессы, вызванные деятельностью микроорганизмов. Нитраты могут восстановиться до нитритов, сульфаты - до сульфидов.

Может измениться цвет, мутность и прозрачность воды. Некоторые компоненты могут адсорбироваться на стенках бутылки (медь, железо, кальций, алюминий, марганец, хром, цинк, фосфаты) или выщелачиваться из стекла или пластмассы бутылки (бор, кремний, натрий, калий).

Даты отбора пробы и начала анализа должны быть указаны в протоколе анализа. Следует принимать все меры для того, чтобы сократить время между отбором пробы и ее анализом.

Транспортировать пробы следует быстро, но осторожно.

### Анализ воды

В зависимости от назначения производят анализ воды по различным показателям, так как наличие некоторых компонентов может препятствовать использованию воды для одних целей и не иметь существенного значения для других.

Общий химический анализ воды условно разделяют на три типа: полный, сокращенный и полевой.

Для того чтобы произведенный анализ природной воды достаточно надежно отражал качество воды источника, нельзя ограничиваться одной случайной пробой, так как качество воды в источнике может претерпеть сезонные изменения.

Для установления качества воды подземных источников должен быть выполнен анализ следующих проб:

а) не менее двух разовых проб из межпластовых напорных водоносных горизонтов, взятых с интервалом отбора не менее 24 ч для каждого водоносного горизонта в отдельности; для других подземных источников водоснабжения пробы отбирают в течение года в каждый характерный для данного климатического района период из каждого водоносного горизонта в отдельности по две пробы с интервалом отбора не менее 24 ч;

б) отобранные после сильных дождей через интервал времени, достаточный для прохождения воды через закарстованную горную породу, для источников водоснабжения в карстовых районах;

в) для скважин, уже эксплуатируемых, в случае колебаний органолептических, химических и бактериологических показателей анализа проб, взятых, как указано в пункте "а".

В анализе каждой пробы должно быть указано: наименование источника, дата (число, час), место и глубина взятия пробы, кем отобрана проба; метеорологические условия - температура воздуха и осадки в день взятия пробы; время доставки пробы в лабораторию для анализа. Дата производства анализа: начало, окончание. Наименование и адрес лаборатории.

Результаты анализа проб воды должны содержать следующие показатели.

I. Органолептические показатели качества воды:

- 1) запах при 20 °С - качественно, в баллах;
- 2) запах при 60 °С - качественно, в баллах;
- 3) привкус при 20 °С - качественно, в баллах;
- 4) цветность по шкале в градусах;
- 5) мутность по стандартной шкале в мг/дм<sup>3</sup>;
- 6) содержание в мг/дм<sup>3</sup> сухого остатка;
- 7) хлориды (Cl<sup>-</sup>);
- 8) сульфаты (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>);
- 9) железо (Fe<sup>2+,3+</sup>);
- 10) марганец (Mn<sup>2+</sup>);
- 11) медь (Cu<sup>2+</sup>);
- 12) цинк (Zn<sup>2+</sup>);
- 13) общая жесткость в моль/дм<sup>3</sup>;
- 14) водородный показатель (рН).

II. Показатели содержания токсических химических веществ в мг/дм<sup>3</sup>:

- 15) бериллий (Be);
- 16) молибден (Mo);
- 17) мышьяк (As<sup>3+,5+</sup>);
- 18) нитраты (по N);
- 19) свинец (Pb<sup>2+</sup>);
- 20) селен (Se);
- 21) стронций (Sr<sup>2+</sup>);
- 22) фтор (F);
- 23) уран (U);
- 24) радий (Ra) в Бк/дм<sup>3</sup>.

III. Микробиологические показатели воды:

- 25) число сапрофитовых бактерий в мл;



26) индекс бактерий группы кишечных палочек.

IV. Дополнительные показатели, полученные при исследовании в случае подозрения на загрязнение источника водоснабжения:

27) содержание аммония солевого (по N) в мг/дм<sup>3</sup>;

28) окисляемость (перманганатная);

29) содержание в мг/дм<sup>3</sup> нитритов (по N);

30) промышленные загрязнения.

Привкус определяют при отсутствии подозрений на загрязненность воды.

Перечень показателей допускается изменять по согласованию с санитарно-эпидемиологической службой в зависимости от местных природных и санитарных условий.

В зависимости от целевого назначения проектируемого или существующего водопровода в анализах проб воды могут быть отражены те или иные свойства воды.

Так, в анализе проб воды, подаваемой в систему питания водяных или паровых котлов, должны быть отражены свободная углекислота, кремниевая кислота, натрий + калий, кальций. А такие показатели, как запах, прозрачность, железо, нитраты, коли-титр и другие, отражать в анализе не следует (табл. 5).

Таблица 5

Целевое назначение водопровода в зависимости от свойств воды [9]

Свойства воды и компоненты, содержащиеся в ней	Целевое назначение водопровода	
	хозяйственно-питьевое	питание котлов
Температура, °С	+	+
Запах, вкус и привкус, баллы	+	-
Прозрачность, см	+	-
Цветность, градус	+	+
Муть и осадки, мг/л	+	+
Взвешенные вещества, мг/л	+	+
Активная реакция, рН	+	+
Щелочность, моль/л	+	+
Жесткость общая, моль/л	+	+
Жесткость карбонатная, моль/л	+	+
Сухой остаток, мг/л:		
кальций	-	+
магний	+	+
натрий + калий	-	+
железо общее	+	-
железо окисное	+	-
хлориды	+	+
сульфаты	+	-
аммиак	+	+
нитриты	+	-
нитраты	+	-
сероводород	+	-
Окисляемость, мг/л	+	+
Растворенный кислород, мг/л	+	+
Мышьяк, мг/л	+	-
Фтор, мг/л	+	-
Медь, мг/л	+	-

Свойства воды и компоненты, содержащиеся в ней	Целевое назначение водопровода	
	хозяйственно-питьевое	питание котлов
Марганец	+	-
Цинк	+	-
Свободная углекислота	-	+
Кремниевая кислота	-	+
Общее число бактерий в 1 мл	+	-
Коли-титр или коли-индекс	+	-

### Глава 3. КАЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПРИРОДНЫХ ВОД И ТРЕБОВАНИЯ К КАЧЕСТВУ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ

#### § 11. Качество воды

Качеством воды называется совокупность свойств воды, обусловленная в основном концентрацией содержащихся в ней компонентов.

В состав воды в виде различных химических соединений входят около 50 элементов, многие из которых содержатся в малых количествах, но также влияющих на ее свойства. Природные воды всегда содержат несколько компонентов. В зависимости от размера частиц, составляющих компоненты воды, различают:

1) растворенные компоненты, частицы которых находятся в состоянии молекулярной или ионной дисперсности (размер частиц менее 0,1 мкм); к ним можно отнести растворенные в воде газы (кислород, углекислый газ, сероводород, азот) а также катионы и анионы растворенных в воде солей кальция, магния, натрия, калия, хлора и др.

2) коллоидные компоненты, частицы которых находятся в состоянии высокой дисперсности (размер частиц 0,1-10 мкм). Эти компоненты могут быть органического и минерального происхождения. К органическим относятся гумминовые вещества и масла (масла попадают в воду со сточными водами), а к минеральным - кремниевая кислота ( $\text{SiO}_2$ ), соединения металлов и др.;

3) грубодисперсные компоненты, имеющие размеры частиц больше 10 мкм. Эти компоненты могут быть:

- а) всплывающие, их плотность меньше плотности воды;
- б) тонущие, плотность которых больше плотности воды;
- в) взвешенные, плотность которых близка к плотности воды.

При определении качества воды различают следующие свойства.

Физические: температура, запах, вкус и привкус, прозрачность, муть и осадок, взвешенные вещества, электропроводность.

Химические: активная реакция, щелочность, жесткость, сухой остаток, железо, сульфаты и хлориды, азотсодержащие вещества, окисляемость, сероводород, растворенный кислород, мышьяк, фтор, медь, цинк, марганец, свободная углекислота, кремниевая кислота.

Бактериологические: общее число бактерий, коли-титр, коли-индекс.

Качество питьевой воды, подаваемой централизованной хозяйственно-питьевой системой водоснабжения, регламентируется ГОСТом.

Состав и свойства воды при любом типе вод источника, способе обработки воды и конструктивных особенностях водопроводной сети должны обеспечивать безопасность ее в эпидемиологическом отношении, безвредность химического состава и благоприятные органолептические свойства.

Вода, подаваемая потребителям, должна быть защищена от случайного или систематического загрязнения путем устройства зон санитарной охраны и герметичности водопроводных систем.

#### § 12. Физические свойства воды

1. Температура воды подземных источников колеблется от 8 до 12°C.

Постоянство температуры подземных вод в разное время года указывает на отсутствие подтока поверхностных вод.

Оптимальной температурой воды для питьевых целей считается 7-10°C, предельно допустимой 35°C.

2. Запах, вкус и привкус воды зависят главным образом от рода примесей, содержащихся в воде.

Запахи, вкус воды обуславливаются наличием растворенного в ней сероводорода, солей железа, марганца и различных органических примесей. Характер и интенсивность запахов и привкуса воды устанавливаются органами чувств.

Вода может иметь:

а) запахи естественного происхождения - от живущих и отмерших в воде организмов, от влияния веществ, содержащихся в грунтах и древесине сруба колодцев;

б) запахи искусственного происхождения - от различных сточных вод, от обработки воды различными реагентами и т.д.

К запахам естественного происхождения относятся: ароматический, болотный, гнилостный, землистый, рыбный, сероводородный и т.д. К запахам искусственного происхождения относятся фенольный, камфарный, хлорный и др.

Вкусовая характеристика воды оценивается четырьмя видами: соленым, горьким, сладким и кислым. Предельная концентрация солей, вызывающая вкусовые ощущения, приведена в табл. 6. Интенсивность запаха, вкуса и привкуса оценивается по условной пятибалльной системе по ГОСТ 3351-74. Согласно ГОСТу питьевая вода должна иметь запах и привкус не более 2 баллов при 20°C.

**Таблица 6**

**Сравнительная таблица предельной концентрации солей, вызывающих вкусовые ощущения [7]**

Соль	Концентрация, мг/л	
	вкус (без ясного представления) едва ощутимый	вкус воспринимается как плохой, отталкивающий
NaCl	150	500(соленый)
MgCl <sub>2</sub>	100	400 (горький)
MgSO <sub>4</sub>	200	500 (горький)
CaSO <sub>4</sub>	770	150 (вяжущий)
KCl	350	700 (горький)
FeSO <sub>4</sub>	1,5	5,0 (железистый)
MnCl <sub>2</sub>	2,0	4,0 (болотный)
FeCl <sub>2</sub>	0,3	0,5 (болотный)

3. Прозрачность воды характеризуется наличием в ней взвешенных и коллоидных примесей и определяется согласно ГОСТ 3351-74 по "Кресту" или по "Шрифту".

Определение прозрачности по "Кресту" применяют при регулярном контроле вод фильтровальных станций и водопроводной воды.

Сущность определения прозрачности воды по "Кресту" сводится к тому, что воду наливают в стеклянный цилиндр высотой 3500 мм. На дно цилиндра помещают фарфоровый кружок, разделенный двумя перпендикулярными линиями толщиной 1 мм на 4 равные сектора. В центре каждого сектора имеется черная точка диаметром 1 мм. Вблизи нижней части цилиндра устанавливают искусственный источник света - электролампочку в 300 Вт. Глаз испытателя должен располагаться примерно на 5 см выше верха цилиндра. Высота столба воды (в см) соответствует тому моменту, когда становятся отчетливо видны черные точки на фарфоровом кружке, т.е. она выражает собой прозрачность воды по "Кресту".

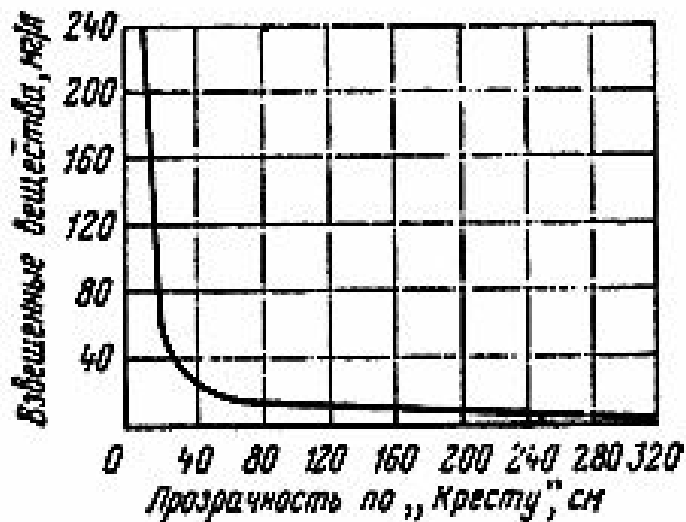
Прозрачность воды по "Шрифту" определяют на приборе Снеллена, который представляет собой стеклянный градуированный цилиндр высотой не менее 30 см, укрепленный на подставке, под которую подкладывают стандартный шрифт. Высота столба воды (в см), через который еще возможно чтение шрифта, определяет прозрачность воды по "Шрифту".

Для воды питьевого качества норма прозрачности по "Кресту" 300 см, по "Шрифту" 30 см.

При прозрачности воды менее 10 см обязательно определяют взвешенные вещества.

Если в воде взвешенных веществ находится менее 3 мг/л и прозрачность определить трудно, то в этом случае определяют мутность воды, выраженную в мг/л.

Между содержанием взвешенных веществ в воде и ее прозрачностью нет прямой зависимости, так как прозрачность воды зависит не только от количества взвешенных веществ, но и от степени их дисперсности. Однако такую зависимость можно установить по графику (рис. 1).



**Рис. 1. График зависимости прозрачности воды по "Кресту" от количества взвешенного вещества**

4. Цветность воды. Цветностью воды называется ее окраска, вызываемая гумминовыми и танниновыми веществами, коллоидными соединениями железа, а также сточными водами некоторых производств. Причиной окраски различных подземных вод могут быть вещества, извлекаемые водой из торфа, гумуса, болотной почвы, отмерших растений.

Цветность придает воде неприятный вид и может влиять на качество продукции некоторых производств.

Цветность воды измеряется в градусах платиново-кобальтовой шкалы по ГОСТ 3351-74. За 1° цветности принимается цветность раствора по платиново-кобальтовой шкале, содержащего в 1 л 2,49 мг хлорплатината калия и 2 мг хлористого кобальта.

Согласно ГОСТу для питьевой воды цветность допускается не более 20°. По согласованию с органами санитарно-эпидемиологической службы цветность воды может быть до 35°.

5. Мутность воды определяется на мутномерах путем сравнения мутности испытуемой воды с эталонами, приготовленными из инфузорной земли или каолина, имитирующих разную степень мутности воды. Мутность питьевой воды согласно стандартной шкале должна быть не более 1,5 мг/л.

6. Взвешенные вещества не всегда присутствуют в воде подземных источников. Взвешенные вещества попадают в воду этих источников в результате проникновения с дождевыми и тальными водами песчаных и глинистых частиц.

Концентрация взвешенных веществ в воде в разное время года неодинакова и может изменяться в десятки и сотни раз.

Согласно ГОСТу допускаемое содержание взвешенных веществ в питьевой воде должно быть не более 2 мг/л, а в оборотной воде 50-200 мг/л.

Содержание взвешенных веществ в воде определяется при прозрачности менее 10 см массовым методом. Для этого определяемый объем испытуемой воды фильтруют через предварительно высушенный до постоянной массы взвешенный бумажный фильтр. После окончания фильтрования фильтр вновь высушивают в сушильном шкафу при температуре 105°C до постоянной массы и взвешивают. Прирост в массе фильтра, пересчитанный на 1 л воды и выраженный в мг/л, показывает концентрацию в воде взвешенных веществ.

Прямое определение концентрации взвешенных веществ трудоемко и занимает много времени. Поэтому часто ограничивается нахождением косвенного показателя, зависящего от содержания взвешенных веществ, а именно - от прозрачности воды. При прозрачности воды 30 см содержание взвешенных веществ не определяют.

7. Электропроводность воды тем выше, чем больше ее солесодержание. Этим обстоятельством пользуются при контроле работы отдельных очистных сооружений и аппаратов водоподготовки - натрий-катионирования и при ионитовом обессоливании воды.

### **§ 13. Химические свойства воды**

1. Активная реакция воды (рН), или водородный показатель - есть степень кислотности или щелочности воды и количественно характеризуется концентрацией водородных ионов (табл. 7).

## Зависимость реакции воды от концентраций водородных ионов

Водородный показатель, pH	Реакция
1, 2, 3	Кислая
4, 5, 6	Слабокислая
7	Нейтральная
8, 9, 10	Слабощелочная
11, 12, 13, 14	Щелочная

Согласно ГОСТу pH питьевой воды должна быть в пределах 6,5-8,5.

2. Щелочность природных вод, как правило, обуславливается присутствием в ней бикарбонатов и гуматов, т.е. солей слабых органических кислот. Щелочность выражается в моль/л.

3. Жесткостью называют суммарную концентрацию в ней ионов кальция и магния (в моль/л или в градусах). 1° жесткости соответствует  $0,357 \cdot 10^{-3}$  моль/л, а  $1 \cdot 10^{-3}$  моль/л соответствует 2,8° жесткости.

Различают жесткость общую, карбонатную, некарбонатную. Карбонатной жесткостью называется часть общей жесткости, обусловленная содержанием в воде бикарбонатов и карбонатов кальция и магния.

Некарбонатная жесткость обуславливается содержанием в воде главным образом сульфатов и хлоридов кальция и магния и в меньшей мере - нитратов и силикатов кальция и магния (гипс, хлористый магний).

Пользование водой повышенной жесткости вызывает перерасход мыла, усиленный износ белья при стирке, затрудняет варку овощей, мяса и др.

Согласно ГОСТу величина общей жесткости воды питьевого качества установлена не выше  $7 \cdot 10^{-3}$  моль/л, а в особых случаях по согласованию с СЭС - не выше  $10 \cdot 10^{-3}$  моль/л.

4. Сухой остаток. Общим (плотным) остатком называется показатель, характеризующий концентрацию в воде примесей (кроме газов) в основном неорганического и частично органического происхождения. Он определяется как остаток от упаривания известного объема нефильтованной пробы, высушенной при 110°C до постоянной массы.

Растворенный (сухой) остаток отличается от общего (плотного) только тем, что пробу воды перед выпариванием фильтруют.

Прокаленным остатком называют показатель, характеризующий содержание в воде неорганических примесей (кроме газов) и определяемый взвешиванием остатка после упаривания известного объема воды и прокаливании при 800°C. В зависимости от того, фильтруют или не фильтруют воду перед ее упариванием и прокаливанием, различают прокаленный растворенный остаток и прокаленный общий остаток. Прокаленный растворенный остаток, по существу, характеризует солесодержание воды.

Согласно ГОСТ 17.1.3 03-77 для питьевого водоснабжения может быть выбран источник, растворенный остаток в воде которого не превосходит 1000 мг/л. В противном случае необходимо принимать меры по снижению растворенного остатка до указанной нормы.

По содержанию растворенных веществ воды можно подразделять на: а) пресные, с содержанием растворенных веществ до 0,1%; б) соленые, с содержанием растворенных веществ от 0,1 до 5%.

Согласно ГОСТу сухой остаток в питьевой воде должен быть не более 1000 мг/л.

По согласованию с органами санитарно-эпидемиологической службы содержание сухого остатка допускается до 1500 мг/л.

5. Железо в природных водах может содержаться в ионной форме (двух- и трехвалентное железо в виде неорганических и органических коллоидов), в виде комплексных соединений или тонкодисперсной взвеси.

В подземных водах чаще всего встречается растворенное двухвалентное железо. В подземных водах содержание железа может колебаться от тысячных долей до десятков миллиграммов в 1 л. Согласно ГОСТу содержание железа в воде не должно превышать 0,3 мг/л.

При использовании подземных вод без установок по обезжелезиванию воды по согласованию с органами санитарно-эпидемиологической службы содержание железа в воде, поступающей в водопроводную сеть, допускается до 1,0 мг/л.

6. Сульфаты и хлориды встречаются во всех природных водах и чаще всего в виде кальциевых, магниевых и натриевых солей. Естественное содержание сульфатов в артезианских и грунтовых водах обусловлено выветриванием пород и биологическими процессами в водоносных слоях.

Содержание сульфатов в подземных водах может быть обусловлено перетоком в намечаемый к использованию водоносный горизонт вод из других водоносных горизонтов. Повышенное содержание сульфатов и хлоридов обуславливает повышенный растворенный остаток воды. При некоторых сочетаниях со-

держания сульфатов и хлоридов при концентрации  $\text{SO}_4$  больше 250 мг/л и при концентрации Cl от 0 до 3000 мг/л вода приобретает коррозионные свойства по отношению к бетонам, затворенным на портландцементе.

Большое количество хлоридов в воде может быть вызвано вымыванием поваренной соли или других хлористых соединений из соприкасающихся с водой пластов. В последнем случае в воде наблюдается присутствие аммиака, нитритов, повышенная окисляемость и плохие бактериологические показатели.

Воды, содержащие более 500 мг/л сульфатов и более 350 мг/л хлоридов, отрицательно влияют на желудочно-кишечный тракт человека. Согласно ГОСТу содержание хлоридов в питьевой воде должно быть не более 350 мг/л, а сульфатов не более 500 мг/л.

7. Азотсодержащие вещества. Аммиак ( $\text{NH}_3$ ), нитриты ( $\text{NO}_2$ ) и нитраты ( $\text{NO}_3$ ) образуются в результате разложения белковых соединений, попадающих почти всегда со сточными бытовыми водами. Наличие в воде аммиака и отсутствие нитритов указывает на свежее загрязнение воды, а совместное их присутствие свидетельствует о том, что с момента первичного загрязнения прошел некоторый период времени. Отсутствие аммиака при наличии нитритов и особенно нитратов указывает на то, что загрязнение произошло давно и вода самоочищается.

Допустимой для питьевых целей считается вода, содержащая лишь следы аммиака и азотистой кислоты (нитритов) и не более 10 мг/л азотной кислоты (нитратов).

Повышенное содержание нитратов (более 50 мг/л) в воде, постоянно используемой для питьевых нужд, приводит к нарушению окислительной функции крови [23].

8. Окисляемость воды. В природных водах содержатся в тех или иных количествах органические вещества в коллоидном или истинно-растворенном состоянии. Вещества появляются в воде вследствие распада растительных и животных организмов или в результате сброса промышленных либо бытовых сточных вод.

Окисляемость воды обуславливается содержанием в ней органических и некоторых легкоокисляющихся неорганических примесей (сероводород, закисное железо и др.). Количество кислорода, эквивалентное расходу окислителя, называется окисляемостью. Окисляемость природных вод колеблется от 1 до 60 мг/л кислорода, а в болотных водах может достигать сотен мг/л кислорода.

Наименьшая величина окисляемости у артезианских вод 1-3 мг/л  $\text{O}_2$ . Окисляемость в пределах 20-60 мг/л характерна для вод, расположенных в болотистых местностях, и служит указанием на загрязнение воды. По окисляемости можно приблизительно установить содержание органических веществ в воде. Резкое увеличение окисляемости воды источника свидетельствует о его загрязнении сточными водами.

Предварительная обработка воды на водоочистных сооружениях только частично устраняет указанные загрязнения.

Всякая вода содержит легко- и трудноокисляющиеся органические вещества, и в зависимости от степени загрязнения они могут быть окислены сильными окислителями - перманганатом, бихроматом и др.

9. Сероводород помимо неприятного запаха и коррозионных свойств, которые он придает воде, способен вызывать зарастание труб вследствие развития серобактерий.

Содержание в воде сероводорода ( $\text{H}_2\text{S}$ ) в зависимости от активной реакции (рН) при температуре 25°C в процентах от общего количества следующее:

рН при 25°C	4	5	6	7	7,5	8	8,5	9	10
содержание $\text{H}_2\text{S}$ , %	99,9	98,9	91,8	52,9	26,0	10,1	3,4	1,1	0,1

10. Растворенный кислород. Вода, соприкасающаяся с воздухом, содержит кислород в равновесной концентрации, зависящей от атмосферного давления, температуры и содержания растворенных в воде солей.

Равновесная концентрация кислорода в дистиллированной воде, которая при нормальном давлении соприкасается с воздухом, не содержащим углекислый газ, и насыщена водяным паром, составляет 20,9 мг/л; при 0°C равновесная концентрация кислорода в природной воде равна 14,65 мг/л.

Отклонение действительной концентрации кислорода от равновесной вызывается:

а) физическими явлениями, например резким изменением барометрического давления, изменением температуры воды;

б) физико-химическими и химическими влияниями, например поглощением кислорода при электрокоррозии металла и потреблением его на химическое окисление веществ, содержащихся в воде или соприкасающихся с ней;

в) биохимическими влияниями, которые преобладают в естественных условиях, например потреблением кислорода при аэробном микробном разложении органических веществ или, наоборот, выделением кислорода при поглощении углекислого газа организмами.

Растворимость кислорода в воде зависит от ее температуры:

Температура воды, °C	0	10	15	20	25	30	40	100
Содержание кислорода в воде, мг/л	14,65	11,3	10,10	9,10	8,20	7,50	6,50	0,00

Растворенного кислорода в воде должно быть не менее 4 мг/л в любой период года.

11. Мышьяк обычно находится в воде в виде арсенатов. В подземных водах арсенаты присутствуют редко.

Мышьяк входит в состав некоторых минеральных, а также шахтных вод. В подземные воды мышьяк попадает из сточных вод обогатительных фабрик, из отходов производства красителей, кожевенных, химических и металлургических заводов.

Мышьяк может содержаться в смывах с площадей земли, где применяли инсектициды, содержащие мышьяк.

Содержание мышьяка в питьевой воде должно быть не более 0,05 мг/л.

12. Фтор. Содержание в питьевой воде фтора согласно ГОСТу допускается не более 1,5 мг/л для I и II климатических районов и 1,2 мг/л для III климатического района.

13. Медь, цинк, марганец. Согласно ГОСТу содержание меди в питьевой воде не должно превышать 1 мг/л, цинка 5 мг/л, марганца 0,1 мг/л.

14. Кремниевая кислота. Наличие кремниевой кислоты в воде препятствует использованию ее в котлах высокого давления.

В некоторых подземных водах SiO<sub>2</sub> содержится до десятков мг/л.

#### § 14. Бактериологические свойства воды

Для оценки бактериального благополучия воды пользуются так называемым коли-титром, равным числу миллилитров воды, в которой обнаружена одна кишечная палочка, или коли-индексом - числом кишечных палочек в 1 л воды.

Чем выше цифровое значение коли-титра, чем ниже значение коли-индекса, тем благополучнее вода в бактериальном отношении.

Согласно ГОСТу коли-титр должен быть не менее 300, а коли-индекс соответственно не более 3 (табл. 8).

Таблица 8

#### Определение бактериальных показателей воды

Число положительных объемов по 10 мл	Число положительных объемов по 100 мл					
	коли-индекс	коли-титр	коли-индекс	коли-титр	коли-индекс	коли-титр
0	<3	>333	4	250	11	91
1	3	333	8	125	18	56
2	7	143	13	77	27	37
3	11	91	18	56	38	26
4	14	71	24	42	52	19
5	18	56	30	33	70	14
6	22	45	36	28	92	11
7	27	37	43	23	120	8
8	31	32	51	20	161	6
9	36	28	60	17	230	4
10	40	25	69	14	230	<4

**Примечание.** Общий объем воды 300 мл (два объема по 100 мл, 10 объемов по 10 мл).

Вторым показателем бактериологических свойств воды является общее число бактерий в 1 мл. Для питьевой воды общее число бактерий в 1 мл воды должно быть не более 100.

Для определения бактериальных показателей воды подземных источников согласно ГОСТ 18963-73 используется табл. 8.

Если кишечная палочка найдена в 100 мл воды, то эта вода считается "чистой", если в 10 мл - "достаточно чистой", если в 1 мл - "сомнительно чистой". При наличии кишечной палочки в 0,1 мл воду считают сильно загрязненной и непригодной для использования.

Коли-индекс очищенной воды должен быть не более 3.

§ 15. Горные породы

Минералы в земной коре, за редкими исключениями, не встречаются отдельно. Обычно они собраны в группы, или агрегаты, называемые горными породами.

Горные породы по происхождению делят на изверженные, осадочные и метаморфические. Бурение скважин на воду производят преимущественно в осадочных и метаморфических породах и значительно реже - в изверженных.

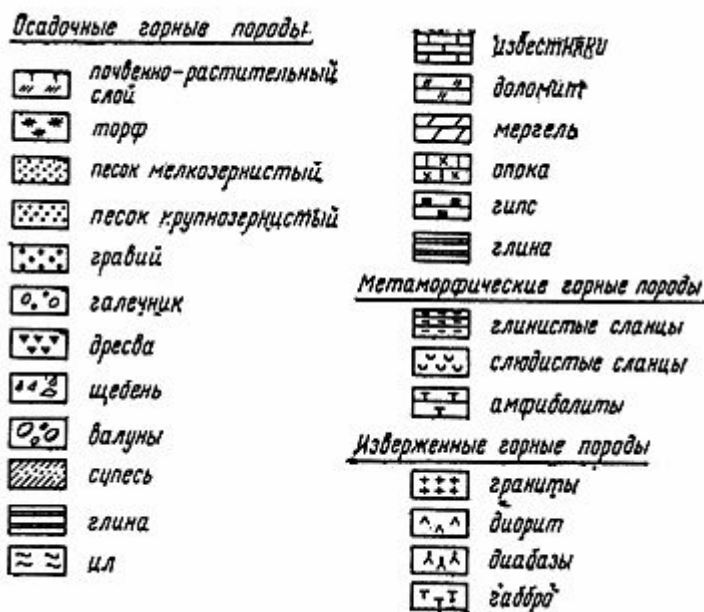


Рис. 2. Условные обозначения горных пород

На картах и в разрезах горные породы показывают различными условными обозначениями (рис. 2).

Осадочные породы по происхождению делят на:

- 1) обломочные, образовавшиеся из обломков других пород;
- 2) химические, образовавшиеся в результате выпадения осадков из воды или других растворов (кремнистые, карбонатные и железистые);
- 3) органогенные, образовавшиеся из скопления остатков животных и растений (известняки, доломиты, угли).

Обломочные породы классифицируют по размеру частиц (табл. 9).

Таблица 9

Классификация горных пород

Порода	Размер, мм
Валуны (окатанные) или камни (неокатанные)	>100
Галечник (окатанный) или щебень (неокатанный)	100-11
Гравий (окатанный) или дресва (неокатанная)	10-3
Песок	2-0,06
Пыль	0,05-0,005
Глина	<0,005

**Примечание.** Классификация разработана и утверждена в Гидропроекте.

Валуны, галечник, щебень и другие крупные окатанные и угловатые обломки горных пород образовались в результате разрушения разнообразных изверженных и метаморфических пород и последующей обработки их ледниками и морскими водами.



Пески представляют собой продукт дальнейшего разрушения более крупных обломочных пород. Наибольшее распространение имеют кварцевые пески. По примесям других разрушенных минералов выделяют пески слюдястые, полевошпатовые, глауконитовые, магнетитовые, железистые и др.

Глины могут образоваться в результате сноса мельчайшего ила, который реки несут в виде мути и который затем отлагается в спокойной воде.

Различают, кроме того, глины, образовавшиеся в результате деятельности ледника, а также представляющие собой конечный продукт разрушения преимущественно полевошпатовых и слюдястых пород в процессе выветривания (каолины и монтмориллонитовые глины).

Химический состав глин разнообразен. Кроме каолина (кремниевых соединений глинозема), в состав глин входят: мельчайшая кварцевая мука, железистые соединения, известь, доломит, иногда гипс и другие вещества.

Суглинки (песчаные глины) и супеси (глинистые пески) - это переходные горные породы от глин к пескам. По своему составу они представляют различные соотношения смеси песчаных и глинистых частиц. Наименования "суглинок" и "супесь" применяют только для пород четвертичного возраста.

При оборудовании водоприемной части скважины необходимо знать размер частиц породы, в которой намечается установить фильтр, и количественное соотношение этих частиц.

Для определения содержания (в процентах) в обломочной породе частиц разного размера (диаметра) производится анализ ее гранулометрического состава.

Классификация песчаных и глинистых пород по составу и размеру частиц приведена в табл. 10, 11.

**Таблица 10**

### Классификация песчаных пород

Вид песчаной породы	Размер частиц, мм	Содержание фракций от массы сухой породы, %
Гравелистый	>2	25
Крупный	>0,5	50
Средней крупности	>0,25	>50
Мелкий	>0,1	>75
Пылеватый	>0,01	<75

**Таблица 11**

### Классификация глинистых пород

Глинистые породы	Содержание фракций в % при размере частиц в мм	
	0,005	0,05-0,005
Супесь:		
легкая	5-8	<25
легкая пылеватая		>25
тяжелая	8-13	<30
тяжелая пылеватая		>30
Суглинок:		
легкий	13-18	<35
легкий пылеватый		>35
средний	18-26	Менее песчаных
средний пылеватый		Более песчаных
тяжелый	26-35	Менее песчаных
тяжелый пылеватый		Более песчаных
Глина:		
легкая	35-50	Менее песчаных
легкая пылеватая		Более песчаных
тяжелая	>50	-

## § 16. Классификация горных пород по буримости

Все горные породы независимо от их происхождения обладают определенной сопротивляемостью разрушению бурильным инструментом. Эта сопротивляемость, называемая степенью буримости, зависит от многих факторов, например, от твердости минеральных частиц, слагающих породу, от крупности, хрупкости, прочности цементирующего вещества, влагоемкости породы, вязкости и монолитности ее и т.д. Иными словами, степень буримости зависит от состава, строения, состояния и свойств породы, а также от вида и способа бурения.

В связи с этим для горных пород разработаны классификации по буримости, в которых к определенным категориям отнесены группы пород, равноценные или весьма близкие по трудности проходки их бурильным инструментом (табл. 12).

**Таблица 12**

### Классификация горных пород при бурении вращательным и ударно-канатным способами [20]

Наименование и характеристика породы	Категория породы при способе бурения	
	вращательном	ударно-канатном
Ангидрид	IV	IV
Боксит	IV	IV
Валунно-галечные отложения	X	VII
Гипс	III-IV	IV
Глины:		
а) средней плотности с наличием гравия и гальки	II	II
б) плотные загипсованные с наличием гравия и гальки	III	III
в) валунные	V	IV
Гравийно-галечные грунты:		
а) гравий и галька размером менее 80 мм	V	V
б) галька размером менее 150 мм с небольшим количеством валунов	VII	VII
Диабазы:		
а) выветрившиеся	VI	
б) затронутые выветриванием	VIII	VI
в) крупные, не затронутые выветриванием	VIII	VII
Диатомиты	III	VI
Доломиты:		
а) мягкие, пористые, выветрившиеся, средней крепости	IV	IV
б) плотные, крепкие	IV	V
Дресва	V	V
Известняки:		
а) мягкие, пористые, выветрившиеся, а также ракушечники	III-IV	IV
б) доломитизированные, мергелистые, плотные	V	V
в) окварцованные, крепкие	VII	VI
г) кремнистые, очень крепкие	IX	VII
Скарновые кварцы и кварциты:		
а) пористые	VII-VIII	VII

Наименование и характеристика породы	Категория породы при способе бурения	
	вращательном	ударно-канатном
б) жильные	IX-X	VII
Конгломераты:		
а) осадочных пород на известковом цементе	VI	V
б) изверженных пород (с галькой 50% по объему) на песчано-глинистом цементе, осадочных пород на кремнистом цементе, изверженных пород на известняковом цементе	VII-VIII	VI
в) изверженных и кристаллических пород на кремнистом цементе	IX	VII
Колчеданы и железняки:		
а) выветрившиеся, сыпучие	VI	IV
б) плотные неветрившиеся	VII-VIII	V
в) окварцованные или окремненные	IX-X	VII
Коренные излившиеся породы (андезиты, базальты, диабазы, трахиты и др.)	VIII	VI
Лёсс:		
а) рыхлый и слежавшийся	I-II	I-II
б) плотный	III	III
Магнезит	IV	IV
Мел:		
а) мягкий	III	II
б) плотный	IV	IV
Мергели:		
а) мягкие, рыхлые	II	II
б) плотные, крепкие	III-IV	IV
Опоки	V	V
Пемза	III-IV	III
Почвенно-растительный слой без корней, с корнями деревьев и кустарников	I-II	I-II
Пески:		
а) речные и слабосцементированные с содержанием гравия и гальки до 20% (по объему)	I-II	I-II
б) то же, с содержанием гравия и гальки более 20% (по объему)	III	III
в) сухие	III	III
Песчаники:		
а) выветрившиеся и слабосцементированные на глинистом и известковом цементе, железистые и известковые	III-IV	IV
б) плотные на известковом железистом и глинистом цементе, полевошпатовые	V-VI	IV
в) окварцованные и кварцевые	VII	VI
г) кремнистые и окремненные	IV	VII
Плывуны	II	III
Соль каменная (галит)	IV	IV
Сланцы:		
а) выветрившиеся песчано-глинистые (горючие)	III-IV	III
б) глинистые, углистые и талько-хлоритовые, средней крупности, выветрившиеся, окварцованные	V	IV

Наименование и характеристика породы	Категория породы при способе бурения	
	вращательном	ударно-канатном
в) аспидные, кровельные, глинисто-сланцевые	VI	V
г) крепкие, окварцованные, кремнистые	VII-VIII	VI
д) кремнистые	IX	VII
Супеси и суглинки:		
а) с примесью гравия и гальки по объему до 20%	I-II	I-II
б) то же, от 20 до 30%	III	III
в) то же, более 30%	III	IV
Торф без корней и с корнями	I	I-II
Трепел:		
а) слабый	I-II	I-II
б) плотный	III	III
Туф:		
а) средней крепости	III-IV	III
б) кремнистый	IX	VI
Угли:		
а) слабые	III	II
б) средней крепости	IV	III
в) крепкие (антрациты и др.)	V	IV
Фосфориты	V	IV
Коренные глубинные породы (граниты, диориты, сиениты, гнейсы, габбро, порфириты, пегматиты и др.):		
а) выветрившиеся	V-VI	V
б) затронутые выветриванием	VII-VIII	VI
в) крупно-среднезернистые, не затронутые выветриванием	IX	VI
г) мелкозернистые, не затронутые выветриванием	X	VII

### § 17. Некоторые сведения по гидрогеологии

Гидрогеология изучает происхождение, состав, движение и распределение подземных вод в горных породах и взаимоотношение пород с этими водами, а также условия использования подземных вод, влияние их на возникновение природных процессов, а также на условия строительства и эксплуатации искусственных сооружений.

Горные породы по своему происхождению не являются абсолютно монолитными, они имеют поры, трещины самых различных форм и размеров, а также пустоты.

Пористость, трещиноватость и тектоническая нарушенность пород с учетом их литологических особенностей и динамики подземных вод определяют гидрогеологические свойства.

Трещинные воды - это подземные воды, залегающие в трещиноватых магматических, метаморфических и осадочных породах.

В горных породах различают (по происхождению) трещины трех видов: а) тектонические, образовавшиеся при формировании геологических структур; б) выветривания, возникающие при выветривании и размывании горных пород; в) литологические, связанные с формированием пород.

Водообильность трещиноватых горных пород в значительной степени зависит от типа развитых в них трещин и характера взаимосвязи последних между собой.

В зависимости от вида и размера пор, трещин и пустот в горных породах различают:

а) некапиллярную пористость (скважность, обусловленную крупными порами >1 мм, ноздреватостью, кавернозностью, крупной трещиноватостью и закарстованностью);

б) капиллярную пористость, когда в горных породах встречаются поры размером менее 1 мм, а трещины шириной менее 0,25 мм.

Водовмещающие породы представляют собой пористые среды. Основные свойства пористой среды, определяющие условия движения в ней воды, - пористость и проницаемость.

Пористость - это общий объем всех пустот в горной породе (табл. 13). Величина пористости горных пород характеризуется коэффициентом пористости  $n$ , который определяется отношением объема пор к объему всей породы в сухом состоянии и выражается в долях единицы или в процентах:  $n = (V_n/V)100\%$  (где  $V_n$  - объем пор;  $V$  - объем породы).

Таблица 13

**Пористость некоторых пород**

Порода	Пористость, %	
	минимальная	максимальная
Граниты и гнейсы	0,02	0,6
Каррарский мрамор	0,20	0,40
Глинистые сланцы	0,50	7,50
Кремнистые сланцы	0,85	0,90
Известняки	0,50	13,50
Доломиты	1,50	22,00
Туф известковый	20,2	32,2
Песчаники	3,50	28,5
Пески	35,0	42,0
Глины	25,0	55,0
Лёсс	40,0	55,0

Пористость  $n$  водовмещающей горной породы - это часть ее объема, заполненная водой и выраженная как отношение объема пустот к общему объему породы.

Характеристикой емкостных свойств водовмещающей среды является не полная пористость, а коэффициент гравитационной водоотдачи породы  $\mu$ , т.е. количество воды, которое может высвободиться из элементарного объема пласта при его осушении.

Под коэффициентом водоотдачи принято понимать разность между общей пористостью и максимальной молекулярной влагоемкостью с учетом объемных масс скелета и воды:

$$\mu = n - \frac{\Delta_{ск}}{\Delta_{в}} W_m$$

где  $\Delta_{ск}$  и  $\Delta_{в}$  - соответственно объемная масса скелета и воды.

Обычно принимают величину водоотдачи равной активной пористости  $n_0$ .

Активная пористость - это совокупность пор и других пустот, по которым подземная вода может свободно передвигаться в горных породах, не испытывая заметного притяжения и трения со стороны стенок, так как эти стенки покрыты гигроскопической и пленочной водой. Активная пористость - это также объем пор, взаимосоединенных друг с другом.

При напорной фильтрации осушения породы не происходит и емкостные свойства водоносного горизонта определяются упругостью водовмещающих пород и заключенной в ней воды [4].

По аналогии со свободной водоотдачей при осушении пород для характеристики емкостных свойств напорного пласта Ф.М. Бочеввер предложил понятие упругой водоотдачи  $\mu$ , характеризующей количество воды, которое может быть получено с единицы площади напорного пласта при понижении пьезометрического напора на 1 м.

Упругие свойства водоносного горизонта характеризуются, по предложению В.Н. Щелкачева, коэффициентом упругоёмкости  $\beta$ .

$$\mu = \Delta_{в}\beta_m$$

где  $\Delta_{в}$ - объемная масса пресной воды, приближенно равна единице;  $m$  - мощность водоносного горизонта в м.

Тогда формула коэффициента водоотдачи (табл. 14) примет вид  $\mu = \beta_m$

Средние значения коэффициента водоотдачи

Порода	Коэффициент водоотдачи, доли единицы
Тонкозернистый песок и супесь	0,1-0,15
Песок:	
мелкозернистый	0,15-0,2
среднезернистый	0,2-0,25
крупнозернистый и гравелистый	0,25-0,35
Известняки трещиноватые	0,008-0,1

Проницаемость - это свойство пористого материала пропускать через себя воду под действием приложенного градиента давления [4].

Согласно определению Р. Коллинза, проницаемость есть проводимость по отношению к воде.

К водопроницаемым породам относятся крупнозернистые пески, гравий, галечник, щебень, валуны, трещиноватые скальные породы, т.е. породы, в которых имеется достаточное количество крупных пустот для проникновения и движения воды.

Водоносным горизонтом называют пласт водопроницаемой породы, наполненный (насыщенный) водой и способный отдавать ее.

Водоносные горизонты всегда залегают на водоупорных или весьма слабопроницаемых для воды горных породах.

Водоупорными горными породами являются плотные тяжелые глины, плотные суглинки, а также различные изверженные и метаморфические породы, если они не трещиноваты.

Подшовой водоносный горизонт называют горные породы, подстилающие водоносный горизонт.

Движение подземных вод в водоносном горизонте, или так называемая фильтрация, происходит по порам и мелким трещинам горных пород. Отдельные струи движутся равномерно, без разрыва сплошного потока, с небольшими скоростями, параллельно одна другой. Такое движение подземной воды преобладает в природных условиях и называется ламинарным.

Закон ламинарного движения формулируется следующим образом: расход воды, фильтрующейся через определенную площадь (поперечное сечение) горной породы, прямо пропорционален этой площади, напору и обратно пропорционален длине пути фильтрации на данном участке потока. Он зависит от некоторой постоянной величины - коэффициента фильтрации, свойственного данной породе.

Коэффициент фильтрации представляет собой расход воды через единицу площади поперечного сечения пласта при напорном градиенте, равном единице, и численно равен скорости фильтрации при единичном градиенте. Коэффициент фильтрации измеряется в м/сут.

Поскольку при решении задач водоснабжения, как правило, рассматривается плановая фильтрация, обычно коэффициент фильтрации заменяется коэффициентом водопроводимости [14]  $T = km$  ( $k$  - коэффициент фильтрации). Коэффициент водопроводимости представляет собой расход воды через единицу ширины подземного потока мощностью  $m$  при единичном напорном градиенте и измеряется в  $m^2/сут$ .

Помимо коэффициентов фильтрации (водопроводимости) и водоотдачи в гидрогеологических расчетах широко используется комплексный параметр  $a$ , в общем случае характеризующий скорость развития депрессии:

в безнапорном потоке - коэффициент уровневпроводимости  $a = km/\mu$ ;

в напорном потоке - коэффициент пьезопроводности (в  $m^2/сут$ )  $a = km/\mu_n$ .

На практике в качестве основных гидрогеологических параметров определяют коэффициент фильтрации (водопроводимости) и пьезопроводности (уровневпроводимости).

Расход подземных вод находят по следующей формуле:  $Q = Fki$ , где  $Q$  - расход воды,  $m^3/сут$ ;  $F$  - площадь поперечного сечения потока (водоносного пласта);  $i$  - напорный градиент или падение напора на единицу пути фильтрации, рассчитываемый по выражению  $i = (H_1 - H_2)/l$  ( $H_1$  и  $H_2$  - пьезометрические напоры в двух сечениях потока;  $l$  - расстояние между этими сечениями, м).

Средние значения коэффициента фильтрации, по Н.А. Плотникову, приведены в табл. 15.

## Значения коэффициента фильтрации

Характеристика пород	Коэффициент фильтрации	
	м/сут	см/с
Очень хорошо проницаемые галечники с крупным песком, сильно закарстованные известняками и сильно трещиноватые породы	100-1000 и более	1,16-1,12
Хорошо проницаемые галечники и гравий, частично с мелким песком, крупный песок, чистый среднезернистый песок, закарстованные, трещиноватые и другие породы	100-10	0,12-0,01
Проницаемые галечники и гравий, засоренные мелким песком и частично глиной, среднезернистые пески и мелкозернистые, слабо закарстованные малотрещиноватые и другие породы	10-1	0,12-0,0012
Слабопроницаемые, тонкозернистые пески, супеси, слаботрещиноватые породы	1-0,1	$1,2 \cdot 10^{-3}$ - $1,2 \cdot 10^{-4}$
Весьма слабопроницаемые суглинки	0,1-0,001	$1,2 \cdot 10^{-4}$ - $1,2 \cdot 10^{-6}$
Почти непроницаемые глины, плотные мергели и другие массивные породы с ничтожной водопроницаемостью	0,001	$1,2 \cdot 10^{-6}$

Коэффициент фильтрации на практике ориентировочно возможно определять по следующей формуле:

$$k = 130 \times q/m,$$

где 130 - переходный коэффициент; q - удельный дебит скважины; m - мощность водоносного горизонта, м.

Коэффициент фильтрации в полевых условиях находят при помощи откачек, а в лаборатории - по результатам анализа гранулометрического состава водоносной породы.

Отклонения от закона ламинарного движения происходят при скорости движения подземной воды свыше 1000 м/сут, что наблюдается только в карстовых районах и породах, имеющих большие трещины. Движение подземной воды переходит в вихреобразное, или турбулентное, при котором струи воды уже не движутся параллельно. В этом случае расход воды выражается уравнением  $Q = F \times k \times \sqrt{i}$ .

Таким образом, при вихреобразном движении воды скорость ее пропорциональна уклону не в первой степени, а в степени 1/2.

### § 18. Оценка эксплуатационных запасов подземных вод

Подземная вода, пригодная для водоснабжения объектов, является полезным ископаемым.

Общность понятия "запас" для твердых полезных ископаемых и воды заключается в следующем: объем (масса) гравитационной воды, как и масса твердого полезного ископаемого, выражает ее запасы; объем водоносного пласта аналогичен объему породы, содержащей руду; коэффициент водоотдачи - содержанию руды в породе; состав подземных вод - составу руды.

Запасы и ресурсы подземных вод можно подразделить по их генезису на следующие виды:

- 1) естественные;
- 2) искусственные;
- 3) привлекаемые.

Естественные запасы - масса гравитационной воды в пласте в естественных условиях, выраженная в объеме. Естественные ресурсы водоносного горизонта - это его питание в естественных условиях, нашедшее свое выражение в расходе потока подземных вод.

Искусственные запасы подземных вод - это их объем в пласте, образовавшийся в результате орошения, подпора водохранилищами, искусственного заводнения пласта.

Привлекаемые ресурсы - усиление питания подземных вод, вызванное образованием депрессионных воронок при эксплуатации водозаборов.

Эксплуатационные запасы подземных вод - количество подземных вод, которое может быть получено рациональными в технико-экономическом отношении водозаборными сооружениями при заданном режиме эксплуатации и при качестве воды, удовлетворяющем требованиям в течение всего расчетного срока водопотребления.

Количество воды в эксплуатационном запасе выражается расходом воды.

Эксплуатационные запасы (ресурсы) по возможному сроку их использования могут быть приняты равными сроку амортизации водозабора, т.е. 25-30 лет, а при оценке прогнозных ресурсов в региональном плане - около 50-100 лет.

Государственной комиссией по запасам полезных ископаемых (ГКЗ) разработана классификация эксплуатационных запасов подземных вод. По этой классификации эксплуатационные запасы подземных вод подразделяются на четыре категории: А, В, С<sub>1</sub> и С<sub>2</sub>.

Запасы относят к той или иной категории в зависимости от степени разведанности подземных вод, изученности их качества и условий эксплуатации. Утверждение запасов категорий А и В дает право на составление проектов водоснабжения и выделение капитальных вложений на строительство новых, а также реконструкцию действующих водозаборов.

Запасы по категориям А и В требуют проведения детальной разведки, запасы по категориям С<sub>1</sub> обосновываются данными предварительной разведки и поисковых работ. При подсчете эксплуатационных запасов по категории С<sub>2</sub> используют обзорные (мелкомасштабные) карты, руководствуются общими соображениями о балансе подземных вод в том или ином районе и учитывают в качестве аналогов данные по более разведанным площадям.

Гидрогеологические исследования, проводящиеся для выявления и оценки эксплуатационных запасов подземных вод, делятся на следующие стадии: поисковые работы, предварительная разведка и детальная разведка.

Эксплуатационные запасы подземных вод оцениваются гидродинамическими, гидравлическими и балансовыми методами.

Гидродинамический метод заключается в расчетах по соответствующим формулам, выведенным из основных уравнений математической физики и теоретической гидродинамики.

Гидравлические методы расчета эксплуатационных запасов подземных вод, широко используя эмпирические приемы, основываются непосредственно на данных опыта. Гораздо надежнее, как это и делается на практике, определять зависимость понижения от дебита откачкой из скважины. Но гидравлическими методами нельзя установить обеспеченность восполнения эксплуатационных запасов подземных вод, так как экстраполяционные формулы не включают величину, характеризующую баланс потока. Гидравлическим методом можно оценить эксплуатационные запасы, применяя их лишь совместно с гидродинамическими или балансовыми методами.

Балансовые методы расчета запасов подземных вод основаны на том, что объем воды, извлеченной водозабором за тот или иной срок его эксплуатации, равен сумме объемов воды, полученной за счет: а) отбора воды из естественных запасов; б) частичного перехвата водозабором расхода естественного потока; в) увеличения питания водоносного горизонта, вызванного эксплуатацией.

При оценке эксплуатационных запасов подземных вод на отдельных участках балансовые методы играют подчиненную роль, поскольку определить, какая часть естественных запасов и расхода естественного потока будет использована водозабором, по балансовым уравнениям невозможно. Вместе с тем балансовый метод позволяет дать характеристику восполнения запасов за счет естественных ресурсов водоносного горизонта, что особенно важно при оценке эксплуатационных запасов водоносных горизонтов, имеющих небольшую область питания.

## § 19. Классификация подземных вод

По Г.Н. Каменскому, в формировании пресных подземных вод основная роль принадлежит инфильтрации атмосферных вод. В зависимости от различных геолого-литологических и физико-географических условий, в которых происходит инфильтрация, могут формироваться подземные воды следующих основных типов.

I. Грунтовые воды выщелачивания в условиях достаточно влажного климата.

II. Грунтовые воды в засушливых районах при интенсивном испарении.

III. Артезианские воды:

1) с благоприятными условиями питания и стока;

2) с крайне замедленным стоком или бессточные.

По условиям залегания и характеру водовмещающих пород подземные воды подразделяются на следующие группы:

а) поровые - в рыхлых отложениях;

б) пластовые - в пластах горных пород;

в) трещинные - в горных породах, пронизанных трещинами;

г) трещинно-жильные - в зонах тектонических нарушений;

д) трещинно-карстовые - в трещинах и карстовых полостях закарстованных пород.

По гидрогеологическим показателям подземные воды делятся на напорные (уровень устанавливается выше глубины вскрытия) и безнапорные.



По температуре подземные воды подразделяются на семь видов (табл. 16).

Таблица 16

**Классификация подземных вод по температуре (по О.А. Алекину)**

Вид воды	Температура воды, °С
Исключительно холодные	<0
Весьма холодные	0-4
Холодные	4-20
Теплые	20-37
Горячие	37-42
Весьма горячие	42-100
Исключительно горячие	>100

По степени минерализации подземные воды разделяются по суммарному содержанию присутствующих в воде веществ, характеризующему сухим остатком в граммах на 1 л воды (табл. 17).

Таблица 17

**Степень минерализации подземных вод (по В.А. Приклонскому)**

Вид вод	Содержание сухого остатка, г/л	Содержание ионов, мг на 100 г	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Преобладающий тип воды
Пресные	<1	До 3	1-1,0005	Гидрокарбонатно-кальциевый
Слабоминерализованные (слабосоленоватые)	1-3	3-9	1,0005-1,0015	Сульфатный, реже хлоридный
Среднеминерализованные (солончатые и сильносолончатые)	3-10	9-30	1,0015-1,0050	Сульфатный и хлоридный
Минерализованные (соленые)	10-50	30-150	1,0055-1,0283	То же
Рассолы	>50	>150	>1,0283	Хлоридно-натриевый

По активной реакции рН подземные воды делят на:

сильнокислые	3,5
кислые	3,5-5,5
слабокислые	5,5-6,8
нейтральные	6,8-7,2
слабощелочные	7,2-8,5
щелочные	>8,5

Общая схема классификации подземных вод приведена на рис. 3 [2].

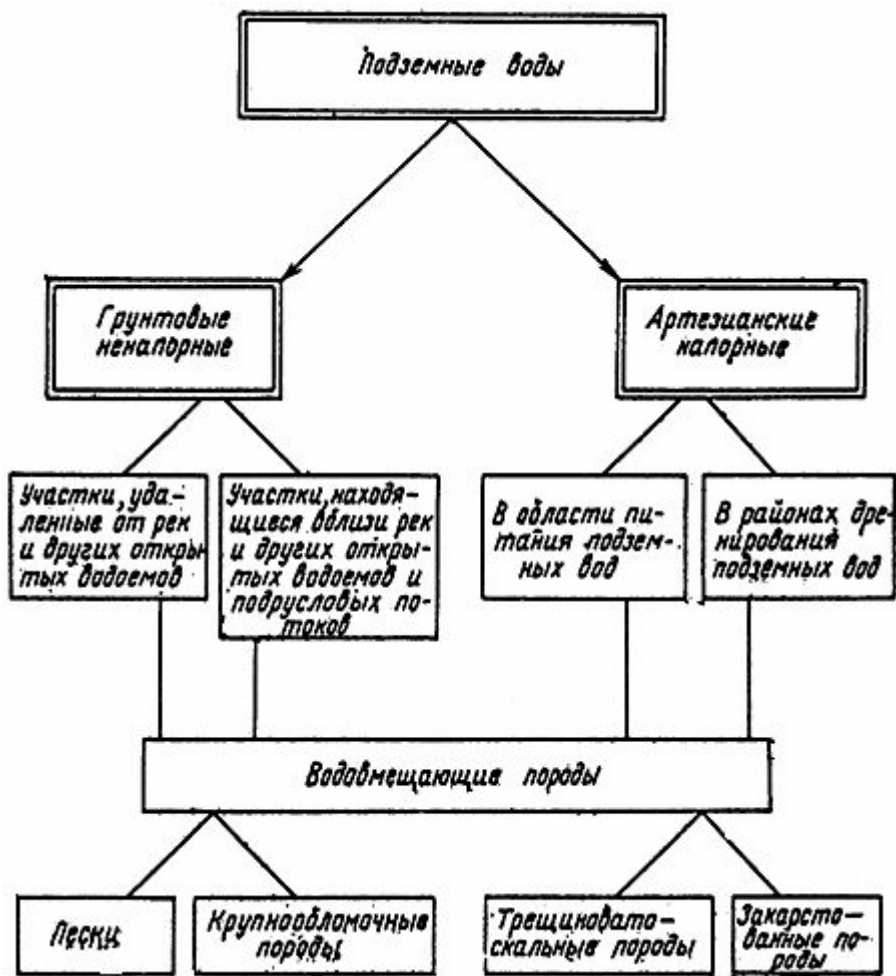


Рис. 3. Общая схема классификации подземных вод

Каждая из приведенных классификаций подземных вод в той или иной степени используется при проектировании разведочно-добывающей скважины, так как она конкретно указывает проектировщику, на какую глубину, какой конструкции необходимо запроектировать скважину и какие насосы предусмотреть (напорные или безнапорные) в зависимости от характера вод.

В зависимости от величины сухого остатка (соле содержания), жесткости, количества железа и фтора проектировщик прежде всего предусматривает в проекте состав и вид очистки подземной воды для доведения ее до питьевого качества.

## § 20. Связь подземных и поверхностных вод

Подземные воды тесно связаны с атмосферой и поверхностными водными источниками, а потому являются одним из важных элементов в общем водном балансе отдельных районов, областей и всей страны в целом.

Сток подземных вод в реки составляет значительную долю от общего годового стока рек (например для рек европейской части СССР 20-25%). В первый период эксплуатации водозабора обеспечивается в основном естественными - статическими, упругими и динамическими - запасами данного пласта. Затем под влиянием откачки из водозабора привлекаются дополнительные воды из атмосферы и соседних водоносных горизонтов. Начиная с момента, когда влияние откачки распространяется до поверхностных источников, они начинают играть основную роль, и это обстоятельство необходимо учитывать при гидрологических расчетах и проектах источников водоснабжения из поверхностных водоемов.

В ряде случаев при проектировании водозаборов подземных вод можно предусматривать искусственное пополнение эксплуатационных запасов подземных вод на водозаборах. Для этого устраивают системы открытых бассейнов, каналов или скважин и шахтных колодцев, в которые подается вода из поверхностных источников (рек, водохранилищ, озер) и из которых она поступает (инфильтрационная) в водоносный пласт.

При инфильтрации "сырая" вода освобождается от твердых взвешенных частиц и бактериальных загрязнений, т.е. улучшается ее качество [22].

## Глава 5. СОДЕРЖАНИЕ ПРОЕКТА РАЗВЕДОЧНО-ДОБЫВАЮЩЕЙ СКВАЖИНЫ

### § 21. Некоторые предварительные данные

1. По определению, данному А.С. Белицким, разведочно-добывающей называют скважину, конструкция которой, включая водоприемную часть, рассчитана на оборудование водоприемником проектной производительности. При положительных результатах опробования этой скважины ее передают в постоянную эксплуатацию.

2. Разведочной называют скважину облегченной конструкции и сравнительно небольшого диаметра, оборудованную временным фильтром и предназначенную для вскрытия и предварительного опробования водоносного горизонта. Разведочные скважины бурят с таким расчетом, чтобы при необходимости можно было извлечь обсадные трубы и фильтр.

3. Одиночные скважины на воду бурят, как правило, без предварительной разведки.

4. Глубина буровых скважин на воду равна обычно 30-300 м. Наиболее часто бурят скважины глубиной 100-200 м.

В проектную конструкцию почти каждой скважины приходится вносить изменения в процессе ее бурения, опробования и оборудования.

Бурение скважин на воду по типовым проектам, а также составление таких проектов совершенно недопустимо вследствие чрезвычайного разнообразия гидрогеологических условий.

Зоны санитарной охраны должны проектироваться на основании санитарного и гидрогеологического обследования. При этом должны быть выявлены область питания, характер слоев грунта, отделяющих водоносный горизонт от поверхностных вод и других водоносных горизонтов, наличие и характер нарушений естественных гидрогеологических условий (заброшенные и неправильно эксплуатируемые скважины, шахты, штольни, карьеры и пр.).

### § 22. Порядок проектных работ

Проектирование скважин на воду производят в основном в следующем порядке:

1) получив и изучив задание на проектирование, проектировщики приступают прежде всего к сбору и изучению материалов и сведений, имеющихся как в своей, так и в других проектных организациях, а также в геологическом управлении в районе предполагаемого размещения объекта, требующего хозяйственно-питьевого водоснабжения;

2) проектировщики совместно с представителями заказчика, местных органов государственного надзора и исполнительного комитета Совета народных депутатов выезжают в район намеченного к строительству объекта для обследования, осмотра и выбора мест расположения будущих водозаборных сооружений;

3) на месте, выбранном для размещения будущего водозабора, производят специальные геофизические работы, в результате которых точно определяют наличие или отсутствие водоносных горизонтов и дают им геологическую характеристику;

4) подготовив план размещения, водозабора и собрав все необходимые материалы и документы, проектная организация обращается в Гидроэкспедицию для получения заключения;

5) после получения положительного заключения проектная организация разрабатывает проект скважины для данного объекта, согласовывает с соответствующими органами государственного надзора и подготавливает ходатайство для получения разрешения на специальное водопользование в районе, где намечается строительство объекта.

Для обоснования проекта скважины проектная организация выполняет комплекс изысканий (в том числе и геофизические работы) с освещением следующих вопросов:

а) физико-географические условия района (климат, рельеф, растительность);

б) гидрологический режим открытых водоемов, связанных с подземными водами;

в) геологическое строение;

г) условия залегания водоносного пласта, его размеры в плане и разрезе;

д) состав, водопроницаемость, водоотдача и пьезопроводность пласта, характер контактов с окружающими породами и фильтрационные свойства последних, источники питания пласта, связь его с поверхностными водотоками и водоемами, глубина залегания и форма пьезометрической поверхности, а также другие параметры, необходимые для расчета водозабора;

е) качество подземных вод (физические свойства, химический состав, показатели бактериального и химического загрязнения) данного водоносного горизонта и окружающих его горизонтов, а также поверхностных вод.

## § 23. Общие сведения о геофизических исследованиях

Электроразведка - одна из главных составных частей разведочной геофизики, она широко используется при решении многих задач гидрогеологии и инженерной геологии.

Все виды подземных вод обладают рядом общих свойств. Определяющим фактором служит наличие в разрезе зон аэрации и насыщения, которые наряду с другими факторами обуславливают дифференциацию разреза по сопротивлениям и позволяют применять электроразведку.

В водосодержащих слоях песчано-глинистых отложений при помощи электроразведки выявляют и оконтуривают по площади водоносные слои, а также оценивают глубину залегания, мощность и степень минерализации вод.

Геофизические работы в таком районе начинают с параметрических измерений на всех существующих скважинах, шурфах, колодцах, обнажениях, местах наиболее мелкого заложения исследуемого горизонта. В результате выявляют наиболее вероятные типы геоэлектрических разрезов, устанавливают сопротивления водоносных горизонтов, ожидаемые изменения этих характеристик по площади исследования, что позволяет уточнить оптимальный комплекс методов для гидрогеологических особенностей района.

Точки вертикального электроразведывания (ВЭЗ) постоянным током располагают в соответствии с геоморфологией и гидрогеологической обстановкой, причем стремятся охватить все многообразие типов геоэлектрических разрезов и определить перспективные участки.

После выявления водоносных пород в зависимости от ожидаемых формы и размеров объекта исследований, а также степени детальности разбивают сеть наблюдений и на ее основе проводят разведку. Интерпретация основывается на параметрических наблюдениях, при этом устанавливают критерии водоносности, качества вод, выбирают наиболее характерные и вероятные типы разрезов, по которым подбирают практические кривые, которые служат для сопоставления и являются эталоном определенных геоэлектрических и гидрогеологических условий.

Водоносность породы устанавливают по типу кривой ВЭЗ и величине истинного сопротивления. По данным электроразведки составляют качественное суждение о наличии и минерализации вод. Значительно труднее получить количественную характеристику, установить глубину залегания, мощность и степень минерализации.

Результаты исследований представляют в виде карт с нанесением данных о глубине, мощности, минерализации водоносного слоя, карт изолиний или профилей изучаемого физического параметра. К картам прилагают геоэлектрические разрезы, графики по профилям, каротажные диаграммы и геологические колонки по существующим скважинам с примерами интерпретации, иллюстрирующими решение поставленных задач.

В ряде районов большие запасы подземных вод приурочены к скальным породам, водоносность которых зависит от степени их разрушенности. В большинстве случаев водоупором являются монолитные скальные породы, служащие высокоомным опорным геоэлектрическим горизонтом. Наличие же коры выветривания, трещиноватости, тектонических нарушений, разломов и зон обрушения приводит к накоплению в них подземных вод, что обуславливает резкое снижение удельного сопротивления.

Перед электроразведкой ставится задача отыскания среди высокоомных пород скального основания зон пониженных сопротивлений. При этом производят:

- 1) определение глубины залегания и рельефа кровли скальных пород;
- 2) поиски и разведку водоносных зон в скальном основании, т.е. выявление в опорном горизонте участков пониженного сопротивления;
- 3) обнаружение и трассировку тектонических зон, отдельных разломов, установление направления и степени трещиноватости.

Пластовые воды связаны с проницаемыми осадочными породами, чередующимися с водоупорами, и могут быть напорными, полупапорными и обладать свободной поверхностью. Водоносные слои в таких породах почти всегда являются низкоомным горизонтом.

Применение электроразведки возможно лишь при благоприятных соотношениях глубины и мощности, а также при достаточной разнице в сопротивлениях между вмещающими и водоносными породами. В этом случае необходимо:

- 1) выявить и оконтурить водоносные пласты;
- 2) определить глубину их залегания и мощность;
- 3) оценить степень минерализации.

Решение этих вопросов возможно методом ВЭЗ при наличии скважин. Эффективно также применять каротаж существующих скважин при помощи электронных каротажных станций АЭКС, полуавтоматических станций ПКС и разборных полуавтоматических каротажных установок. Каротажные диаграммы записываются непрерывно на специальной каротажной ленте в масштабе 1:200 или 1:500.

Каротаж проводится электрическими или радиоактивными методами исследования.

## § 24. Сооружения для забора подземных вод

Тип сооружений для забора подземных вод зависит от глубины их залегания, мощности водоносного пласта, его водообильности, условий залегания (характера пород, наличия напора в пласте и т.д.).

Все применяемые в практике водоснабжения типы сооружений для приема подземных вод делятся на следующие группы:

- 1) водозаборные скважины;
- 2) копаные шахтные и забивные фильтровые колодцы;
- 3) горизонтальные водозаборы;
- 4) лучевые водозаборы;
- 5) каптаж родников.

Водозаборы подземных вод должны обеспечивать надежный прием необходимого количества подземных вод и подачу их под требуемым напором потребителям.

Состав сооружений и устройств водозабора подземных вод следует определять при проектировании в зависимости от местных условий. Водозабор, как правило, должен включать:

- 1) приемные устройства (скважины, шахтные колодцы, лучевые водозаборы, горизонтальные водозаборы, каптажи источников);
- 2) насосные станции первого подъема;
- 3) трубопроводы.

В водоносных пластах, залегающих на глубинах более 10 м, следует устраивать скважины.

Водозаборы из скважин применяют и в тех случаях, когда подземные воды залегают на глубине менее 10 м от поверхности земли, а мощность водоносного пласта не менее 5-6 м. Но если водоносный пласт в этом случае представлен рыхлыми породами (песками, галечниками), то вместо скважины сооружают шахтный колодец (скважину большого диаметра).

По условиям производства строительных работ использование шахтных колодцев ограничивается глубиной залегания водоносного пласта до 30-40 м от поверхности земли.

Лучевые водозаборы следует применять для забора подземных вод в аллювиальных отложениях под руслами рек, а также при эксплуатации маломощных водоносных пластов, залегающих ниже 8 м от поверхности земли.

Каптажи следует использовать при концентрированном выходе подземных вод на поверхность (ключи, источники).

Тип водозаборных сооружений следует выбирать с учетом геологических, гидрогеологических и других природных особенностей района на основе технико-экономического расчета.

При размещении водозаборных сооружений подземных вод следует отдавать предпочтение участкам:

- а) расположенным вблизи места потребления воды;
- б) обладающим наибольшей водообильностью и допускающим забор потребного количества и надлежащего качества воды;
- в) обеспечивающим наиболее высокое положение динамического уровня в процессе эксплуатации;
- г) обеспечивающим возможность расширения водозабора на перспективу.

Водозаборы следует располагать на устойчивых (не оползневых) и незатопляемых участках, а при отсутствии таких - предусматривать мероприятия по защите водозаборов (обвалование, подсыпку и др.). Участки для расположения водозаборов должны быть выбраны таким образом, чтобы исключалась возможность загрязнения эксплуатируемых водоносных горизонтов бытовыми и промышленными сточными водами, газонасыщенными водами и водами с повышенной минерализацией, содержащими железо и марганец, из других водоносных горизонтов. Скважина должна быть защищена от попадания воды, служащей для охлаждения подшипников, компрессоров и сальников.

С целью защиты используемых подземных вод от загрязнения сточными водами животноводческих ферм и других объектов должна быть организована санитарная зона участков расположения водозаборов. Зона санитарной охраны для подземных источников состоит из двух поясов, в каждом поясе должен быть установлен особый режим.

Первый пояс - зона строгого режима - должен включать:

- а) источник в месте забора воды;
- б) водопроводные сооружения: насосные станции, запасные и напорные резервуары и т.д.

Границы первого пояса зоны санитарной охраны должны устанавливаться в зависимости от степени защищенности горизонтов с поверхности от загрязнения и гидрогеологических условий на определенном расстоянии (в м) от водозабора:

для надежно защищенных горизонтов	>30
для незащищенных, недостаточно защищенных горизонтов	>50

Для одиночных подземных водозаборов, расположенных на территории объекта, исключающего возможность загрязнения почвы, расстояние от них до ограждения допускается уменьшать соответственно до 15 и 25 м.

Второй пояс зоны санитарной охраны - зона ограничения - должен включать:

а) источник, питающий данный водопровод;

б) бассейн питания водоисточника и его притока с границами по водоразделам, другие источники и грунтовые воды, которые могут оказать неблагоприятное влияние на качественный или количественный состав воды в водоисточнике;

в) окружающую территорию с населенными пунктами, фермами, зданиями, сооружениями и устройствами, оказывающими на источник определенное влияние.

На территории второго пояса запрещается:

- располагать животноводческие фермы ближе чем на 300 м от границ первого пояса;

- располагать стойбища и выпас скота ближе чем на 100 м от границы первого пояса.

Границы второго пояса определяют расчетом.

Наземные насосные станции первого подъема, применяемые в практике строительства над скважинами с насосами ЭЦВ, разработаны по плану типового проектирования Госстроя СССР. Все технические условия согласованы с Главным санитарно-эпидемиологическим управлением Минздрава СССР и утверждены Промстройпроектом Госстроя СССР.

Проект насосной станции первого подъема предназначен для строительства на объектах водоснабжения во всех отраслях народного хозяйства с температурой воды в водоисточнике не выше 25°C на всей территории СССР с расчетной зимней температурой -20, -30 и -40°C.

Такую типовую станцию можно применять:

1) при водозаборе из скальных, полускальных, галечных и других крупнозернистых пород, обеспечивающих нормальную эксплуатацию без чистки отстойной части скважины;

2) в районах с суровым климатом;

3) при отсутствии станций управления, пригодных для условий работы в шкафу на открытом воздухе;

4) при высоком уровне грунтовых вод и обильном их притоке, где по местным условиям не применимы заземленные камеры насосных станций.

Типовая насосная станция над одиночной скважиной состоит из наземного здания (павильона) размером в плане 3×3 м, в котором размещается оголовок скважины, водопроводное оборудование, приборы контроля и измерения, а также устройства для производства отбора проб воды с любой глубины.

Управление насосами - автоматическое и местное. Станция управления агрегатами и аппаратура автоматики находятся в шкафах внутри здания насосной станции.

Фундамент павильона бутобетонный, стены кирпичные, перекрытие монолитное, железобетонное. Фундамент устья скважины из бетона марки 100. Вентиляция естественная, отопление электрическое.

Расход воды в зависимости от суточной подачи насосной станции принят равным 3-9 м<sup>3</sup>/ч, но не более 140 м<sup>3</sup>/сут и контролируется водомером ВВ-50 или УВТ-50, при расходе воды 2,5-12 м<sup>3</sup>/ч - дифманометром ДП-781Р с камерной диафрагмой ДКН10-50.

Основные задачи при проектировании водозаборов:

1) выбор типа, схемы и конструкции водозабора, насосного оборудования связывающих коммуникаций;

2) расчет производительности водозабора и понижений динамического уровня как в самом водозаборе, так и в зоне его влияния в течение намечаемого срока эксплуатации;

3) прогноз качества подземных вод и составление проекта зон санитарной охраны, а в случае необходимости также и специальных мероприятий по защите подземных вод от загрязнения бытовыми, производственными и другими сточными водами;

4) оценка возможного влияния проектируемого водозабора на существующие водозаборы, окружающую среду, флору и фауну;

5) составление сметы, технико-экономическая оценка различных вариантов водозабора.

Проектирование водозаборных сооружений при использовании в качестве источника водоснабжения подземных вод должно сопровождаться технико-экономическими расчетами и обоснованием намеченного к строительству водозабора. Сопоставление вариантов следует считать одним из важнейших элементов проектирования.

Необходимо рассматривать несколько участков одного водоносного горизонта или разных горизонтов вследствие возможности различных гидрогеологических параметров. Например, участок с лучшими параметрами и более водообильный может оказаться более удаленным от потребителя.

Определяющим фактором может служить наличие источников загрязнения подземных вод на том или ином участке, т.е. необходимость проведения в связи с этим специальных мероприятий по защите подземных вод и водозаборов от загрязнений или мероприятий по очистке вод.

## § 25. Содержание проекта

### 1. Введение:

- а) указание на объект, для водоснабжения которого намечено бурение, с приведением водопотребления (суточного, часового и секундного);
- б) точное место расположения скважины, абсолютная высота устья скважины;
- в) обоснование выбора места заложения скважин с указанием гидрогеологических условий и технико-экономических факторов (удаление скважины от возможных очагов загрязнения, вне зоны затопления паводковыми водами и т.п.).

### 2. Геолого-геоморфологическая характеристика района и участка работ.

### 3. Гидрогеологическая характеристика района и участка работ.

4. Оценка всех природных, санитарных и экономических факторов, а также преимуществ и недостатков того или иного водоносного горизонта. На основе этой оценки должен быть сделан всесторонне обоснованный выбор одного или нескольких горизонтов, наиболее соответствующих требованиям задания, и в связи с этим подлежащих вскрытию и опробованию; должна быть установлена целесообразность бурения разведочно-добывающей скважины и намечена ее глубина.

В специальной части проекта следует освещать вопросы, непосредственно связанные с бурением и опробованием разведочно-добывающей скважины.

5. Проект производства работ, в котором предусматривается конструкции скважины, тип породоразрушающего инструмента, диаметр скважины, диаметр обсадных труб, количество колонн и дается проектный геолого-технический разрез скважины.

6. Опробование скважины в целях выявления соответствия дебита скважины от понижения опытной откачкой.

### 7. Перечень геолого-технической документации.

### 8. Принятое водоподъемное оборудование.

### 9. Оборудование устья скважины.

### 10. Расчет и описание зон санитарной охраны.

### 11. Сметы.

### 12. Приложения и чертежи.

## Пример проекта скважины с водозабором

### Паспорт проекта разведочно-добывающей скважины

Производительность, м <sup>3</sup> /сут	40,0
Глубина скважины, м	70,0
Эксплуатационный диаметр, мм	205
Пьезометрический уровень воды, м	15
Удельный дебит скважины, (л/с)/м	0,7
Оборудование скважины:	
а) обсадные трубы (ГОСТ 632-80) диаметром 325 мм и толщиной 9 мм, м	10
б) то же, диаметром 273 мм и толщиной 7 мм, м	52
в) то же, диаметром 169 мм и толщиной 5 мм, м	23
г) скважность фильтра, %	35
д) насос 2 ЭЦВ6-6,3-85, шт.	1
Зона санитарной охраны размером 30×30 м	1
Устройство для замеров уровня воды ЭВ-1м	1
Насосная станция по типовому проекту 901-2-116	1
Счетчик турбинный холодной воды	1
Герметический оголовок по серии 4.901-16, вып. 1	1
Абсолютная отметка устья скважины, м	90,0

## Пояснительная записка

### I. Общая часть

#### 1. Введение

Настоящий проект составлен на основании договора № ... от ... 19...г. с Производственным управлением сельского хозяйства ... области.

Проектом предусматривается бурение разведочно-добывающей скважины с последующей организацией водозабора для водоснабжения ... завода в поселке ... района ... области.

Выбранный участок под скважину находится на западной окраине поселка ..., в 400 м на запад от существующих строений и в 4 км на север от реки ... .

Местоположение проектируемой скважины показано на чертежах ..., согласовано с заинтересованными службами и оформлено актом (см. приложение). Санитарная обстановка на участке в настоящее время удовлетворительная. В геологическом отношении площадка под скважину в верхней части сложена суглинком. Уровень грунтовых вод ориентировочно ожидается на глубине 15 м. В районе проектируемой скважины разведанных месторождений полезных ископаемых нет.

Исходные данные для разработки проекта:

- 1) задание на проектирование разведочно-добывающей скважины;
- 2) разрешение ... бассейнового Управления на специальное водопользование;
- 3) акт обследования и выбора места заложения скважины на воду.

Проект разработан в соответствии со СНиП II-31-74.

Скважина сдается в эксплуатацию, если качество подземных вод соответствует ГОСТу, а также при получении дебита, отвечающего производительности скважины в данных гидрогеологических условиях и заданию заказчика. В случае получения отрицательных результатов скважину ликвидирует та же буровая бригада.

На базе вновь пробуренной скважины строится насосная станция первого подъема, устанавливается зона санитарной охраны строгого режима и обеспечивается внешнее электроснабжение.

#### 2. Водопотребление и схема водоснабжения

В настоящее время ... завод в поселке ... находится в стадии строительства.

С вводом его в эксплуатацию потребуется источник водоснабжения. Потребное количество воды для завода согласно типовому проекту № 814-0-133 "Межхозяйственный ... завод производительностью 10 т/ч" составляет 40 м<sup>3</sup>/сут, из которых 30 м<sup>3</sup>/сут - на хозяйственно-питьевые нужды, 10 м<sup>3</sup>/сут - на производственные. Учитывая одноменную работу завода, расход воды составит 1,4 л/с.

Действующая скважина № ... расположена на территории ... в 500 м к северу от территории проектируемого завода и использоваться не может вследствие нецелесообразности прокладки водовода через магистральную двухколейную электрифицированную железную дорогу.

Для водоснабжения завода настоящим проектом предусматривается бурение разведочно-добывающей скважины с дебитом 1,4 л/с.

Схема проектируемого водозабора следующая: вода из скважины насосом первого подъема по напорному водоводу диаметром 100 мм будет подаваться во внутримплощадочную сеть завода (проектирование внутримплощадочной сети с водонапорной башней в объем данной работы не входит).

#### 3. Геологический очерк и гидрогеологические условия района и участка работ

Район расположения проектируемой скважины ... и характеризуется равнинным рельефом с абсолютной отметкой 90,0-131,0 м. Главной водной артерией района являются реки ... и ..., левые притоки реки ... .

Территория района имеет двухъярусное геологическое строение. Нижний структурный ярус - палеозойский фундамент - состоит из сложнодислоцированных осадочных, метаморфических и изверженных пород палеозойского возраста. Верхний структурный ярус - толща осадочных пород мезокайнозойского возраста.

В районе проектных работ складчатый фундамент залегает на глубине свыше 250 м и в гидрогеологическом отношении практического интереса не представляет, так как содержит сильноминерализованные воды, непригодные для питьевых целей.



Мезокайнозойские образования развиты на всей площади описываемого района. Мезозойские породы трансгрессивно лежат на палеозойском фундаменте и представлены верхнемеловыми аргиллитами и бейделлитовыми глинами зеленовато-серого цвета.

Наибольший интерес с гидрогеологической точки зрения представляют отложения палеогенового возраста, повсеместно распространенные в районе и представленные осадками палеоцена, эоцена и олигоцена.

Отложения палеоцена ( $P_1$ ) широко развиты в описываемом районе. Литологически они представлены мощной (100 м и более) толщей серых и темно-серых аргиллитов с мелкими прослойками глауконитокварцевых песчаников и алевритов.

Эоценовые отложения ( $P_2$ ) лежат на осадках палеоцена и в районе работ подразделяются на два горизонта - нижний (серовская свита) и объединенный средне- и верхнеэоценовый (ирбитская свита).

Нижнеэоценовые осадки ( $P_2$ ) представлены в основном опоками, реже трепелами и диатомитами и имеют повсеместное распространение на рассматриваемой площади. Глубина залегания их колеблется в пределах 50-150 м, увеличиваясь в северо-восточном направлении. Мощность опок в районе работ достигает 40 м.

Средне-верхнеэоценовый горизонт ( $P_2^{2+3}$ ) сложен глинистыми диатомитами. Граница между нижележащими опоками и диатомитами отчетливая, без следов размыва. Мощность ирбитской свиты превышает 80 м. Общее увеличение мощности наблюдается в восточном направлении и в отдельных впадинах древнего рельефа.

Отложения олигоценового возраста ( $P_3$ ) в рассматриваемом районе распространены меньше, чем нижележащие эоценовые осадки. Они слагают в основном водораздельные формы рельефа. Олигоцен здесь подразделяется на нижний, средний и верхний подотделы, причем нижний олигоцен объединен с верхним эоценом в так называемую чеганскую свиту ( $P_2^3 - P_3^1$ ), представленную морскими отложениями различных глин.

Породы среднего олигоцена ( $P_3^2$ ), выделенные в чиликтинскую свиту, а также верхнего олигоцена ( $P_3^3$ ) - наурзумская свита - представлены исключительно континентальными мелкозернистыми песками и глинами. Мощность песков в районе работ колеблется в пределах 13-40 м. Развиты они не повсеместно.

Средне- и верхнеплиоценовые ( $N^{2+3}$ ) известковистые глины и полимиктовые пески с гравием в виде маломощных прослоев и линз распространены незначительно. Эти породы развиты на самых высоких водоразделах. В гидрологическом отношении они интереса не представляют.

Описанный комплекс палеогеновых образований повсеместно перекрыт четвертичными отложениями (О), среди которых выделяются: озерно-болотные зеленовато-серые глины, залежи торфа, аллювиальные глины и пески с галькой и гравием, покровные суглинки и глины. Мощность четвертичных отложений колеблется от 1 до 10 м.

В гидрологическом отношении ... район приурочен к ... артезианскому бассейну, который характеризуется развитием этажно расположенных водоносных горизонтов, разобщенных между собой водоупорными глинами. Водоносный горизонт мела занимает обширные площади и является артезианским бассейном подземных вод. Он обладает достаточно хорошей водообильностью. Однако высокая минерализация подземных вод (5 г/л и более) не позволяет использовать их для питьевого водоснабжения.

В водоносном горизонте нижнего эоцена водовмещающими породами служат опоки и песчаники, водообильность которых связана с региональной трещиноватостью. Этот горизонт в рассматриваемом районе залегает довольно глубоко (50-150 м).

Пластово-трещинные воды опок с глубиной сильно меняют свой химический состав. В пределах одной и той же толщи опок существуют как бы два различных водоносных горизонта, одинаковых по составу воды: верхний, довольно маломощный горизонт опок содержит гидрокарбонатно-натриевые воды, слабоминерализованные, вполне пригодные для питья; нижний горизонт опок содержит горько-соленые гидрокарбонатные воды сульфатно-хлориднонатриевого состава с минерализацией до 3,5 г/л и более.

В бактериологическом отношении воды опокового горизонта безупречны.

Водоносный горизонт олигоценовых отложений представлен песками с прослоями глин средней мощности (по району) 10-15 м и включает подземные воды, залегающие на глубине от 5 до 25 м в зависимости от мощности перекрывающих осадков и рельефа местности.

Водообильность горизонта в целом небольшая и крайне неравномерная, зависит от мощности песков и их гранулометрического состава. Дебиты скважин изменяются от сотых долей до 3-5 л/с.

Подземные воды горизонта - пресные гидрокарбонатные кальциево-магниевые с минерализацией 0,15-0,7 г/л. Эти воды каптированы колодцами и одиночными скважинами для хозяйственно-питьевого водоснабжения индивидуальных хозяйств и небольших животноводческих ферм.

На участке проектируемой скважины указанный горизонт не развит. Единственно надежным для целей хозяйственно-питьевого водоснабжения является водоносный горизонт нижнеэоценовых опок.

## II. Специальная часть

### 1. Предварительный геологический разрез

Проектом скважины предусматривается вскрыть водоносный горизонт нижнеэоценовых опок.

Проектируемый разрез составлен на основании геологического разреза по существующей скважине № ..., расположенной в 500 м севернее участка проектируемой скважины (табл. 18).

Таблица 18

#### Геологический разрез проектируемой скважины

Интервал залегания слоя, м	Мощность слоя, м	Геологический возраст пород (индекс)	Категория пород по буримости	Краткое литологическое описание пород
0,00-6,00	6,0	a Q	II	Почвенно-растительный слой; суглинок плотный, песок серый мелкозернистый
6,0-8,0	2,0	a Q	III	Песок серый мелкозернистый
8,0-50,0	42,0	P <sub>2</sub> <sup>2+3</sup>	III	Глина сизовато-серая опоковидная
50,0-70,0	20,0	P <sub>2</sub> <sup>1</sup>	IV	Опока глинистая, трещиноватая

**Примечание.** Проектный разрез в процессе буровых работ корректируется.

### 2. Конструкция скважин и проект производства работ

- 1) скважина проектируется как разведочно-добывающая;
- 2) способ бурения - вращательный роторный с промывкой чистой водой;
- 3) пьезометрический уровень ожидается ориентировочно на глубине 15 м;
- 4) удельный дебит скважины принят равным 0,7 (л/с)/м на основании данных по расположенной вблизи существующей скважине;
- 5) проектируемый дебит принят 1,4 л/с при понижении уровня воды на 2 м;
- 6) глубина скважины определена гидрогеологическими условиями и принята равной 70 м;
- 7) проектируемая конструкция скважины - с двумя колоннами обсадных труб.

Кондуктор диаметром 325 мм перекрывает рыхлые отложения на глубине 10 м. С целью изоляции водоносного горизонта от возможного загрязнения затрубное пространство кондуктора цементируется с доведением цементного раствора до отметки 2,3 м. Расход сухого цемента принимается согласно расчету по ЕРЕР-27 на строительные работы. Кондуктор выводится на 0,5 м выше устья скважины. Эксплуатационная колонна труб диаметром 219 мм устанавливается в интервале 0,00-52,0 м. Конструкция скважины и типы буровых наконечников приведены в табл. 19;

Таблица 19

#### Конструкция проектируемой скважины

Глубина, м	Тип рабочего наконечника	Диаметр, мм	Размеры обсадных труб, мм		Диаметр соединительных муфт, мм
			диаметр	толщина стенки	
0,0-10,0	Трехшарошечное долото 2Д16С	394	325	9	351
10,0-52,0	Трехшарошечное долото К121	295	273	7	288
52,0-70,0	Трехшарошечное долото 1В81	190	168	7	Сварка 188

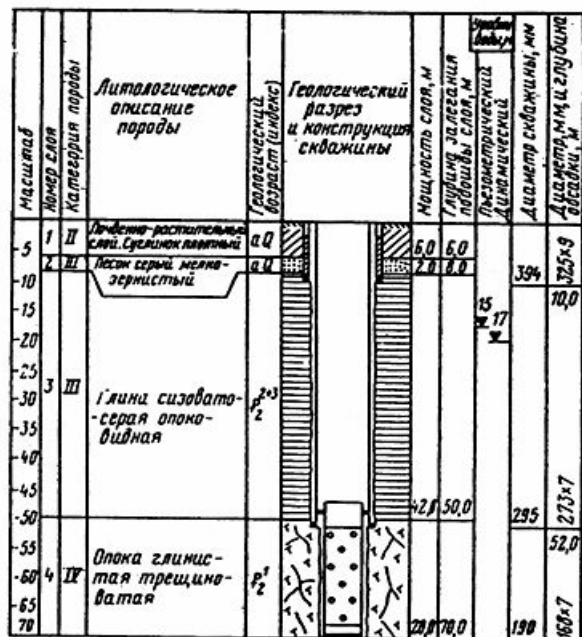
**Примечание.** Конструкция скважины в процессе буровых работ корректируется.

- 8) по окончании бурения скважины производится электрокаротаж в необсаженной части ствола (52-70 м) и гамма-каротаж по всему стволу (0-70 м);

9) вокруг устья скважины цементируют воротник радиусом не менее 3 м;

10) водоприемная часть скважины оборудуется фильтром из перфорированных труб диаметром 168 мм; скважность каркаса фильтра 35%; 588 отверстий на 1 м при их диаметре 20 мм; фильтр устанавливается "впотай" в интервале 47-70 м; рабочая часть фильтра - в интервале 52-68 м. После электрокаротажа скважины интервал установки фильтра корректируется. Отстойник фильтровой колонны снабжается деревянной пробкой;

11) проект геолого-технического разреза приведен на чертеже (рис. 4);



**Примечания**  
 1. Проектный разрез составлен на основании геологического очерка описываемого района, фактического геологического разреза скв. 4-092 и данных рекогносцировочного обследования местности.  
 2. Проектный разрез и конструкция скважины в процессе буровых работ корректируются

1. Скважина проектируется как разведочно-добывающая
2. Способ бурения - вращательный роторный с прямой чистой водой
3. Глубина скважины - 70 м
4. Пьезометрический уровень принят на глубине 15 м
5. Удельный дебит скважины - в данных гидрогеологических условиях принят равным 0,7 л/с
6. Проектируемый дебит 1,4 л/с может быть получен при понижении уровня на 2 м
7. По окончании бурения скважины проводится электрокаротаж в несамонесенной части отвала (52-70 м) и гамма-каротаж по всему столбу
8. Водоприемная часть скважины оборудуется фильтром из перфорированных труб диаметром 168 мм. Диаметр проходных отверстий 20 мм. Коэффициент скважности 35%. Фильтр устанавливается "впотай" в интервале 47-70 м. Рабочая часть фильтра ориентировочно принята в интервале 52-68 м.
9. Скважина опробуется опытной откачкой при двух понижениях уровня общей продолжительностью 4 сут. В процессе откачки собираются пробы воды на химический и бактериологический анализы (всего 4 пробы)

Спецификация основных материалов

Наименование материалов	Число	Масса, кг	
		1 м	Всего
Трубы стальные обсадные, м: (Гост 632-80)			
размер 325x9 мм	10,5	70,1	736
273x8 мм	52,5	52,3	2746
168x7 мм	7,0	27,8	195
Трубы перфорированные, м			
Размер 168x7 мм	16,0	18,1	290
Башмак трубный диаметр, мм:			
325	1	42,5	42
273	1	31,5	32
Цемент тампонажный	—	—	765
<b>Итого</b>			<b>4806</b>

Рис. 4. Проект геолого-технического разреза

12) категория пород по буримости дана по табл. 12;

13) по окончании производства буровых работ составляются исполнительные документы;

14) при производстве буровых и опытных работ необходимо соблюдать "Единые правила безопасности при геологоразведочных работах", утвержденные Госгортехнадзором РСФСР.

### 3. Опробование скважины

В целях выявления соответствия дебита скважины проектным данным и установления зависимости дебита скважины от понижения производится опробование скважины опытными откачками при двух понижениях уровня общей продолжительностью 7 сут.

Перед откачкой через скважину прокачивают воду до полного ее осветления в течение 1 сут.

Опытная откачка производится с максимального понижения уровня воды при дебите не ниже 75% проектируемого. Второе понижение должно быть на 3-5 м меньше предыдущего, но во избежание ошибок в расчетах его величина должна быть не менее 1 м. Продолжительность откачек при каждом понижении определяется процессом стабилизации уровней, дебитов, а также химическим и бактериологическим составом воды.

Продолжительность откачки при каждом понижении по проекту 3 сут. Обязательное условие - непрерывный процесс откачки при данном понижении.

В качестве водоприемного оборудования рекомендуется применять эрлифт, смонтированный по схеме "внутри".

В качестве водоподъемных труб могут быть использованы обсадные трубы ниппельного соединения диаметром 108-127 мм. Рекомендуемый диаметр воздухоподводящих труб 19-37 мм. Глубина погружения смесителя 40 м.

В процессе откачек уровни измеряют через каждые 5 мин в течение 1 ч, а затем через каждый 1 ч. После прекращения откачек наблюдают за восстановлением уровня воды в скважине.

В конце каждого понижения отбирают пробы воды на химический и бактериологический анализы (по три пробы на каждый вид анализа). Скважина оборудуется электропогружным насосом типа ЭЦВ.

Водозабор после полного окончания строительства и оборудования его насосом подлежит опробованию эксплуатационной откачкой с целью проверки работ всех водозахватных сооружений, производительности всего водозабора в целом. Продолжительность откачки при постоянном дебите, равном проектному, принимается 4 сут. Эксплуатационная откачка выполняется на одно понижение при дебите, равном проектному.

Уровни воды измеряются пневмоустановкой, расход воды - водомером. Периодичность измерений - 1 ч.

Результат наблюдений за эксплуатационной откачкой оформляется в виде акта с фактическими данными наблюдений.

Насосная станция над скважиной - заглубленная, автоматическая, состоит из двух камер по типовому проекту 901-2-116, с наземным шкафом и аппаратурой управления, а также с электрооборудованием агрегата.

В камере над скважиной размещены: оголовок, вантуз, задвижка, дренажный насос, приборы учета воды, запорная арматура, обратный клапан.

Водоподъемное оборудование. В качестве водоподъемного оборудования принят погружной насос марки 2ЭЦВ6-6, 3-85 с двигателем марки ПЭДВ-2, 8-140 мощностью 2,8 кВт. Подача насоса 6,3 м<sup>3</sup>/ч при напоре 85 м. Монтаж насоса, определение количества необходимых водоподъемных труб выполняются на месте.

Вспомогательное оборудование. Для измерения расхода воды, отбираемой из скважины, устанавливается счетчик ВТ-50. Уровень воды в скважине периодически замеряется электроуровнем ЭВ-1М.

Для пробной эксплуатационной откачки воды из скважины, а также для непосредственной подачи ее в передвижную емкость на напорной трубе за оголовком предусматривается отвод с задвижкой, к которому может в свою очередь подсоединяться гибкий шланг.

Откачка дренажных вод из подземных камер осуществляется насосом марки ВКС-1/16. Для контроля уровней воды в дренажных приемках на специальной подставке устанавливаются электродные датчики уровня, входящие в комплект регулятора-сигнализатора уровня типа ЭРСУ-3.

Герметизация устья скважины обеспечивается устройством герметизированного оголовка по типовому проекту серии 4.901-16 вып. 1. в составе бетонного воротника, устьевого патрубка, отводного патрубка, опорной плиты, уплотнительных колец, сальников, прокладок из резины.

Охрана природных условий. При строительных работах должны быть приняты меры по охране существующих природных условий на территории строительства.

Особое внимание должно быть уделено охране подземных вод, для чего предусматривается устройство зоны санитарной охраны в соответствии со СНиП II.32-74. В связи с этим на территории строительства предусматривается ряд мероприятий:

- а) ликвидация бездействующих скважин;
- б) на вновь сооружаемой скважине - изоляция от поверхностных вод путем крепления обсадными трубами с затрубной цементацией;
- в) герметизация устья скважины;
- г) создание зоны санитарной охраны.

Зона санитарной охраны. Устройство зоны I пояса выполняется согласно СНиП II.31-74 и инструкции СН441-72.

В зону санитарной охраны строгого режима (I пояс) включается участок размером 30x30 м, в котором располагаются скважина и головные водопроводные сооружения.

По периметру зоны устанавливается ограждение из колючей проволоки на деревянных столбах высотой 1,6 м. Территория озеленяется посевом многолетних трав и посадкой кустарников. Необходимо создать охранное освещение.

Привязка зоны санитарной охраны и насосной станции выполняются на месте.

Ввиду того, что водоносный горизонт надежно перекрыт мощной толщей глин, в данном проекте предусматривать устройство II пояса зоны санитарной охраны нет необходимости.

### Ведомость объемов работ и материалов

1. Транспорт - перевозка автотранспортом комплекта труб и материалов от железнодорожной станции по автодорогам II класса на расстояние до 250 км.

2. Строительство ВЛ:

напряжение, кВ	0,4
протяженность, м	250

3. Глубина бурения скважины вращательным способом, м:  
ротатором

70

наконечником диаметром 394 мм	10 (без отбора керна)
наконечником диаметром 295 мм	42 (без отбора керна)
наконечником диаметром 190 мм	18 (без отбора керна в грунтах IV категории)
4. Крепление скважины, м:	
трубами диаметром 325 мм с толщиной стенки 9 мм в грунтах II группы	10
трубами диаметром 273 мм с толщиной стенки 7 мм в грунтах II группы	52
5. Оборудование водоприемной части скважины:	
спуск фильтровой колонны труб диаметром 168 мм в трубах диаметром 273 мм на глубину, м	52
надфильтровая часть, м	7
рабочая часть фильтра, перфорация в интервале, м	52-68
отстойник, м	2
6. Цементированные скважины:	
затрубная часть колонны труб диаметром 325 мм, м	7,5
7. Опытные работы:	
опытная откачка эрлифтом при двух пониженных уровнях воды, сут	7
эксплуатационная откачка, сут	4
8. Химический и бактериологический анализы воды - три пробы	
9. Электрокаротаж скважины, м - 18	
10. Гамма-каротаж скважины, м - 7	
11. Материал для цементирования:	
цемент тампонажный, кг	765
вода для затворения цемента, м <sup>3</sup>	0,5 м
вода для бурения скважины, м <sup>3</sup>	50
12. Герметизация устья скважины	
13. Сооружение подземной насосной станции - по типовому проекту	
14. Монтаж погружного насоса марки 2ЭЦВ6-6,3-85 с погружением в скважину на насосно-компрессорных трубах диаметром 50 мм:	
глубина от устья скважины, м	25
15. Установка водомера - типа ВТ-50	
16. Срезка обсадных труб диаметром 325 мм на отметке, м - 2,3	
17. Монтаж электрооборудования и устройства автоматического управления насосом - по типовому проекту 901-2-116	
18. Устройство зоны санитарной охраны первого пояса:	
а) сооружение ограды из колючей проволоки на деревянных столбах высотой 1,6 м, длиной, м	120
б) посадки	трава, кусты
в) устройство водоотводной канавы длиной 125 м с выемкой грунта, м <sup>3</sup>	35

Составила руководитель группы \_\_\_\_\_ (Ф. И. О.)  
 Название проектной организации \_\_\_\_\_

## **Глава 6. ИСТОЧНИКИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД И ПРОЕКТИРОВАНИЕ МЕРОПРИЯТИЙ ПО САНИТАРНОЙ ОХРАНЕ ВОДОЗАБОРА**

### **§ 26. Некоторые сведения об источниках загрязнения подземных вод**

По составу и виду загрязнения подземных вод подразделяют на химическое (органическое и неорганическое), биологическое, радиоактивное и тепловое.

#### **Химическое загрязнение**

Основными источниками химического загрязнения подземных вод служат жидкие стоки и твердые отходы промышленных производств, содержащие разнообразные неорганические и органические вещества.

В результате фильтрации технологических и сточных вод вблизи территории предприятия и промышленных бассейнов в подземных водах могут появиться тяжелые металлы, ароматические, токсические и другие вредные для здоровья вещества, а также загрязнения, ухудшающие органолептические свойства воды.

В наибольшей степени подвержены загрязнению грунтовые воды, в которые химические загрязнения поступают с поверхности через зону аэрации, при сбросе в поглощающие выработки, скважины и другими путями.

На сельскохозяйственных территориях грунтовые воды загрязняются вследствие избыточного применения ядохимикатов и удобрений.

В напорные водоносные горизонты химические загрязнения поступают из грунтовых вод через размыты в водоупорной кровле ("литологические окна"); непосредственно по стволу водозаборной или разведочной скважины при ее плохой изоляции от смежных водоносных горизонтов.

Химические загрязнения в водоносных горизонтах могут распространяться на большие расстояния.

### Биологическое загрязнение

Биологическое загрязнение питьевой воды, вызываемое болезнетворными микроорганизмами, представляет серьезную угрозу здоровью населения. Источниками загрязнения грунтовых вод обычно являются участки интенсивной и длительной фильтрации загрязненных фекальных и хозяйственно-бытовых вод - поля фильтрации, выгребные ямы, скотные дворы, поглощающие скважины и колодцы, неисправная канализационная сеть и т.п.

В прибрежные (инфильтрационные) водозаборы биологические загрязнения могут поступать вместе с загрязнениями речных вод, привлекаемых водозабором.

Дальность распространения микроорганизмов в водоносном горизонте зависит главным образом от скорости фильтрации и степени начального загрязнения, однако она существенно ограничивается временем выживаемости, т.е. длительностью существования микроорганизмов в подземных водах. Большую роль в уменьшении распространения микроорганизмов в водоносном горизонте играет также их адсорбция (адгезия) на частицах грунта.

В то же время выживаемость микроорганизмов в водоносном горизонте значительно выше, чем в поверхностных водах, так как в нем отсутствуют солнечные лучи, температура воды низкая и нет микробного антагонизма.

Болезнетворные энтеробактерии (брюшнотифозные и дизентерийные) в водонасыщенных песках и илах могут жить 28-51 сут. Выживаемость кишечной палочки в подземных водах составляет 3-7 мес, а в отдельных случаях более 12 мес. Некоторые болезнетворные бактерии могут существовать в течение 170-400 сут (табл. 20, 21).

Таблица 20

Время выживаемости микроорганизмов в подземных водах [6]

Микроорганизмы	Выживаемость при 4-6 °С, сут
Санитарно-показательные бактерии (кишечная палочка и энтерококк)	400
Патогенные энтеробактерии:	
сальмонеллы брюшного тифа	50-56
сальмонеллы паратифа, В	<220
шигеллы дизентерии	174
Вирус полиомиелита	116
Фарг E. Coli	≈ 400

Таблица 21

Расстояние, на которое могут продвигаться микроорганизмы в грунтах [7]

Вид загрязнения	Породы водоносного горизонта	Расстояние, м
Бактериальное	Галечники	850
	Трещиноватые известняки	<1000
	Гравийно-галечные отложения	30-200
	Песчано-гравийно-галечные отложения	>200

Вид загрязнения	Породы водоносного горизонта	Расстояние, м
	Мелкозернистые пески	<15-20
Кишечная палочка	Пески крупностью 0,13 мм	<20-70
	Пески	<50

### Тепловое загрязнение

Тепловым загрязнением условно можно назвать повышение температуры подземных вод, происходящее по тем или иным причинам при эксплуатации водозабора. Температура вод может возрасти вследствие привлечения более нагретых поверхностных вод (из рек, озер и т.п.), особенно если водозабор расположен вблизи водоема, а водоносный горизонт сложен хорошо проницаемыми отложениями (трещиноватыми скальными породами или галечниками). Повышение температуры подземных вод возникает также на участке сброса в поглощающие скважины отработанных тепловых технологических сточных вод.

### § 27. Общие пути поступления различных видов загрязнений к водозаборным сооружениям

1. Инфильтрация загрязненных хозяйственно-бытовых и промышленных сточных вод через зону аэрации на территории промышленного предприятия, города, поселка, из полей фильтрации, слабоэкранированных накопителей и других промышленных бассейнов, инфильтрация загрязненных атмосферных осадков и оросительных вод.

Таблица 22

#### Сравнительная санитарная характеристика подземных источников хозяйственно-питьевого водоснабжения (по С.Н. Черкинскому)

Характерные особенности водоисточников	Подземные воды	
	грунтовые	межпластовые (артезианские)
Доступность, географическое распространение	Большая	Ограниченная
Обильность (полезный дебит)	Ограниченная	Различная, часто ограниченная
Влияние социально-бытовых факторов (плотность населения, развитие промышленности)	Большое	Весьма ограниченное
Влияние природных факторов (климат, сезонность)	Большое	Ограниченное
Ухудшение органолептических свойств воды (запах, цвет, мутность)	Частое	Ограниченное
Загрязнение химическими веществами (ядовитыми, бактерицидными)	Редкое	Весьма редкое
Бактериальное загрязнение патогенными микробами	Редкое	Весьма редкое

2. Фильтрация загрязненных хозяйственно-бытовых и промышленных сточных вод из неэкранированных водохранилищ, накопителей, испарителей и других крупных бассейнов, собирающих сточные воды.

3. Поступление загрязненных сточных вод и атмосферных осадков непосредственно в грунтовые воды через сточные каналы, поглощающие скважины, ямы, карстовые воронки.

4. Привлечение к береговым водозаборам загрязненных поверхностных вод из рек, озер, сбросовых каналов и т.п.

### § 28. Проектирование мероприятий по санитарной охране водозаборов подземных вод

При выборе участков размещения и проектирования водозаборов подземных вод наряду с расчетами производительности водозаборов важнейшей задачей является оценка качества подземных вод и составление прогноза возможных изменений состава и свойств воды на весь период водопотребления.

Особую опасность представляют загрязненные сточные воды в районах промышленных предприятий и на сельскохозяйственных территориях. Поэтому при прогнозах качества воды для проектируемого водозабора необходимо предусматривать в проекте мероприятия по их санитарной охране и предотвращению загрязнения подземных вод в районе размещения водозабора.

При проектировании, строительстве и эксплуатации скважин, добывающих грунтовые и артезианские воды, в соответствии со СНиП П.31-74 вокруг них необходимо проектировать зону санитарной охраны из двух поясов: I пояс - зона строгого режима; II пояс - зона ограничений.

В I пояс санитарной охраны включают участок проектируемой разведочно-добывающей скважины. Этот пояс представляет собой площадку радиусом 50 м, на которой производится планировка территории с отводом поверхностных вод за пределы пояса. Территорию I пояса зоны санитарной охраны ограждают забором.

II пояс зоны санитарной охраны, его размеры и конфигурацию в плане устанавливают в зависимости от глубины залегания водоносного грунта, степени его защищенности от проникновения бактериального загрязнения с поверхности земли, по данным гидрогеологических расчетов и согласно СНиП П.31-74. II пояс зоны санитарной охраны рассчитывают с использованием метода Е.Л. Минкина и данных санитарно-гидрогеологического обследования района.

Все расчеты по определению зоны санитарной охраны II пояса приведены в табл. 23 с использованием рис. 5 и 6.

**Таблица 23**

Уравнение прямой, точку пересечения которой с границей зоны требуется найти	Координаты точек пересечения		у по рис. 4			$\frac{Q}{2\pi q}$	$y = \frac{Q}{2\pi q} y^*$			х определяется путем подстановки в уравнение прямой у		
	у	х	$T_1 = 0,3$	$T_2 = 1,2$	$T_3 = 27$		$T_1 = 0,3$	$T_2 = 1,2$	$T_3 = 27$	$T_1 = 0,3$	$T_2 = 1,2$	$T_3 = 27$
$x = 2y$	220	440	0,42	1,0	2,70	83	35	83	224	70	166	448
$x = y$	195	195	0,65	1,35	2,37	83	54	112	147	54	112	197
$x = 0,5y$	168	84	0,70	1,38	2,10	83	58	115	174	29	58	87
$x = 0$	130	0	0,75	1,28	1,50	83	62	106	124	0	0	0
$x = -0,5y$	92	-46	0,60	1,10	1,20	83	50	91	100	25	46	50
$x = -y$	65	-66	0,68	0,80	83	83	37	56	66	37	56	66
$x = -2y$	39	-78	0,48	0,50	83	83	23	40	42	46	80	84
Вверх по потоку	-	-	0,98	2,5	10	83	-	-	-	80	208	830
Вниз по потоку	-	-	0,60	0,90	1	83	-	-	-	50	75	83

**Пример 1.** Исходные данные:

1. Суммарный расход воды  $Q = 78 \text{ м}^3/\text{сут.}$
2. Активная пористость пород  $\mu = 0,024.$
3. Средняя мощность водоносного горизонта  $m = 25 \text{ м.}$
4. Удельный дебит скважины  $q_{уд} = 0,2 \text{ (л/с)/м.}$
5. Коэффициент фильтрации пород водоносного горизонта

$$k = 130 \times q_{уд} / m = 130 \times 0,2 / 25 = 1,02 \text{ м/сут,}$$

где 130 - переходный коэффициент; m - мощность водоносного горизонта.

6. Уклон естественного потока подземных вод  $i$  примем равным 0,006.

7. Естественный расход грунтового потока  $q = 1,02 \cdot 25 \cdot 0,006 = 0,15 \text{ м}^2/\text{сут.}$

8. Заданное время  $T_1$  - время самоочищения воды от бактериального загрязнения - примем равным 100 сут.

9. Заданное время  $T_2$  - время самоочищения загрязненных вод от таких источников загрязнения, как животноводческие фермы, - примем равным 400 сут.

10. Заданное время  $T_3$  - время расчета зон санитарной охраны на срок работы водоисточника в течение 25 лет от таких источников загрязнения, как кладбища, скотомогильники, свалки мусора, - примем равным 9000 сут.



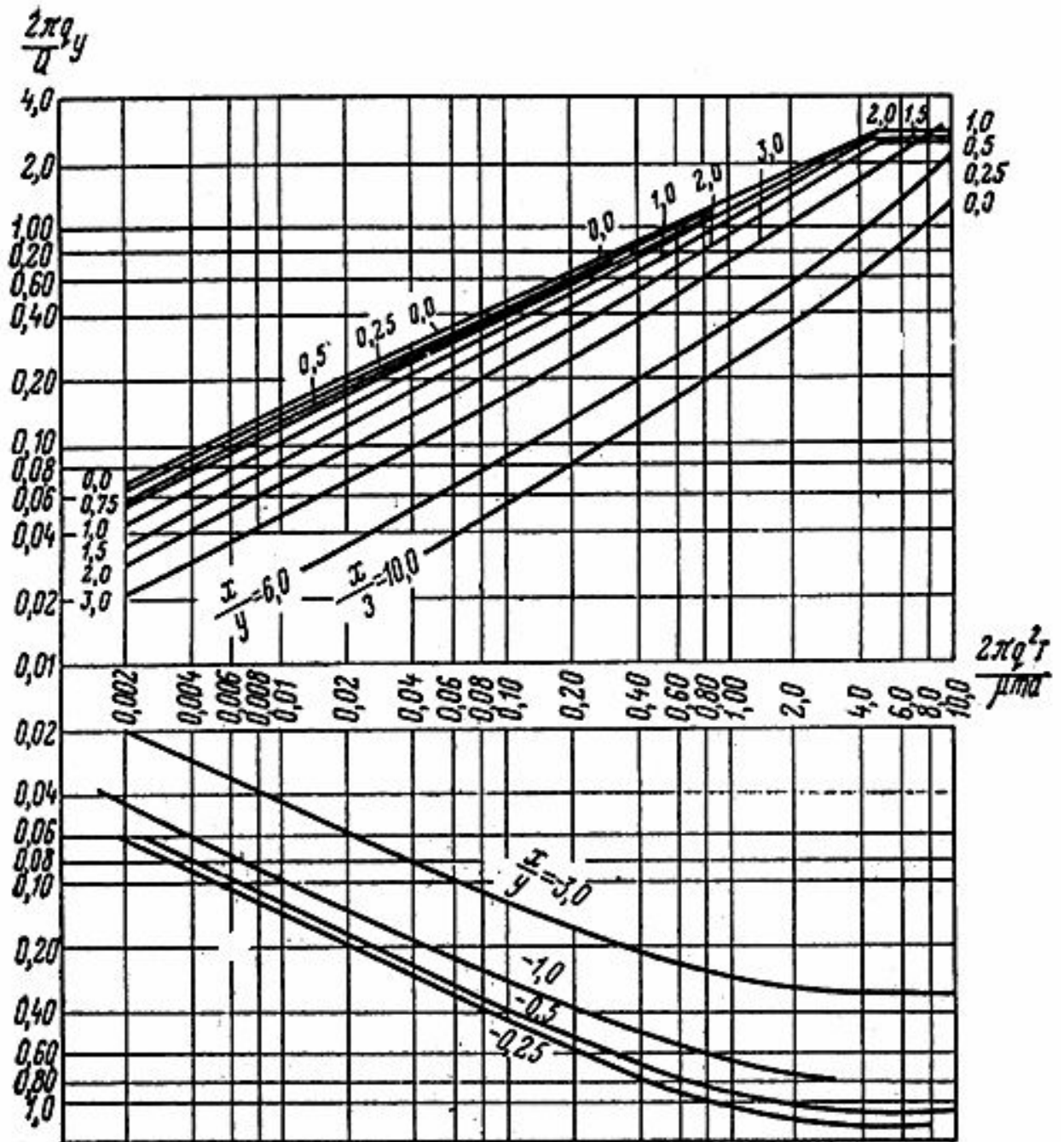


Рис. 5. График для определения границ зон санитарной охраны одиночного водозабора в неограниченном пласте

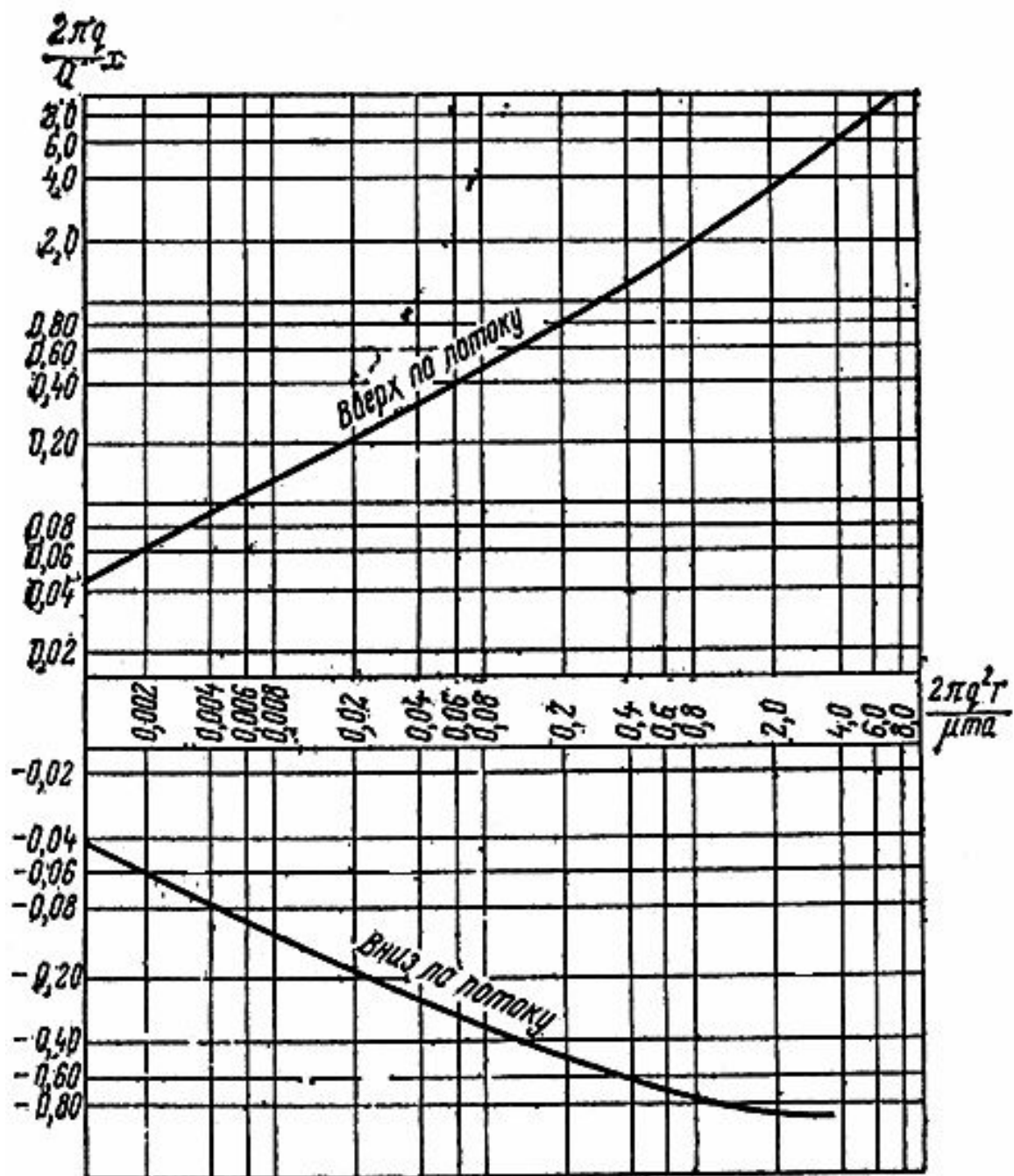


Рис. 6. График для определения зон санитарной охраны одиночного водозабора в ограниченном пласте

Решение. Чтобы выделить требуемые зоны санитарной охраны надо определить соответствующее приведенное время:

$$T_1 = \frac{2\pi q^2 T_1}{\mu m Q} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 0,15^2 \cdot 100}{0,024 \cdot 25 \cdot 78} = 0,30;$$

$$T_2 = \frac{2\pi q^2 T_2}{\mu m Q} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 0,15^2 \cdot 400}{0,024 \cdot 25 \cdot 78} = 1,20;$$

$$T_3 = \frac{2\pi q^2 T_3}{\mu m Q} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 0,15^2 \cdot 9000}{0,024 \cdot 25 \cdot 78} = 27.$$

Для построения линии нейтральных токов найдем  $Q/q = 78/0,15 = 520$ .

Для определения координат точек нейтральной линии используем выражения:

$$x = 2y, \quad y = \frac{0,426Q}{q} = 0,426 \cdot 520 = 220;$$

$$x = y, \quad y = \frac{0,375Q}{q} = 0,375 \cdot 520 = 195;$$

$$x = 0,5y, \quad y = \frac{0,323Q}{q} = 0,323 \cdot 520 = 168;$$

$$x = 0, \quad y = \frac{0,250Q}{q} = 0,250 \cdot 520 = 130;$$

$$x = -0,5y, \quad y = \frac{0,177Q}{q} = 0,177 \cdot 520 = 92;$$

$$x = -y, \quad y = \frac{0,125Q}{q} = 0,125 \cdot 520 = 65;$$

$$x = -2y, \quad y = \frac{0,074Q}{q} = 0,074 \cdot 520 = 39;$$

$$y = 0, \quad x = 0,159 \cdot 520 = 83.$$

На основании приведенного расчета и гидрогеологических условий района можно сделать следующие выводы:

- 1) кладбища, скотомогильники и свалки мусора должны быть удалены от скважины вверх по потоку на 830 м, а вниз по потоку - на 83 м;
- 2) животноводческие фермы должны быть удалены от источника водоснабжения вверх по потоку на 208 м, а вниз по потоку - на 75 м;
- 3) сооружения, не дающие загрязнения, должны быть удалены от источника водоснабжения вверх по потоку на 80 м, вниз по потоку - на 50 м.

**Пример 2.** Рассчитать II пояс зоны санитарной охраны для водозабора, не имеющего гидравлической связи с поверхностными источниками, по графическому методу С.Н. Черкинского и данным санитарно-гидрогеологических обследований района (рис. 7).

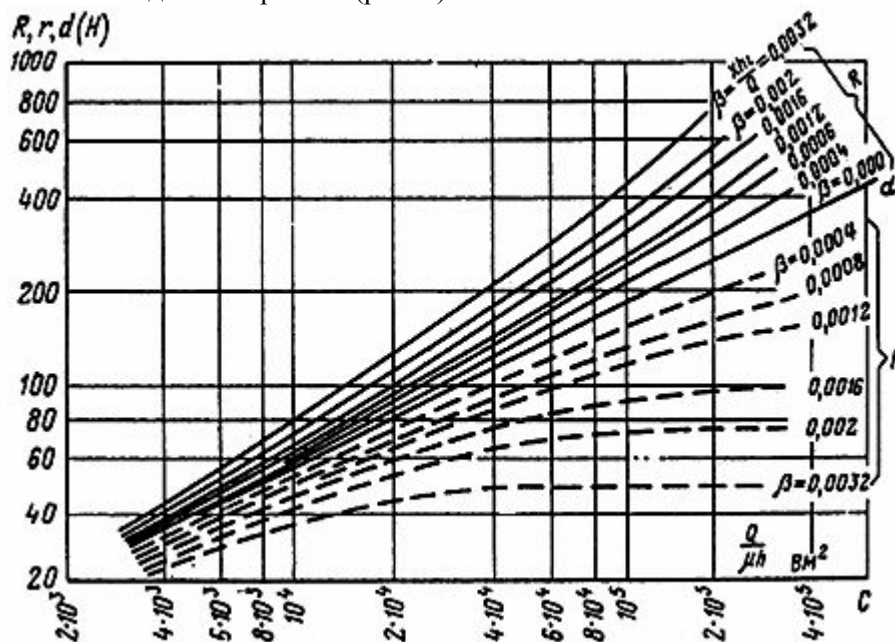


Рис. 7. График для определения границ зоны санитарной охраны одиночного водозабора, расположенного в удалении от поверхностных источников

Исходные данные

1. Проектируемый расход воды составляет 180 м<sup>3</sup>/сут.
2. Активная пористость пород  $\mu = 0,01$ .
3. Средняя мощность водоносного горизонта  $m = 30$  м.
4. Понижение  $S = 7$  м.
5. Уклон естественного потока подземных вод примем:

вверх по потоку  $i = 0,005$ ;

вниз по потоку  $i = 0$  (для условий "бассейна");

а) при определении верхней границы по движению подземных вод надо брать наибольшую из обычно встречающихся величин  $i = 0,001 \div 0,005$ ;

б) при определении нижней границы, наоборот, максимальный запас получается для условия "бассейна", т.е. при  $i = 0$  величина  $B$  становится равной 0.

6. Коэффициент фильтрации пород водоносного горизонта при турбулентном движении по данным для одиночной скважины можно определить по формуле А.А. Краснопольского

$$k = 0,27Q\sqrt{\frac{1}{(m^3 - H^3)r}} = 0,27 \cdot 180\sqrt{\frac{1}{(30^3 - 23^3) \cdot 0,168}} = 0,97 \text{ м/с,}$$

где 0,27 - переходный коэффициент;  $h = m - S$  - высота динамического уровня, м;  $r$  - радиус скважины, м.

7. Естественный расход грунтового потока  $d = km_i = 0,97 \cdot 30 \cdot 0,005 = 0,15 \text{ м}^2/\text{сут.}$

8. Время  $T_1$  - время самоочищения загрязненных вод от таких источников загрязнения, как животноводческие фермы, - примем равным 400 сут.

9. Определим параметры  $B$  и  $C$  по формулам:  $B = q/Q$ ,  $C = TQ/\mu m$ .

Тогда:

вверх по потоку  $B = 0,15/180 = 0,0008$ ;

вниз по потоку  $B = 0$ ;

$C = 400 \times 180/0,01 \times 30 = 2,4 \times 10^5$ .

По графику (см. рис. 6) находим границы II пояса зоны санитарной охраны:

$R = 370$  м - расстояние вверх по потоку;

$l = 250$  м - расстояние вниз по потоку;

$d = 250$  м - расстояние в сторону от водозабора.

Следовательно, сооружения, не дающие загрязнения, должны быть удалены от водозабора на 50 м, а остальные - на 370 м вверх по потоку, на 250 м вниз по потоку и на 250 м в сторону от скважины.

**Пример 3.** Для этого же вида водозабора А.А. Черкинским предложен табличный метод определения границ II пояса зоны санитарной охраны, который пригоден только при  $T = 100$  сут. Предварительно по реальным значениям гидрогеологических параметров, а при их отсутствии по параметрам, принятым с известным запасом, вычисляют обобщенные параметры:

$$A = Q/m; B = q/Q = km_i/Q$$

Затем используют данные табл. 24. Для каждого сочетания параметров  $A$  и  $B$  находят величины  $R$  и  $r$ , по которым определяют значение  $d$ .

Таблица 24

Обобщенные параметры  $A$  и  $B$  для нахождения границ II пояса зоны санитарной охраны

A = Q/m	Породы	$\mu$	при B = q/Q = km <sub>i</sub> /Q														d (для всех значений B)
			0,00		0,004		0,008		0,0012		0,0016		0,0020		0,0032		
			R	r	R	r	R	r	R	r	R	r	R	r	R	r	
15	Рыхлые	0,15	60	60	60	60	70	60	70	55	70	50	75	50	80	40	60
	Скальные	0,03	130	130	150	120	160	110	175	100	190	80	210	70	250	50	130
		0,015	180	180	210	160	240	140	280	120	300	100	350	80	430	50	180
30	Рыхлые	0,15	80	80	90	75	95	70	100	70	105	60	120	60	130	50	80
	Скальные	0,03	180	180	210	160	240	140	280	120	300	100	350	80	430	50	180
		0,015	250	250	310	200	370	160	420	140	500	100	600	80	750	50	250
45	Рыхлые	0,15	100	100	110	90	120	90	130	90	140	70	150	60	170	50	100
	Скальные	0,03	220	220	270	180	310	150	330	130	400	100	480	80	600	50	220
		0,015	310	310	400	240	500	180	600	150	700	100	860	80	1100	50	310
60	Рыхлые	0,15	120	120	130	110	140	100	150	90	160	80	180	70	210	50	120

A = Q/m	Породы	μ	R	r	R	r	R	r	R	r	R	r	R	r	R	r	d (для всех значений B)
			при B = q/Q = kmi/Q														
			0,00		0,004		0,008		0,0012		0,0016		0,0020		0,0032		
	Скальные	0,03	250	250	310	200	370	160	420	140	500	100	600	80	750	50	250
		0,015	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		0,15	130	130	150	120	160	110	175	110	190	90	210	70	250	50	130
75	Рыхлые	0,03	290	290	350	230	410	170	500	150	600	100	720	80	900	50	290
	Скальные	0,015	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
90	Рыхлые	0,15	140	140	160	130	180	110	190	100	210	90	240	80	290	50	140
	Скальные	0,03	310	310	400	240	500	180	600	150	700	100	860	80	1100	50	310

## Глава 7. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЕБИТА ОДИНОЧНОЙ СКВАЖИНЫ И РАДИУСА ВЛИЯНИЯ. ОПРОБОВАНИЕ СКВАЖИН ОТКАЧКАМИ. ВЫБОР ЭКСПЛУАТАЦИОННОГО НАСОСА

### § 29. Определение дебита одиночной скважины по данным опытных откачек

Данные опытных откачек из одиночных скважин позволяют установить следующие зависимости:  $Q = f(S)$ ,  $q = f(S)$ , где  $Q$  - дебит скважины, л/с;  $S$  - понижение уровня воды при откачке, м;  $q$  - удельный дебит (л/с)/м.

Удельный дебит скважины - это отношение дебита скважины (в л/с) к понижению уровня воды в скважине (в м).

Используя уравнение и построив соответствующие кривые дебита, можно по данным опытной откачки из скважины определить ее дебит при максимально допустимом понижении уровня по формулам Дюпюи, Тима, Келлера, Смрекера и Альтовского (табл. 25).

Таблица 25

#### Формулы для расчета дебита одиночной скважины по данным опытных откачек

Автор	Формула		Возможные пределы экстраполяции
	условия применения	написание	
Дюпюи	Для напорных вод, откачка с одним понижением	$Q = \frac{S}{S_1} Q_1$ $S = \frac{Q}{Q_1} S_1$	$< 1,5S_{\max}$
Тим	Для безнапорных вод, откачка с одним понижением	$Q = Q_1 \frac{(2H - S)S}{(2H - S_1)S_1}$ $S = H - \sqrt{H^2 - \frac{Q}{Q_1} S_1(2H - S_1)}$	$< 1,5S_{\max}$
Келлер	Для напорных и безнапорных вод, откачка с двумя понижениями	$Q = \frac{\sqrt{a^2 - 4bS} - a}{2b}$ <p>где</p> $a = S_0 - bQ_1$ $b = (S_0'' - S_0') / (Q_2 - Q_1)$ $S = aQ + bQ^2$ $S_0' = S_1 / Q_1$ $S_0'' = S_2 / Q_2$	$< 1,75 \div 2S_{\max}$
Смрекер	Для напорных вод, откачка с двумя понижениями	$Q = n^m \sqrt{S}$ <p>где</p> $m = (\lg S_2 - \lg S_1) / (\lg Q_2 - \lg Q_1)$ $S = (Q/n)^m$ $\lg n = \lg Q_1 - \lg (S_1/m)$	$< 1,75 \div 2,25S_{\max}$

Автор	Формула		Возможные пределы экстраполяции
	условия применения	написание	
Альтовский	Для напорных вод, откачка с двумя понижениями	$Q = a + blg S$ где $lg S = (Q - a)/b$ $b = (Q_2 - Q_1)/(lg S_2 - lg S_1)$ $a = Q_1 - blg S_1$	$< 2 \div 3 S_{max}$

**Примечание.** В формулах приняты следующие обозначения: Q - проектируемый дебит, в л/с; S - проектируемое положение, м; Q<sub>1</sub> и Q<sub>2</sub> - дебиты, достигнутые в процессе откачки при понижении, л/с; S<sub>max</sub> - максимальное понижение, достигнутое при откачке, м; H - мощность водоносного слоя, м; S<sub>0</sub>' и S<sub>0</sub>'' - удельные понижения, достигнутые при откачке, м.

Если откачка из скважины осуществлена только с одним понижением, то при напорных водах для расчета пользуются формулой Дюпюи, для безнапорных вод - формулой Тима.

Если откачка произведена только с двумя понижениями и для нее устанавливается кривая линейная зависимость Q = f(S) то расчеты надо вести для безнапорных вод по формуле Тима, для напорных вод - по формулам Келлера, Смрекера и Альтовского и принимать наименьшую из полученных величин дебита и наибольшую для понижения.

При откачках с тремя понижениями и более для выбора расчетной формулы строят прямые и преобразованные графики зависимости Q = f(S).

Преобразования заключаются в том, что криволинейную функцию представляют в виде прямолинейной. Это позволяет судить о том, какой формуле отвечают данные, полученные опытной откачкой.

Если в результате графика Q = f(S) установлена сложная криволинейная зависимость для выбора расчетной формулы, то данные опытной откачки необходимо свести в дополнительную таблицу (табл. 26).

**Таблица 26**

**Данные опытной откачки**

Понижение	S	Q	S <sub>0</sub> = S/Q	lg S	lg Q
Первое	S <sub>1</sub>	Q <sub>1</sub>	S <sub>0</sub> '	lg S <sub>1</sub>	lg Q <sub>1</sub>
Второе	S <sub>2</sub>	Q <sub>2</sub>	S <sub>0</sub> ''	lg S <sub>2</sub>	lg Q <sub>2</sub>
Третье	S <sub>3</sub>	Q <sub>3</sub>	S <sub>0</sub> '''	lg S <sub>3</sub>	lg Q <sub>3</sub>

Если S<sub>0</sub> = f(Q) прямая, т.е. дебит изменяется в зависимости от понижения по закону параболы, то расчет производится по формуле Келлера.

Если lg Q = f(lg S) прямая, т.е. дебит возрастает по степенной зависимости, а удельный дебит уменьшается по кривой, то расчет производится по формуле Смрекера.

Если Q = f(lg S) прямая, т.е. зависимость та же, что и в предыдущем случае, то расчет производится по формуле Альтовского.

**Пример.** Откачка из одиночной скважины, вскрывшей напорный горизонт, произведена при трех понижениях.

Определить дебит скважины при понижении уровня на 22,0 м.

Для выбора расчетной формулы составляем табл. 27.

**Таблица 27**

Понижение	S, м	Q, л/с	S/Q = S <sub>0</sub>	lg S	lg Q
Первое	8,3	1,6	5,18	0,92	0,204
Второе	12,7	2,2	5,78	1,104	0,343
Третье	18,0	2,7	6,69	1,256	0,432

Находим параметры (по любым понижениям):

$$b = Q_2 - Q_1 / lg S_2 - lg S_1 = 2,2 - 1,6 / 1,104 - 0,92 = 3,26;$$

$$a = Q_1 - blg S_1 = 1,6 - (3,26 \cdot 0,92) = -1,4;$$

$$Q_{\text{расч.}} = -1,4 + (3,26 \times \lg 22,0) = -1,4 + 4,4 = 3 \text{ л/с.}$$

Приближенный дебит скважины в зависимости от ее диаметра и пород водоносного горизонта можно определить по диаграмме И.Ф. Володько (рис. 8).

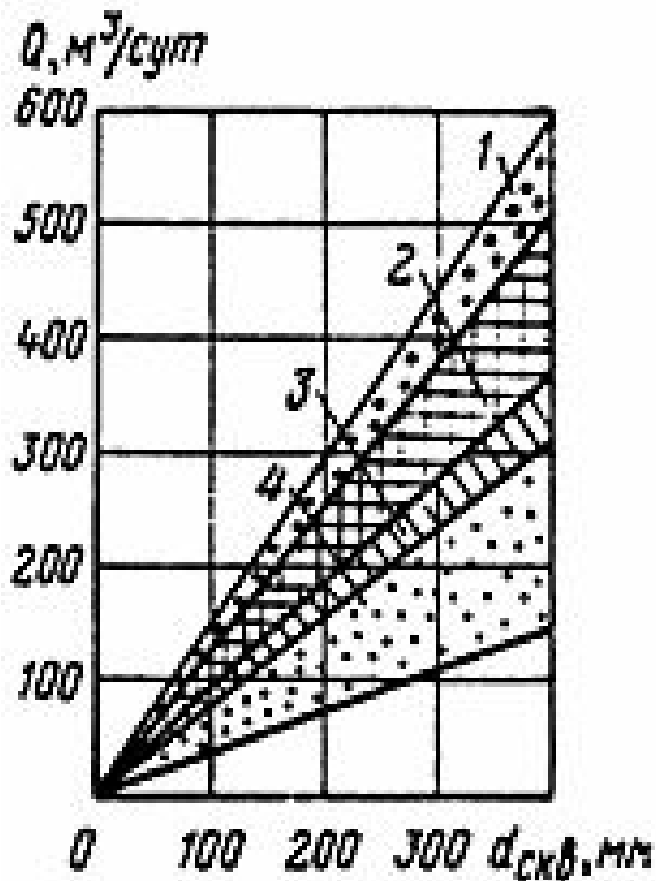


Рис. 8. Диаграмма зависимости дебита  $Q$  от диаметра  $d$  скважин, вскрывших напорный водоносный горизонт мощностью 1 м: 1 - гравелистые пески; 2 - крупнозернистые пески; 3 - среднезернистые пески; 4 - мелкозернистые пески

В практических расчетах для определения дебита скважин используют значения удельного дебита, который характеризует фильтрационные свойства водоносного горизонта (табл. 28).

Таблица 28

#### Ориентировочные значения удельных дебитов [18]

Горные породы	Коэффициент фильтрации, м/сут	Удельный дебит, л/с
Скальные, сильнотрещиноватые; гравийно-галечниковые отложения	60-70	$\geq 5-10$
Скальные, трещиноватые; мел, гравийно-галечниковые отложения с примесью мелких частиц, разнозернистые гравелистые пески	20-60	1-10
Слаботрещиноватые (песчаники, доломиты, мергели, сланцы); разнозернистые пески	5-20	0,1-1
Мелкозернистые пески	$\leq 5$	0,01-0,5

#### § 30. Определение радиуса влияния одиночной скважины

Радиус влияния скважины - это расстояние от скважины, из которой проводится откачка, до границ ее влияния. Зона влияния скважины определяется гидродинамическим полем данной скважины.

Влияние любой откачки через определенный промежуток времени распространяется до границ водоносного горизонта (уреза, водоема, соседних водонепроницаемых пород и т.д.). В практике при расположении скважины на значительном расстоянии от границ водоносного горизонта их влияние не учитывают.

Расстояние, за пределами которого влияние откачки практически отсутствует, принимается за радиус влияния откачки. Для хорошо изученных районов величину радиуса влияния рекомендуется определять опытным путем. Для мало изученных районов величину радиуса влияния ориентировочно можно рассчитывать по формулам или принимать по таблице их вероятных значений.

Зависимость величины радиуса влияния от удельного дебита скважин [2].

Радиус влияния R, м	500-300	300-100	100-50	50-25	25-10	10
Удельный дебит, м <sup>3</sup> /ч	7,2	7,2-3,6	3,6-1,8	1,8-1,2	1,2-0,7	0,7

Величина радиуса депрессии R при опытной откачке из одиночной скважины в безнапорных условиях с понижением уровня на несколько метров может колебаться примерно в следующих размерах (в метрах):

пески: мелкозернистые	25-200
среднезернистые	100-500
крупнозернистые	400-1000

Вероятные значения радиуса депрессии для рыхлых пород при откачках из вертикальных выработок продолжительностью в несколько суток, по Д.И. Щеголеву, приведены в табл. 29.

**Таблица 29**

**Вероятные значения радиуса депрессии (по Д.И. Щеголеву)**

Порода	Размеры преобладающих частиц, мм	R, м
<b>Песок:</b>		
тонкозернистый	0,05-0,1	25-50
мелкозернистый	0,1-0,25	50-100
среднезернистый	0,25-0,5	100-200
крупнозернистый	0,5-1,0	300-400
грубозернистый	1,0-2,0	400-500
<b>Гравий:</b>		
мелкий	2,0-3,0	500-600
средний	3,0-5,0	600-1500
крупный	5,0-10,0	1500-3000

По С.А. Колю, при откачках из скважин радиус влияния зависит от удельной депрессии и, следовательно, от удельного дебита и имеет следующие значения:

Удельный дебит, (л/с)/м	2,0	2,0-1,9	1,0-0,5
Радиус, м	>300-500	100-300	50-100
Удельный дебит, (л/с)/м	0,5-0,33	0,33-0,2	0,2
Радиус, м	25-50	10-25	<10

Формулы для определения радиуса влияния для безнапорных вод:

- Шульце  $R = 60\sqrt{(6HkT/\mu)}$ ;
- Вебера  $R = 74\sqrt{(6HkT/\mu)}$ ;
- Кусакина  $R = 47\sqrt{(6HkT/\mu)}$ ,

где R - радиус влияния, м; H - мощность безнапорного водоносного горизонта, м; k - коэффициент фильтрации, м/сут; T - время от начала откачки до момента получения стационарной воронки депрессии, ч;  $\mu$  - водоотдача в долях единицы ( по лабораторным определениям 0,2).

Примерное значение радиуса влияния в скальных и мелкозернистых водоносных породах, по М.Е. Альтовскому, приведено в табл. 30.



Примерное значение радиуса влияния ( по М.Е. Альтовскому)

Водоносные породы	Коэффициент фильтрации, м	Характер водоносного горизонта	Расстояние от наблюдательных скважин до центральной, м			Примерный радиус влияния, м
			1	2	3	
Скальные, сильнотрещиноватые	$\geq 60-70$	Напорный Грунтовый	15-20	30-40	60-80	$\geq 500$
Скальные, трещиноватые	60-20	Напорный	6-8	10-15	20-30	150-200
		Грунтовый	5-7	8-12	15-20	
Гравийно-галечниковые, чистые, без примеси мелких частиц,	$\geq 60-70$	Напорный	8-10	15-20	30-40	200-300
крупнозернистые и среднезернистые однородные пески		Грунтовый	4-6	10-15	20-15	
Гравийно-галечниковые со значительной примесью	60-20	Напорный	5-7	8-12	15-20	100-200
мелких частиц		Грунтовый	3-5	6-8	10-15	
Неоднородные разнородные и	20-5	Напорный	3-5	6-8	10-15	80-150
мелкозернистые пески		Грунтовый	2-3	4-6	8-12	

В практике проектирования разведочно-добывающих скважин для нахождения ориентировочного радиуса влияния в рыхлых грунтах с коэффициентом водоотдачи порядка 0,3 используют следующие эмпирические формулы:

- для безнапорных вод при значениях понижений не выше 40-50 м - формулу Кусакина  $R = 2S\sqrt{k}$ ;
- для напорных вод - формулу Зихарда  $R = 10S\sqrt{k}$ .

Коэффициент фильтрации можно определить по формуле  $k = 130q/m$ .

**Пример.** Удельный дебит скважины  $q = 0,1$  (л/с)/м, средняя мощность водоносного горизонта 20 м, понижение уровня воды в скважине 20 м,  $k = (130 \times 0,1)/20 = 0,65$  м/с.

Тогда  $R = 10 \times 20\sqrt{0,65} = 160$  м.

По предложению В.Н. Щелкачева, для практических расчетов понижений уровня на длительный период эксплуатации водозабора в условиях пласта "неограниченных размеров" величину радиуса питания скважины  $R$  можно заменить величиной приведенного радиуса влияния  $R$  по формуле:  $R = 1,5\sqrt{at}$ , где  $t$  - время от начала работы водозаборной скважины;  $a$  - коэффициент пьезопроводности при использовании артезианских вод и коэффициент уровнепроводности при использовании грунтовых вод [3].

### § 31. Опробование скважин откачками

Опробование скважины состоит из прокачки, пробной и опытной откачек. Когда одновременно вскрываются несколько изолированных водоносных горизонтов и необходимо оценить производительность скважины и качество воды каждого горизонта в отдельности, производят зональные откачки.

Прокачки скважин нужны для очистки ствола скважины от шлама и глинистого раствора. В процессе прокачки замеряют расходы и уровни воды и количество выносимого песка. Прокачку осуществляют в течение нескольких часов желонкой, эрлифтом или насосами.

Пробную откачку производят в условиях слабой гидрогеологической изученности участка строительства скважин, чтобы определить качество воды, ориентировочный дебит и соответствующее ему понижение уровня воды. Эта откачка осуществляется в течение одной-трех смен с одним максимально возможным понижением уровня. При достаточно хорошей гидрогеологической изученности вместо пробных откачек скважину опробуют опытной откачкой.

Опытная откачка - один из основных видов работ, по результатам которых оценивают возможности отбора из скважин необходимого количества воды и ее качество.

По результатам опытных откачек определяют:

1) производительность скважины или группы скважин и зависимость дебита от динамического уровня воды;

2) устойчивость дебита, или понижения уровня во времени, или зависимость их изменения от времени и режима эксплуатации;

3) исходные данные для определения коэффициента фильтрации, радиуса влияния и коэффициента пьезопроводности;

4) качество воды;

5) связь водоносного горизонта, намечаемого к эксплуатации, с поверхностными водами или другими смежными горизонтами;

6) влияние водоотбора из скважины на другие близко расположенные водозаборные сооружения и возможную степень взаимодействия между скважинами.

Опытная откачка должна производиться не менее чем при двух понижениях с дебитом, составляющим при большом понижении 75% проектной. При этом продолжительность откачки не менее 1-5 сут на каждое понижение.

При проведении откачки должны быть достигнуты стабильные дебиты при устойчивых величинах понижений.

Пробные и опытные откачки должны быть непрерывными. Дебит скважин и динамический уровень можно считать установившимися, если в течение последних 24 ч откачки не происходит систематического снижения уровня и изменения дебита.

В процессе откачки одновременно измеряется дебит и динамический уровень в скважине через каждые 1-3 ч, исходя из условия не менее 15-20 замеров на каждое понижение.

Если откачка производится в течение 1-2 мес, число замеров сокращается до 2-3 сут.

Откачиваемую из скважины воду следует отводить по временному водоотводу, так как она не должна попадать обратно.

### § 32. Выбор эксплуатационного насоса

В настоящее время для отбора воды из скважины выпускают различные насосы. Наибольшее распространение получили глубинные артезианские насосы с погружными электродвигателями ЭЦНВ (табл. 31), применяют также глубинные насосы с электродвигателем на поверхности земли АТН, погружные насосы типа ЭПН (табл. 32), АПВ, АПВМ, ПМНЛ и АПТ.

Таблица 31

Основные технические данные погружных насосов

Показатели	ЭЦНВ-6-7,2-75	ЭЦНВ-6-7,2-120	ЭЦНВ-6-10-140	ЭЦНВ-6-10-185	ЭЦНВ-10-120-60	ЭЦНВ-12-255-30	ЭЦНВ-14-200-300	ЭЦНВ-16-360-180
Подача, м <sup>3</sup> /ч	7,2	7,2	10	10	127	255	200	360
Высота напора, м	80	127	140	185	60	30	304	170
Число ступеней	10	16	16	21	3	1	6	3
Диаметр наружного агрегата, мм	142	142	142	142	234	278	327	358
Диаметр внутреннего напорного трубопровода, мм	50	50	50	50	121	154	194	219
Длина агрегата, мм	1440	1700	2100	2500	1370	2086	2493	2370
Масса агрегата, кг	77	92,8	116	134	324	286,6	1780	1697
Электродвигатель	МАПЗ-13	ПЭДВ-4,5-14	ПЭДВ-7-140	ПЭДВ-8-140	ПЭДВ-8-140	ПЭДВ-32-230	ПЭДВ-250-320	ПЭДВ-250-320
Мощность, кВт	2,5	4,5	8	8	32	32	250	250

Таблица 32

Техническая характеристика насосов ЭПН

Показатели	ЭПН-6-16-50	ЭПН-6-16-75	ЭПН-6-16-110	ЭПН-6-10-80	ЭПН-6-10-110
Подача, м <sup>3</sup> /ч	16	16	16	10	10

Показатели	ЭПН-6-16-50	ЭПН-6-16-75	ЭПН-6-16-110	ЭПН-6-10-80	ЭПН-6-10-110
Высота напора, м	50	75	110	80	110
Частота вращения, об/мин	2880	2880	2880	2880	2880
Электродвигатель	АПД-136/2				
Мощность, кВт	4,0	5,5	8,0	4,0	5,5
Ток номинальный, А	10	15,5	20	10	15,5
Напряжение сети, В	380	380	380	380	380
Диаметр скважины, мм	154	154	154	154	154
Масса электронасоса, кг	80	110	145	90	105
Наружный максимальный диаметр насоса, мм	142	142	142	142	142
Длина электронасоса, мм	1400	1650	1860	1500	1640

При пробных откачках в разведочно-добывающих скважинах часто используют устаревшие штанговые насосы и воздушные подъемники (эрлифты).

Электрические погружные центробежные насосы ЭЦНВ предназначены для откачки неагрессивной воды с температурой до 25°C и содержанием механических примесей до 0,01%, их подача достигает 360 м<sup>3</sup>/ч с высотой напора 300 м.

Шифр этих насосов следует читать следующим образом: например, ЭЦНВ-6-7,2-75: Э - электрический, Ц - центробежный, Н - насос, В - водоподъемный, 6 - диаметр скважины в мм, уменьшенный в 25 раз, 7,2 - подача в м<sup>3</sup>/ч, 75 - высота напора в м.

Штанговые поршневые насосы в сельскохозяйственном производстве еще эксплуатируются с приводами водоподъемных лебедок ВЛЗМ полностью модернизированной установки Бурвод-III-A. В связи с небольшими подачей ( $\leq 12$  м<sup>3</sup>/ч) и высотой напора (20-30 м), а также быстрым износом манжет поршня приходится отказываться от их широкого применения. Для проектируемых скважин с небольшой подачей эти насосы используют в случае необходимости пробной откачки.

Воздушные водоподъемники (эрлифты) дают возможность получать из скважин большие количества воды и поднимают ее на высоту 60-80 м (табл. 33).

**Таблица 33**

#### Техническая характеристика эрлифта

Подача, м <sup>3</sup> /ч	Наибольшая высота подъема, м	Мощность двигателя, кВт	Минимальный эксплуатационный диаметр скважины, мм
5-10	40-60	7-10	75
15-23	40-60	12-22	100
23-35	50-70	22-40	125
35-55	50-70	44-55	150
65-80	60-80	44-70	200
100-150	60-80	70-90	250
150-200	60-80	110-120	300-350

Эрлифты имеют следующие достоинства: не имеют рабочих частей в скважине, надежны в работе, могут быть применены для откачек воды с большим содержанием песка или шлама, высокую производительность при малых диаметрах скважин.

Недостаток эрлифтов - низкий коэффициент полезного действия и необходимость в создании высокого столба воды в скважине.

## РАЗДЕЛ II. БУРЕНИЕ СКВАЖИН НА ВОДУ

### ГЛАВА 8. СОСТАВ БУРОВЫХ РАБОТ. РЕКОМЕНДАЦИИ И СПОСОБЫ БУРЕНИЯ СКВАЖИН НА ВОДУ

#### § 33. Состав буровых работ

При бурении скважин на воду независимо от способа бурения к основным видам работ можно отнести:

- 1) подготовительные работы и обустройство буровых установок;
- 2) выбор типа долота;
- 3) подбор осевой нагрузки и частоты вращения бурового инструмента;
- 4) создание условий работы бурильной установки;
- 5) промывку скважины (при роторном бурении);
- 6) спуск обсадных колонн (крепление скважины);
- 7) цементирование затрубного пространства;
- 8) вскрытие водоносного горизонта;
- 9) обустройство фильтра;
- 10) опытные откачки;
- 11) освоение скважины.

В настоящее время в практике бурения скважин на воду наибольшее распространение получили следующие способы бурения: ударно-канатный; роторный (беспрерывное вращательное бурение) - с прямой промывкой глинистым раствором или водой, с обратной промывкой водой, с продувкой сжатым воздухом, шнековый; колонковый (периодическое вращательное бурение).

Рекомендации по выбору способа бурения приведены в табл. 34.

Таблица 34

#### Рекомендации по выбору способа бурения [14]

Способ бурения	Условия применения
Ударно-канатный	В рыхлых породах до 150 м, в скальных более 150 м
Вращательный (роторный) с прямой промывкой глинистым раствором	В хорошо изученных и надежно опробованных водоносных горизонтах, сложенных рыхлыми породами до 1000-1200 м
Вращательный (роторный) с прямой промывкой водой	В устойчивых скальных породах до 1000-1200 м
Вращательный (роторный) с обратной промывкой водой	В рыхлых породах, не содержащих валунов размером более 150 мм, до 300-400 м
Колонковый	В скальных породах до 150-200 м

Колонковое бурение (периодически вращательное) применяют редко ввиду малого диаметра скважин. Этот способ состоит из разрушения пород в забое скважины истиранием с помощью дробы и последующем выносе керна буровым инструментом.

Шнековое бурение - это бурение скважины с помощью вращательного бурового станка, снабженного вместо обычных буровых штанг шнеком, т.е. винтовыми штангами, служащими также в качестве транспортера для подъема на поверхность выбуриваемой на забое скважины горной породы. Шнековый способ используют для бурения разведочных скважин при неглубоком залегании подземных вод (до 50 м) и наличии рыхлых песчано-глинистых пород.

#### § 34. Ударно-канатное бурение

Этот способ - первый и основной способ бурения скважин на воду - состоит из периодического разрушения пород дроблением с помощью соответствующих долот и последующей очистки забоя желонками.

Отличительные особенности скважин, пробуренных этим способом, заключаются в сохранении высоких дебитов и больших сроков их службы (иногда 70-80 лет и более).

В настоящее время в нашей стране ударно-канатный способ вытесняется роторным. Однако за рубежом (в США, Великобритании, ФРГ) многие фирмы до сих пор отдают ему предпочтение.

Преимущества ударно-канатного способа:

а) возможность качественного вскрытия и опробования пласта;

б) отсутствие необходимости в снабжении установок водой и глиной;

в) возможность бурения в валунно-галечниковых отложениях, в породах, поглощающих промысловую жидкость, в многолетнемерзлых породах;

г) возможность в короткие сроки после бурения обеспечивать качественное освоение скважин, так как при этом способе проходимые водоносные горизонты остаются чистыми;

д) бурение скважин с большим (более 500 мм) начальным диаметром;

е) возможность раздельного опробования водоносных горизонтов в процессе бурения.

Технология ударно-канатного способа бурения зависит от геологических условий.

В песках и песках-пльвунах бурение, как правило, ведется с использованием желонки с плоским клапаном и одновременным креплением стенок скважин обсадными трубами.

В водоносных и чистых песках (сухих) следует применять желонку, утяжеленную короткой ударной штангой. Число ударов должно быть минимальным. В процессе бурения нельзя допускать, чтобы желонка опускалась ниже башмака обсадной трубы более чем на 0,5-0,75 м, так как песок может обвалиться и зажать желонку.

В песках-пльвунах скважина заполняется песком с водой, поднимающимся за желонкой. Надо следить, чтобы желонка не переполнялась и порода не перебрасывалась через нее вверх, так как попавшая в кольцевой зазор между обсадной трубой и желонкой порода может вызвать прихват. Поэтому пльвуны надо проходить быстро, без остановок, по возможности укороченными рейсами.

В галечниках и гравийных породах бурение ведут двутавровыми долотами с применением желонки с плоским клапаном и низким башмаком.

В глинистых породах (в плотных и сухих глинах) бурят двутавровыми долотами. Глину разрыхляют долотом на глубину 0,5-0,75 м, а затем используют желонку.

В сильнопесчаных глинах скважину можно проходить буровым стаканом (утяжеленной желонкой без клапана).

Пластичные вязкие глины можно успешно бурить специальным долотом, изготовленным из обычного двутаврового или плоского (зубильного) долота, на конец которого приварены дополнительные лопасти, в результате чего оно приобретает вид крестового. Для работы таким долотом в скважину доливают 3-5 л воды и бурят в течение нескольких минут. Образовавшийся в скважине тестообразный шлам извлекают на корпусе долота.

Глинистые породы с валунами, особенно при большом скоплении последних, бурить сложно, так как при этом очень часто наблюдается искривление скважин.

Для разрушения валунов, больших по размеру, чем диаметр обсадных труб, следует применять тяжелые округляющие долота.

Твердые и крепкие монолитные породы (плотные сухие глины, глинистые сланцы, известняки, песчаники, граниты, кварциты и прочие крепкие и абразивные породы) проходят периодическим дроблением с последующей очисткой скважины желонкой с плоским клапаном. При бурении необходимо, чтобы скважина не сужалась и имела округлую форму. Причина сужения - быстрый износ долота.

Трешиноватые и закарстованные породы бурят крестовыми и округляющими долотами с углом приострения 90°.

Трешиноватые породы склонны к обрушению и вывалам, поэтому бурение в них следует производить осторожно при всегда натянутом канате, не допуская раскачивания инструмента и одновременно обсаживая скважину.

Зону вечной мерзлоты, сложенную твердыми и крепкими устойчивыми породами (известняками, песчаниками, плотными глинистыми сланцами, гранитами и т.д.), бурят практически так же, как те же породы при обычных условиях. Бурение скважин в мерзлых, рыхлых породах (песчаных глинах, песках, мягких глинистых сланцах, разрушенных песчаниках и известняках) значительно отличается от бурения в породах с положительной температурой. Сложность бурения обуславливает высокая чувствительность мерзлоты к нарушению ее теплового режима.

Конструкция скважины при ударно-канатном способе бурения и ее элементы:

а) глубина; б) диаметр; в) длина и число колонн обсадных труб; г) специальные устройства (сплошные затрубные цементные кольца, манжетные цементные кольца, зажимы, сальники и пр.); д) водоприемная часть (надфильтровая колонна, рабочая часть фильтра, отстойник, пробка, цементный стакан).

Рациональную конструкцию скважины при ударно-канатном бурении можно создать только при выполнении следующих условий:

1) средняя величина выхода каждой колонны обсадных труб должна быть не более 25-30 м;

2) башмак каждой колонны труб должен внедряться в водоупорную породу на 1-2 м ниже водоупорной кровли (за исключением последней эксплуатационной колонны, которая должна входить в водоносную породу);

- 3) диаметр долота следует менять через один;
- 4) колонны обсадных труб должны быть забиты в глины возможно более плотно;
- 5) обсадная колонна, опущенная "впотай" в предыдущую колонну, должна заходить в нее не менее чем на 3 м при глубине скважины до 50 м и не менее чем на 5 м при большей глубине [2].

Обсадные трубы предназначаются для закрепления стенок скважины в неустойчивых породах и изоляции неиспользуемых водоносных горизонтов, а также перекрытия отдельных участков скважины для их опробования.

При бурении скважин на воду ударно-канатным и роторным способом обычно применяют стальные бесшовные трубы с короткой, нормальной или удлиненной резьбой и муфты к ним.

Для того чтобы колонна труб следующего диаметра свободно проходила в колонну труб предыдущего диаметра при ударно-канатном бурении, следует применять обсадные трубы с толщиной стенок, указанной в табл. 35.

**Таблица 35**

Условный диаметр труб предыдущей колонны, мм		Толщина стенки труб, мм	Наружный диаметр последующей колонны, мм	
наружный	внутренний		муфта	труба
426	406	10	351	324
377	357	10	299	273
325	307	9	299	273
273	255	9	245	219
219	205-203	7-8	188	168

При бурении в рыхлых неустойчивых породах, а также при проходке песков-пльвунов, когда обсадные трубы опережают буровой снаряд, целесообразно использовать обсадные трубы с безмуфтовым соединением, т.е. с соединением "труба в трубу", при котором на одном конце трубы нарезается внутренняя резьба, а на другом - наружная.

Обсаживать скважину трубами такой конструкции, а также извлекать их при ликвидации скважины значительно легче, чем при применении труб, соединенных муфтами.

Для безмуфтового соединения можно использовать стальные бесшовные горячекатаные трубы по ГОСТ 8732-78.

Для обсаживания скважин на воду глубиной до 100 м применяют асбоцементные трубы диаметром 135-324 мм с муфтовым резьбовым и безрезьбовым соединениями.

### **Буровой инструмент**

1. Рабочий инструмент для разрушения породы (долото) и извлечения ее на поверхность (желонка), а также инструмент, который вместе с рабочим наконечником собирается в так называемый буровой снаряд (ударная штанга, ножницы, канат, канатный замок).

2. Инструмент для сборки снаряда - инструментальные ключи, затяжные трещотки.

3. Инструмент для работы с трубами - хомуты для труб, забивные головки, башмаки, забивной снаряд.

4. Ловильный инструмент.

Канаты (тросы) изготавливают из стальных проволок, свитых в пряди. Наиболее широко применяются шестипрядные канаты с сердечником из пеньки, пропитанной битуминозными веществами. Свивка канатов имеет несколько видов: правая крестовая, левая крестовая, правая односторонняя, левая односторонняя и комбинированная односторонняя.

При выборе каната следует исходить из его разрывного усилия, указанного в заводском паспорте, и коэффициента безопасности, принимаемого в среднем 3,5.

Ударно-канатное бурение осуществляется установками УКС-22М2, УКС-30М2 и установками комбинированного бурения, в которых сочетается роторное бурение с обратной промывкой и ударно-канатное установками УКС-22М-ОП и УКС-30М-ОП.

В США широко применяются комбинированные буровые установки, позволяющие сочетать ударно-канатное и вращательное бурение, в том числе и бурение с обратной промывкой.

Водоносный горизонт пльвунного типа, залегающий на глубине до 100 м, вскрывают:

1) с опережением забоя вспомогательной колонной обсадных труб и последующим "оголением" фильтра - при глубине скважины менее 100 м;

2) под защитой тиксотропной рубашки - при глубине скважины более 100 м;

- 3) фильтровой колонной с конусным башмаком - при глубине менее 100 м;
- 4) открытым забоем без крепления рубашки - при глубине скважины менее 150 м [18].

Недостатки ударно-канатного способа бурения заключаются в большом расходе обсадных труб, более низких (по сравнению с вращательным) скоростях бурения и ограниченной глубине скважин (до 150-200 м).

### § 35. Роторное бурение

Роторное бурение (бесперывное вращательное бурение) состоит в разрушении (крошением, резанием) пород в забое скважины соответствующими долотами и выносе их глинистым раствором, водой или сжатым воздухом при одновременном охлаждении бурового инструмента.

Роторное бурение следует использовать при выполнении следующих условий:

- 1) хорошо изученный геолого-гидрогеологический разрез участка бурения;
- 2) заранее разведанные и опробованные водоносные горизонты, для которых имеется подробная характеристика качества и количества воды;
- 3) горизонты воды характеризуются большими напорами;
- 4) возможность проведения каротажа скважины;
- 5) возможность бесперебойной доставки воды и глины к месту бурения.

В настоящее время в нашей стране широкое применение получили следующие виды роторного бурения: с прямой промывкой глинистым раствором и водой (комбинированный), с обратной промывкой водой, с продувкой сжатым воздухом, шнековый.

Роторное бурение с прямой промывкой глинистым раствором

Этот способ имеет некоторые преимущества и может быть рекомендован для бурения различных пород и заканчивания скважины, исключая кольтматацию пласта, а также при применении испытателей пластов, опережающего способа опробования на стадии поисково-разведочных работ.

Роторный способ бурения может быть осуществлен следующими буровыми установками: СБДУМ-150-ЗИВ, УРБ-2, УРБ-2,5А; УРБ-3АМ, 1БА-15В, УБВ-600; БУ80БРД, УРБ-3А3, УРБ-3А2.

Преимущества:

- 1) высокие механические и коммерческие скорости бурения;
- 2) возможность бурения пород различной твердости на различной глубине;
- 3) небольшая металлоемкость конструкции.

Недостатки:

- 1) при использовании глинистого раствора возникает трудность качественного опробования водоносных пластов и их освоения, что приводит к снижению дебита скважины, требует проведения длительных и сложных работ по ее разглинизации;
- 2) необходимость снабжения установок водой и качественной глиной;
- 3) трудности бурения в породах, содержащих валунно-галечниковые включения, поглощающие промывочную жидкость;
- 4) трудности организации работ в зимнее время при отрицательных температурах.

Роторное бурение с обратной промывкой водой

При этом способе бурения скважину промывают водой, которая поступает на забой между стенками скважины и бурильных труб. Разрушенная порода и вода (шлам) поднимаются с забоя по трубам бурильной колонны и через резиновый рукав поступают в отстойник, где вода очищается от шлама и снова, самооттеком, направляется в затрубное пространство скважины. Вода, омывая, охлаждает долото, а затем, смешиваясь с разрушенной породой, всасывается при помощи эрлифта или центробежного насоса в отстойник. При этом уровень воды в скважине должен быть постоянно на 3-4 метра выше статического уровня водоносного горизонта.

Если от устья скважины до глубины статического уровня залегают неустойчивые породы (пески, супеси), то этот интервал закрепляют трубами.

Преимущества:

- 1) высокие механические скорости бурения в мягких и рыхлых породах, превышающие аналогичные показатели при бурении с прямой промывкой в 1,5-2 раза;
- 2) высокое качество вскрытия пласта, обеспечивающее высокие дебиты;
- 3) возможность бурения скважины больших диаметров (до 1200-1500 мм).

Недостатки:

- 1) возможность бурения только в мягких и рыхлых породах I-IV категорий по буримости;
- 2) возможность бурения, если уровень подземных вод находится на глубине 3 м и более.

Роторный способ с обратной промывкой водой осуществляется буровыми установками: 1БА115К, FA12, FA20, FA10, PA15.

Этот способ может быть рекомендован для бурения мягких и рыхлых пород, залегающих на глубине до 200-300 м, при необходимости создания мощного контура гравийной обсыпки и сооружения высокодебитной скважины.

### Инструмент для вращательного (роторного и колонкового) бурения

Породоразрушающий инструмент для вращательного бурения подразделяют на три основные группы:

- 1) долота для роторного (беспрерывного) бурения;
- 2) долота и коронки для колонкового бурения;
- 3) долота-расширители.

Долота для роторного бурения: лопастные, фрезерные, шарошечные, алмазные.

Лопастные долота: режущие двух- и трехлопастные (табл. 36), истирающе-режущие и ступенчатые (ИР, ИРГ); ступенчато-лопастные (ДСГЗЛИР, ДСГЗЛР); пикообразные, шнековые забурники.

Таблица 36

#### Параметры двухлопастных и трехлопастных долот [18]

Долото	Диаметр, мм	Масса, кг	Долото	Диаметр, мм	Масса, кг
2Л-76	76	≤2	3Л-118	118	≤7,0
2Л-93	93	≤2,5	3Л-132	132	≤8,5
2Л-112	112	≤3,0	3Л-140	140	≤9,5
2Л-132	132	≤5,5	3Л-161	161	11,0
2Л-161	161	≤7,5	3ЛГ-190	190	20,0

Шарошечные долота: одношарошечные, двухшарошечные, трехшарошечные (табл. 37).

Таблица 37

#### Параметры одно-, двух- и трехшарошечных долот

Долото	Тип	Диаметр, мм	Масса, кг
Одношарошечные			
7В-140-С	С	140	9,2
75К-214-С-1	С	214	47,0
Двухшарошечные			
В151МГ	М	151	8,7
Трехшарошечные			
В-97С	С	97	3,7
В-97Т	Т	97	3,7
В-112С	С	112	5,0
В-112Т	Т	112	5,7
2В-118С	С	118	5,7
Ш-112ОК	ОК	112	6,5

Шарошечные долота изготавливают нескольких типов, каждый из которых предназначен для бурения определенных пород:

М - легких и вязких пород: мягких глин, мела, песка, соли;

МС - мягких пород с пропластками пород средней твердости;

С - пород средней твердости: плотных глин, песчаников, известняков средней крепости, глинистых сланцев;

СТ - пород средней твердости с пропластками твердых и абразивных песчаников;



Т - твердых и крепких пород: доломитов, плотных известняков, крепких сланцев, абразивных песчаников;

К - крепких и очень крепких пород с абразивными свойствами: кремнистых известняков, кристаллических сланцев, кремнистых песчаников.

В индекс шарошечных долот, кроме буквы, обозначающей тип долота (М, МС и т.д.), входит также буква, указывающая завод-изготовитель, например: Б - Бакинский машиностроительный, В - Верхне-Сергинский машиностроительный, К - Куйбышевский долотный, С - Сарапульский машиностроительный, ОМ или М - Пермский машиностроительный, У - Дрогобычский машиностроительный завод, Л - Ленинградская ремонтно-механическая база.

Алмазные долота: с армировкой торца объемными алмазами (однослойные); с армированием матрицы мелкими алмазами.

Долота и коронки для колонкового бурения: шарошечные колонкового типа, твердосплавные, алмазные, дробовые.

Для бурения скважины с отбором керна применяют колонковые долота (табл. 38) со съемной и несъемной колонковыми трубами.

**Таблица 38**

**Техническая характеристика колонковых долот**

Долото	Диаметр бурильной головки, мм	Длина долота без бурильной головки, мм
1ВК-ДК 118СТ	118	5200
3В-ДК 145СТ	145	5200
1В-ДК 190СТ	190	6300
1В-ДК 214СТ	214	6300
1В-ДК 243СТ	243	6400
1В-ДК 295СТ	295	6400
1В-ДК 346СТ	346	6400

При бурении скважин роторным способом в крепких и очень крепких абразивных породах используют шарошечные долота, оснащенные твердосплавными зубками со сферической или породоразрушающей поверхностью (2В-93К, В-970К, 3В-132К, 2К-14ТК).

Для расширения ствола скважины или его участка в интервале водоносного горизонта применяют долота-расширители (табл. 39).

**Таблица 39**

**Параметры долот-расширителей [18]**

Долото-расширитель	Тип направляющий	Диаметр расширителя, мм	Длина корпуса расширителя, мм
РТС-295	ДЗПС-8	295	595
РТС-346	ДЗПС-10	346	595
РТС-394	ДЗПС-10	394	595
РТС-445	ДЗПС-10	445	595

Инструмент для спуска и подъема бурильных и обсадных труб:

1) элеватор (табл. 40) - для захвата и удержания бурильных и обсадных труб;

**Таблица 40**

**Параметры элеваторов облегченных сварных**

Элеватор	Максимальная грузоподъемность, т	Масса, кг
ЭБ-73	20	24

Элеватор	Максимальная грузоподъемность, т	Масса, кг
ЭБ-89	20	25
ЭБ-114	25	38
ЭО-168	22	42,7
ЭО-219	25	44,3
ЭО-273	28	57,0
ЭО-325	30	67,0

- 2) штропы - для соединения элеватора с талевым блоком;
- 3) ключи ручные типа РИК, двухшарнирные типа БУ-73-89, геологоразведочные, подвесные универсальные машинные типа УМК-1, машинные типа ОМН и цепные типа КЦМ;
- 4) переходники типа П, муфтовые М, ниппельные Н;
- 5) насосы типа "Гном" (табл. 41) для откачки пульпы (шлам с водой).

**Таблица 41**

### Техническая характеристика насосов типа "Гном"

Насос	Максимальная подача, м <sup>3</sup> /ч	Максимальный напор, м	Мощность электродвигателя, кВт	Габаритные размеры, мм		Масса, кг
				высота	диаметр	
"Гном" 10-10	10	10	1,1	450	210	22
"Гном" 25-20	25	20	4	600	260	58
"Гном" 40-18	40	18	5,5	760	258	86

### Конструкция скважины при роторном бурении

При роторном бурении скважины обычно имеют следующую конструкцию: шахтное направление, кондуктор, промежуточная колонна, эксплуатационная колонна и фильтровая колонна.

Шахтное направление служит для закрепления устья скважины от размыва глинистым раствором и направления циркулирующего раствора. Направление состоит из трубы длиной 2-6 м. В зависимости от устойчивости верхнего слоя пород направляющая труба спускается в заранее вырытый шурф, после проверки вертикальности ее забутовывают или цементируют.

Кондуктор предназначен для перекрытия горизонта, не подлежащего эксплуатации, или неустойчивых верхних пород, а также для обеспечения вертикальности скважины. Длина кондуктора не должна быть больше 50 м. Затрубное пространство обязательно цементируют от башмака до устья скважины.

Промежуточная колонна устанавливается редко, только при необходимости перекрытия не закрепленного направлением или кондуктором водоносных горизонтов, склонных к обвалам и поглощению промывочной жидкости.

Эксплуатационные колонны являются основными для скважин на воду.

В проекте скважины на воду должна быть составлена спецификация материалов, в которую входят:

- 1) обсадные трубы с указанием диаметра, длины, общей массы;
- 2) башмаки к трубам;
- 3) цемент с указанием марки и количества в килограммах;
- 4) количество глины в кубометрах;
- 5) реагенты;
- 6) количество гравия, его размер;
- 7) фильтровая сетка (номер и число);
- 8) проволока фильтровальная;
- 9) каркас для фильтров.

В спецификации оборудования для бурения скважины указывают также: тип буровой установки, тип насоса и его подачу (в м<sup>3</sup>/ч и л/с), тип и вместимость глиномешалки, тип и производительность компрессора, размеры бурильных и эрлифтных труб (диаметр в мм), оборудование для очистки глинистого раствора.

### § 36. Способы цементирования затрубного пространства

Цементирование скважины необходимо для предотвращения сообщения подземных вод различных водоносных горизонтов через затрубное пространство или ствол скважины. Скважину цементируют путем нагнетания (под большим напором) в затрубное пространство специальных быстросхватывающих цементов.

Цементирование бывает: одно- и двухступенчатое, манжетное, обратное, вторичное, через заливочные трубы.

При бурении скважин на воду применяют способ одноступенчатого цементирования. Для этого на обсадную колонну навинчивают цементировочную головку, устанавливают в ней два-три штуцера и закачивают цемент. Цементирование рекомендуется проводить при двух разделительных пробках.

В настоящее время скважины цементируют портландцементом с помощью цементно-смесительных машин, состоящих из авто тягача и полуприцепа, и цементировочных агрегатов типов 1АС-20, 2АС-20 и 3АС-30.

Для закачивания и продавливания цементного раствора используют специальные цементировочные агрегаты типов ЦА1,4-150, ЦА-800М, ЦА-320М, 3ЦА-400 и 3ЦА-400А (емкость мерного бака 3-3,2 м<sup>3</sup>) на базе автомобилей ЯАЗ-200, МАЗ-200 и КРАЗ-219.

### § 37. Краткие сведения о промывочных жидкостях

При бурении скважин роторным способом в качестве промывочных жидкостей применяют техническую воду, глинистые, безглинистые, солевые и азированные растворы, а также естественные растворы, образующиеся в процессе бурения. При вращательном бурении в слабоустойчивых породах используют глинистые растворы.

В практике бурения скважин на воду существует три основных типа промывки: прямая, обратная и комбинированная.

Глинистые растворы готовят из глин: монтмориллонитовых или бентонитовых (продукты разрушения вулканических пеплов), каолинито-гидрослюдистых, каолинитовых, используемых с химическими реагентами.

В качестве химических реагентов для восстановления (улучшения) свойств глинистых растворов применяют кальцинированную соду, или углекислый натрий (порошок белого цвета), каустическую соду, или едкий натр (плотное твердое вещество), углещелочной реагент, состоящий из измельченного сухого бурого угля, каустической соды и воды, торфо-щелочной реагент (торф, сода и вода).

Глинистый раствор готовят с помощью глиномешалок типов ОГХ-7А, ГМЭ-0,75, МГ-224, Г2-П-2 (производительность 1,5-6 м<sup>3</sup>/ч).

Техническая характеристика глиномешалки ОГХ-7А

Емкость, м <sup>3</sup>	0,75
Частота вращения рабочего колеса, об/мин	95
Мощность привода, кВт	4,3
Масса, т	0,385

Техническая характеристика мешалки ГМЭ-0,75

Емкость, м <sup>3</sup>	0,75
Производительность, м <sup>3</sup> /ч	1,5-2
Мощность электропривода, кВт	2,8
Масса, т	0,85

Расчет количества промывочной жидкости

Промывочная жидкость предназначена в основном для выноса разбуренной породы и очистки забоя скважины при бурении.

Необходимую подачу насоса, обеспечивающую принятую скорость восходящего потока, подсчитывают по формуле:

$$Q = 0,785(D^2 - d_n^2) \times v,$$

где Q - подача насоса, л/с; D - диаметр скважины, дм; d<sub>н</sub> - наружный диаметр бурильных труб, дм; v - скорость восходящего потока, дм/с.

### § 38. Разглинизация скважин

В настоящее время существует несколько способов разглинизации скважин:

- 1) поинтервальная промывка фильтра;

- 2) через промывочные окна;
- 3) с помощью гидроерша;
- 4) нагнетание воды в пласт;
- 5) гидроимпульс (глубина скважины 120-800 м) и пневмоимпульс (глубина скважины до 150 м).

Разглинизацию скважины с помощью гидроерша производят в следующем порядке. Устройство на тресе с нагнетательным шлангом или на бурильных трубах опускают в скважину. С поршнем и гидронасадками устройство работает как гидроерш, промывая рабочую поверхность фильтра и заглинизированные стенки скважины в изолированном участке между двумя поршнями. Давление струи жидкости, выходящей из гидронасадок, от 0,3 до 3-4 МПа. Фильтр промывают сверху вниз. Гидравлический ерш применяют при спуске фильтровой колонны. В этом случае его устанавливают перед башмаком фильтровой колонны, которую опускают с одновременной промывкой водой.

Гидроерш состоит из поршней с грузом (для создания гидравлического удара в рабочей части фильтра), приемного клапана (для тартания воды из скважины со взвешенными частицами и глинистым раствором), механического ерша (для очистки внутренних стенок рабочей части фильтра) и гидроерша, гидравлические насадки которого (форсунки) позволяют нагнетать воду под большим давлением в участок фильтра, изолированный между двумя поршнями.

### § 39. Буровые установки

В настоящее время для сооружения скважин на воду используют самоходные (на автошасси) и передвижные буровые установки: при вращательном способе бурения - типа УТБ-50М, ЛБУ-50; при вращательном способе с прямой промывкой - типа УРБ-2, УРБ-2,5А, УРБ-3АМ, 1БА15В, УБВ-600; при вращательном способе с обратной промывкой - типа FA-12, 1БА15К.

Установки шнекового типа предназначены для бурения гидрогеологических скважин шнековым, ударным и колонковым способами в породах до IV категории по буримости и для производства пробных откачек. Рекомендуемая глубина бурения 15-100 м, рекомендуемые диаметры: начальный 198/198 мм, конечный 151/92 мм. Частота вращения вращателя 14-200 об/мин.

Установки для вращательного способа бурения с прямой промывкой (табл. 42) рекомендуется применять для бурения скважин на воду при глубине 200-800 м, а с обратной промывкой (табл. 43) - при глубине бурения 150-500 м.

**Таблица 42**

#### Буровые установки для вращательного способа бурения с прямой промывкой

Параметры	СБУДМ-150-ЗИВ	УРБ-2,5А	УРБ-2А2	УРБ-3АМ	УБВ-600
Грузоподъемность, т:					
номинальная	1,5	2,5	2,5	5	32
максимальная	2	4	4	8	50
Рекомендуемая глубина бурения, м	150	200	200/30	500	600
Рекомендуемый диаметр скважины, мм:					
начальный	151	190	190/135	243	490
конечный	132-151	93	76	93	214
Масса, т	9,845	10,845	10,08	13,7	24,1

**Таблица 43**

#### Буровые установки для вращательного способа бурения с обратной промывкой

Параметры	1БА15К	FA12	FA20	FA10	PA15
Грузоподъемность, т					
номинальная	12,5	12,5	12,5	6,3	-
максимальная	20	20	20	10	15/30
Рекомендуемая глубина бурения, м	250/500	250/250	350/250	150/150	500
Рекомендуемый диаметр скважины, м:	1270/394	1270/600	1270/600	1016/600	-
Масса основного блока, т	14,7	15,82	16	10,575	14,37

## ГЛАВА 9. ВСКРЫТИЕ ВОДОНОСНОГО ПЛАСТА. БЕСФИЛЬТРОВЫЕ СКВАЖИНЫ. ТИПЫ ФИЛЬТРОВ. ЗАКАНЧИВАНИЕ И ОСВОЕНИЕ СКВАЖИН

### § 40. Вскрытие водоносного пласта

Под вскрытием водоносного пласта понимают разбуривание водоносного горизонта до проектной глубины. Основной задачей вскрытия является сохранение естественной проницаемости водоносного пласта и ее увеличение [10, 18].

Вскрытие пласта при вращательном способе бурения с промывкой глинистым раствором

Глинистый раствор, играя положительную роль при бурении скважин, уменьшает проницаемость водоносного пласта на самом важном его участке - около скважины.

Промывку скважин глинистым раствором рекомендуется применять только высоконапорных пластов, представленных средне- и крупнозернистыми, а также гравелистыми песками. В слаботрешиноватых породах этот способ часто приводит к закупорке трещин пласта шламом с глинистой коркой.

Перед вскрытием пласта необходимо проверить оборудование, измерить длину воздушных и водо-подъемных труб, проверить исправность муфт и резьбовых соединений. Трубы надо разместить рядом с буровой в порядке спуска их в скважину и полностью подготовить к спуску фильтр и надфильтровую трубу.

Если предполагается устройство гравийного фильтра, то на буровую завозят необходимое количество гравия.

Во вскрытии пласта должна участвовать вся бригада. Вскрывать водоносный пласт можно только после выполнения всего комплекса подготовительных мероприятий. Интервал между вскрытием пласта и освоением скважины не должен превышать 1 сут.

Если на буровой нет полного комплекта необходимого оборудования, то вскрывать пласт нельзя.

При вскрытии водоносных пластов, представленных неустойчивыми породами, глинистый раствор должен иметь определенную плотность, быть высококоллоидальным, тонкодисперсным и тиксотропным. Этим условиям больше всего отвечают бетонитовые глины, которые в настоящее время выпускаются в виде порошка.

При вскрытии пласта необходимо максимально сокращать время контакта глинистого раствора с фильтром и водоносной породой.

Слабощементированные или рыхлые водоносные горизонты должны вскрываться следующим образом. После замены в скважине старого глинистого раствора на новый пласт разбуривают при средней скорости вращения инструмента и максимальной подаче бурового насоса. После вскрытия пласта до требуемой отметки проводят каротаж скважины, чтобы уточнить интервал установки фильтра. Затем опускают фильтр, монтируют оборудование для откачки и приступают к разглинизации скважины.

Вскрытие пласта при вращательном способе бурения с промывкой водой

Вскрытие пласта, представленного устойчивыми (скальными) породами - известняками, доломитами, крепко- и среднещементированными песчаниками, - производят обычно роторным способом с промывкой чистой водой. При этом глинизация пласта отсутствует.

Вскрытие водоносного пласта, представленного неустойчивой породой, осуществляют роторным способом бурения с комбинированной промывкой (глинистый раствор и чистая вода).

Ствол скважины до кровли водоносного горизонта бурят обычным способом с промывкой глинистым раствором. После спуска обсадной колонны и цементирования затрубного пространства глинистый раствор заменяют водой и вскрывают водоносный пласт. Скважину промывают до тех пор, пока вода не станет чистой.

Разработаны также следующие способы вскрытия пластов:

- 1) роторное бурение с одновременной посадкой фильтра гидроподливом;
- 2) с обратной промывкой забоя водой;
- 3) с помощью механического расширителя и двухъярусного шарошечного долота;
- 4) с установкой фильтра при помощи эрлифта.

### § 41. Бесфильтровые скважины

Для сооружения бесфильтровых скважин используют гидравлический способ разрушения и удаления горных пород, возможный только при наличии устойчивой кровли.

Сначала скважину бурят до водоносного горизонта, затем ее обсаживают и цементируют затрубное пространство. Водоносный горизонт разбуривают с целью его разрыхления, после чего приподнимают бурильные трубы в эксплуатационной колонне, глинистый раствор заменяют водой, скважину промывают и опускают в нее воздухоподающие трубы эрлифта. Через буровой снаряд насосом закачивают воду. По вто-

рой колонне подают воздух. Ствол в водоносном горизонте обрушивается, образуя воронку с углом естественного откоса для водонасыщенных песков 20-30°.

Технология формирования водоприемной поверхности заключается в откачивании водопесчаной пульпы эрлифтом.

Бесфильтровые скважины являются совершенными по способу вскрытия. Оборудование, применяемое для сооружения бесфильтровых скважин, то же, что и используемое при роторном бурении [10].

## § 42. Типы фильтров

Все фильтры для оборудования скважин на воду, по Д.Н. Башкатову, делят на пять типов:

- 1) трубчатые и каркасно-стержневые с дырчатой и щелевой перфорацией;
  - 2) трубчатые и каркасно-стержневые с покрытием из проволоки, сетки, штампованного листа и ткани;
  - 3) гравийно-обсыпные;
  - 4) блочные;
  - 5) гравитационные, основанные на использовании силы тяжести.
- Условия применения фильтров различных типов приведены в табл. 44.

Таблица 44

Рекомендуемые типы фильтров [18]

Водосодержащие породы	Рекомендуемые типы фильтров
Скальные и полускальные устойчивые	-
Скальные и полускальные неустойчивые, гравийно-галечниковые отложения с частицами крупностью 20-100 мм (более 50%)	Трубчатые фильтры с круглой и щелевой перфорацией, каркасно-стержневые фильтры
Гравий, гравелистый песок с частицами крупностью 1-10 мм, но с преобладающей крупностью 2-5 мм (более 50%)	Трубчатые и стержневые каркасы с водоприемной поверхностью из проволоки или без нее. Трубчатые и стержневые каркасы с водоприемной поверхностью из проволоки или штампованного листа
Среднезернистые пески с частицами преобладающей крупностью 0,25-0,50 мм (более 50%)	Гравийно-обсыпные фильтры с уширенным контуром. Возможно применение двухслойных фильтров
Мелкозернистые пески с частицами преобладающей крупностью 0,1-0,25 мм (более 50%)	Гравийно-обсыпные фильтры с уширенным контуром. Возможно применение двухслойных обсыпок и блочных фильтров
Пески различной зернистости при наличии устойчивой кровли	Бесфильтровые скважины

### Трубчатые и каркасно-стержневые фильтры

Трубчатые металлические фильтры. В качестве труб используют обсадные трубы. Отверстия круглые или щелевые. Размер отверстий определяется преобладающим размером фракций пород. Скважность для дырчатых каркасов 10-30%, для щелевых каркасов 6-40%.

Эти фильтры устанавливают в скальных и полускальных породах, а также в крупнозернистых песках с выключением гравия и гальки. Их можно использовать в качестве каркасов для гравийно-засыпных фильтров, а также фильтров с покрытием из сеток, проволоки, просечного листа.

Трубчатые металлические антикоррозийные фильтры, изготавливаемые из антикоррозийных металлических труб, аналогичны описанным выше, но применяются для условий каптажа агрессивных подземных вод.

Трубчатые асбестоцементные фильтры изготавливают из асбестоцементных труб (скважность до 15%, перфорация круглая и щелевая) и устанавливают там же, что и трубчатые металлические, но до глубины 200 м.

Трубчатые фильтры из полимерных материалов изготавливают из полиэтиленовых, винилпластовых, полипропиленовых и других труб (скважность до 30%, перфорация круглая и щелевая) и применяют в агрессивных подземных водах до глубины 200-300 м при тех же условиях, что и трубчатые металлические.

Трубчатые фильтры из стеклопластика изготавливают из стеклопластиковых труб (скважность до 40%, перфорация круглая и щелевая) и используют там же, где и фильтры трубчатые из полимерных материалов.

Трубчатые фильтры из керамики и фарфора изготавливают из керамических и фарфоровых труб (перфорация круглая, щелевая, прямоугольная) и применяют там же, где фильтры трубчатые металлические, но до глубины 50-60 м.

Каркасно-стержневые фильтры изготавливают из стальных прутьев (диаметр прута 6-16 мм), которые приваривают к поясам жесткости. Длина звена 2-5 м, скважность до 60%. Эти фильтры устанавливают на любую глубину в скальных и полускальных породах при разнообразных гидрогеологических условиях.

Каркасно-стержневые антикоррозийные фильтры изготавливают из стальных прутьев и используют при каптаже агрессивных подземных вод в скальных и полускальных породах при различных гидрогеологических условиях.

### **Трубчатые и каркасно-стержневые фильтры с покрытием из проволоки, сетки, штампованного листа и тканей**

Фильтры с водоприемной поверхностью из проволоки с каркасом из труб или стержней, имеющих пояса жесткости, устанавливают в рыхлых водовмещающих породах при отсутствии агрессивного воздействия подземной воды. Скважность до 40%, расстояние между витками 0,5-6 мм.

Фильтры с водоприемной поверхностью из профилированной проволоки с каркасом из стержней, изготовленных из антикоррозийного материала, устанавливают при любых гидрогеологических условиях.

Фильтры с водоприемной поверхностью из сетки с каркасом из труб или стержней, имеющих пояса жесткости, устанавливают в рыхлых водовмещающих породах при отсутствии агрессивного воздействия подземной воды. Сетки изготавливают из меди, латуни и нержавеющей стали.

Фильтры с водоприемной поверхностью из просечного штампованного листа с каркасом из труб или стержней, имеющих пояса жесткости, устанавливают в рыхлых водовмещающих породах с неагрессивными подземными водами. Скважность до 20-25%.

Фильтры с водоприемной поверхностью из просечного штампованного листа с каркасом из труб или стержней, имеющих пояса жесткости и изготовленных с антикоррозийным покрытием, применяют при любых гидрогеологических условиях.

Фильтры с водоприемной поверхностью из просечного штампованного антикоррозионного листа используют для труб из антикоррозионного металла в агрессивных подземных водах.

Фильтры с водоприемной поверхностью из тканей и сетки, сделанных из полимерных материалов, с каркасом из металлических труб и стержней, имеющих пояса жесткости. Каркас может быть из полимерных материалов, асбоцемента и др.

### **Блочные фильтры**

Пористо-керамические фильтры с трубчатыми или стержневыми каркасами и блоками из пористой керамики устанавливают в разнородных песках.

Эти фильтры сложны в применении, плохо работают в глинистых песках и водах, содержащих железо.

Пористо-бетонные фильтры с трубчатыми или стержневыми каркасами применяют в разнородных песках. В глинистых песках и водах, агрессивных к бетону, работают плохо.

Фильтры с водоприемной поверхностью из поролон и каркасом из металлических труб или полимерных материалов или стержней применяют в рыхлых водовмещающих породах при отсутствии агрессивного воздействия подземной воды.

### **Гравийно-обсыпные фильтры**

Гравийно-обсыпные фильтры широко используют при оборудовании высокодебитных скважин с длительным сроком эксплуатации в рыхлых породах при больших водоотборах. Наиболее надежны фильтры с толщиной обсыпки 150-200 мм и более. Каркасы изготавливают из обсадных труб с щелевой или круглой перфорацией.

Кожуховые гравийные фильтры применяют в рыхлых породах при сооружении глубоких скважин. Каркас трубчатый или стержневой.

Корзинчатые гравийные фильтры используют в рыхлых породах при небольших водоотборах. Корзинки крепят к трубчатому или стержневому каркасу.

## Гравитационные фильтры

Гравитационные фильтры (зонтичные и колокольные) отличаются от гравийных тем, что размеры их проходных отверстий значительно больше размеров зерен пород или обсыпки.

Работа этих фильтров основана на использовании сил тяжести пород, находящихся перед проходными отверстиями. Несмотря на то что порода не опирается на опорный каркас, выноса пород в фильтры не происходит, так как давление фильтрационного потока уравнивается силами тяжести водоносных пород. Порода в проходных отверстиях располагается под углом естественного откоса, не мешая проникновению воды внутрь фильтра.

Колокола или зонты изготавливают из пластмасс или металла.

Эти фильтры применяют в рыхлых породах при небольших водоотборах.

### § 43. Установка фильтров

Перед спуском фильтра необходимо проверить глубину скважины. Если глубина скважины после прекращения бурения не уменьшалась, то в нее можно устанавливать фильтр на колонне штанг или труб, имеющей вместе с фильтром длину, которая соответствует глубине, полученной при замере.

При наличии на забое обвалившейся породы необходимо очистить его желонкой и только тогда опускать фильтр.

Если скважину бурили роторным способом, то, кроме контрольного замера глубины, надлежит проработать ее долотом, одновременно промывая глинистым раствором с пониженными вязкостью и плотностью.

При установке фильтра на эксплуатационной колонне обсадную колонну приподнимают для обнажения фильтра или совсем извлекают из скважины в зависимости от санитарно-гидрогеологических условий и требований проекта.

Фильтр надо всегда опускать медленно и плавно, непрерывно наблюдая за спуском.

После установки фильтра на забой спусковую гарнитуру поднимают не сразу, а оставляют на фильтре и приступают к подъему (вывешиванию) колонны обсадных труб, перекрывающих водоносный горизонт. По положению гарнитуры можно определить нахождение фильтра: остался он на забое или поднялся вместе с обсадными трубами вследствие прихвата его в трубах водоносной породой, проникшей в кольцевой зазор.

Спусковую гарнитуру можно извлекать из скважины только после того, как обсадная колонна будет полностью поднята на высоту, необходимую для обнажения фильтра.

### § 44. Монтаж фильтровых колонн

Конечный внутренний диаметр колонны труб, в которую опускается фильтр, должен быть больше наружного диаметра фильтра не менее чем на 50 мм при ударном способе бурения и не менее чем на 100 мм при роторном способе бурения. Диаметр фильтра должен быть не менее 80-100 мм, чтобы его можно было отремонтировать.

Рабочую часть фильтра устанавливают на 0,5-1 м от кровли и подошвы водоносного слоя, а если подземные воды не защищены с поверхности водоупорными слоями, рабочую часть фильтра следует располагать в средней и нижней частях водоносного горизонта.

Верхняя часть надфильтровой трубы должна находиться выше башмака обсадной колонны труб по проекту, но не менее чем на 3 или 5 м (при большей глубине). Между обсадной колонной труб и верхней частью подфильтровой трубы устанавливается сальник (пеньковый, резиновый, гравийный и др.).

Фильтры должны иметь направляющие фонари (скобы), которые обеспечивают ему расположение по центру скважины и предохраняют от повреждения во время спуска. Нижняя глухая часть фильтровой колонны называется отстойником и состоит из трубы с деревянной пробкой или металлической заглушкой. Иногда вместо пробки дно отстойника засыпают гравием. Длина отстойника должна быть не менее 1-2 м. Фильтр - наиболее нагруженная и быстроизнашивающаяся часть скважины, испытывающая максимальное воздействие подземных вод.

В результате коррозии, эрозии и зарастания отверстий химическими и механическими осадками водопропускная способность фильтра уменьшается и он выходит из строя.

### § 45. Заканчивание и освоение скважин

При заканчивании скважины выполняют следующие работы: вскрытие водоносного пласта, разглинизацию и установку фильтра, строительную и опытную откачку, дезинфекцию скважины.



При сооружении скважины, эксплуатирующей неустойчивые песчаные пласты с помощью фильтра, ее освоение заключается в формировании естественного фильтра.

При сооружении бесфильтровой скважины, эксплуатирующей неустойчивые песчаные пласты, освоение сводится к образованию водопримной воронки.

При сооружении бесфильтровой скважины, эксплуатирующей устойчивые породы, освоение заключается в очистке трещин и каверн от шлама.

Освоение скважины с помощью эрлифта - основной способ заканчивания водозаборных скважин, основанный на разрушении и выносе частиц глинистой корки и мелких фракций песка из прифильтровой зоны в ствол скважины сжатым воздухом.

Эрлифт - воздушный подъемник - состоит из двух металлических колонн, одна из которых служит для подъема воды на поверхность, а другая - для подачи воздуха в скважину.

При освоении скважины свабом можно на любой глубине достигать быстрого притока жидкости из пласта (даже при вакууме), в этом случае эффективно разрушается глинизация водоносного слоя.

Свабирование производят с помощью поршневого устройства путем его возвратно-поступательного перемещения. Основным инструментом при свабировании - поршень или плунжер. Диаметр резиновых элементов поршня должен строго соответствовать внутреннему диаметру обрабатываемой части скважины. Сваб снабжен конусообразным резиновым уплотнителем, который при спуске сваба сжимается и сваб погружается в воду, а при подъеме расширяется, плотно прижимаясь к стенке трубы и не пропускает воду.

Свабом разрушают глинистую корку, что способствует формированию естественного фильтра. Обработка скважины заключается в чередовании процессов свабиования и очистки забоя от песка.

При бурении и эксплуатации скважин в ствол, трубы, фильтр и оборудование могут попасть болезнетворные бактерии, поэтому их необходимо дезинфицировать. Дезинфекцию ствола скважины, труб и оборудования производят хлорными растворами, поскольку хлор - сильное окислительное вещество, убивающее бактерии и ускоряющее процесс "сгорания" органических веществ.

Для обеззараживания воды в ствол скважины в контейнере опускают дезинфицирующее вещество, которое растворяется в воде при спуске и подъеме контейнера. Через некоторое время полученный раствор (воды и дезинфицирующего вещества) откачивают.

## **ПРИЛОЖЕНИЯ**

**ЗАКОНЫ О ВОДЕ И ЕЕ ИСПОЛЬЗОВАНИИ****ОСНОВЫ ВОДНОГО ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВА СОЮЗА ССР И СОЮЗНЫХ РЕСПУБЛИК****Извлечения**

**Статья 3.** В соответствии с Конституцией СССР воды в Союзе ССР являются государственной собственностью, то есть всенародным достоянием. Воды в СССР состоят в исключительной собственности государства и предоставляются только в пользование.

**Статья 4.** Все воды (водные объекты) в СССР составляют единый государственный водный фонд. Единый государственный водный фонд включает: 1) реки, озера, водохранилища, другие поверхностные водоемы и водные источники, а также воды каналов, прудов; 2) подземные воды и ледники; 3) внутренние моря и другие внутренние морские воды СССР; 5) территориальные воды (территориальное море) СССР.

**Статья 14.** Различается общее водопользование, осуществляемое без применения сооружений или технических устройств, влияющих на состояние вод, и специальное водопользование, осуществляемое с применением таких сооружений или устройств. Перечень видов специального водопользования устанавливается органами по регулированию использования и охране вод.

**ВОДНЫЙ КОДЕКС РСФСР****Извлечения**

**Статья 8.** Согласно Основам водного законодательства Союза ССР и союзных республик государственное управление в области использования и охраны вод в РСФСР осуществляется Советом Министров СССР, Советом Министров РСФСР, советами министров автономных республик, исполнительными комитетами местных Советов народных депутатов, а также специально уполномоченными на то государственными органами по регулированию использования и охране вод непосредственно или через бассейновые (территориальные) Управления и иными государственными органами в соответствии с законодательством Союза ССР и РСФСР.

**Статья 25.** Водные объекты предоставляются в пользование прежде всего для удовлетворения питьевых и бытовых нужд населения.

**Статья 26.** Водопользование осуществляется бесплатно. В соответствии с Основами водного законодательства Союза ССР и союзных республик специальное водопользование может подлежать оплате в случаях и в порядке, устанавливаемых Советом Министров СССР.

**Статья 30.** Специальное водопользование осуществляется на основании разрешений, выдаваемых органами по регулированию использования и охране вод, а в случаях, предусмотренных статьей 31 настоящего Кодекса, - советами министров автономных республик, исполнительными комитетами Советов народных депутатов. Такие разрешения выдаются после согласования с органами, осуществляющими государственный санитарный надзор, охрану рыбных запасов, а также другими заинтересованными органами.

**Статья 45.** При пользовании водными объектами для питьевых, бытовых и иных нужд населения в порядке централизованного водоснабжения предприятия, учреждения и организации, в оперативном управлении, собственности или пользовании которых находятся хозяйственно-питьевые водопроводы, вправе забирать воду из источников водоснабжения в соответствии с утвержденными в установленном порядке проектами водозаборных сооружений и разрешениями на специальное водопользование для производства воды питьевого качества и подачи ее потребителям. Указанные в настоящей статье предприятия, учреждения и организации обязаны организовать учет забираемой воды, вести регулярные наблюдения за состоянием воды в источниках водоснабжения и сообщать органам по регулированию использования и охране вод, органам, осуществляющим государственный санитарный надзор, и исполнительным комитетам местных Советов народных депутатов об отклонении качества воды в источниках от установленных нормативов.

**Статья 47.** Использование подземных вод питьевого качества для нужд, не связанных с питьевым и бытовым водоснабжением, как правило, не допускается. В районах, где отсутствуют необходимые поверхностные источники и имеются достаточные запасы подземных вод питьевого качества, органы по регулированию использования и охране вод могут разрешить использование этих вод для целей, не связанных с питьевым и бытовым водоснабжением.

**Статья 55.** Водоснабжение сельского хозяйства подразделяется на централизованное и нецентрализованное. На централизованное водоснабжение сельского хозяйства распространяются правила, изложенные в статье 45 настоящего Кодекса. Водоснабжение ферм и отдельных сельскохозяйственных предприятий, осуществляемое нецентрализованно, производится с разрешения исполнительных комитетов сельских, поселковых, городских Советов народных депутатов, по согласованию с органами, осуществляющими

ми государственный санитарный и ветеринарный надзор, и органами по регулированию использования и охране вод.

## О ПОРЯДКЕ СОГЛАСОВАНИЙ И ВЫДАЧ РАЗРЕШЕНИЙ НА СПЕЦИАЛЬНОЕ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

Порядок согласований и выдачи разрешений на специальное водопользование регламентируется Инструкцией о порядке согласования и выдачи разрешений на специальное водопользование, утвержденной Министерством мелиорации и водного хозяйства СССР по согласованию с Госстроем СССР, а также Указаниями по применению Инструкции о порядке согласования и выдачи разрешений на специальное водопользование, также утвержденными Минводхозом СССР по согласованию с Госстроем СССР.

К специальному водопользованию относится пользование водными объектами, осуществляющими единый государственный фонд страны, осуществляемое для удовлетворения питьевых и бытовых нужд населения, потребностей в воде сельского хозяйства, промышленности, энергетики и других государственных и общественных надобностей, а также для сброса промышленных, коммунально-бытовых, дренажных и других сточных вод, если указанные виды водопользования производятся при помощи строительства и эксплуатации следующих сооружений или технических устройств:

- а) стационарных, передвижных и плавучих сооружений по механическому и самотечному забору воды из поверхностных и морских вод;
- б) водозаборных сооружений, оборудованных насосными установками для забора подземных вод;
- в) копанных шахтных колодцев, забивных фильтровых колодцев, каптажей источников и других малых сооружений для использования подземных вод, работающих без принудительного понижения уровня воды.

Документами, подтверждающими согласование условий водопользования с органами государственного надзора, являются:

- 1) акт выбора площадки, подписанный соответствующими органами и утвержденный в установленном порядке, или заключение этих органов - для вновь проектируемых или реконструируемых объектов;
- 2) ранее согласованная проектная документация (если на настоящий момент не изменились условия водопользования) или заключение соответствующих органов - для действующих объектов. Для каждого предприятия, организации, колхоза, совхоза, как правило, оформляется одно разрешение на специальное водопользование. При этом условия водопользования устанавливаются для каждого сооружения или технического устройства и по каждому водному объекту отдельно.

Не требуется разрешения на специальное водопользование при разработке схем развития и размещения отраслей народного хозяйства, генпланов, районных планировок, схем комплексного использования и охраны вод и другой предпроектной документации. Эта документация подлежит согласованию с органами по регулированию использования и охране вод и другими заинтересованными органами в установленном порядке.

Согласование условий специального водопользования и выдача разрешений на него производится при разработке ТЭО или другой предпроектной документации, заменяющей ТЭО.

**НЕКОТОРЫЕ ДАННЫЕ О ТРУБАХ, СКВАЖИНАХ, СТРОИТЕЛЬНЫХ  
МАТЕРИАЛАХ И РАСХОДАХ ВОДЫ**

**ТРУБЫ ОБСАДНЫЕ С КОРОТКОЙ ТРЕУГОЛЬНОЙ РЕЗЬБОЙ И МУФТЫ К НИМ  
(ГОСТ 632-80)**

Условный диаметр, мм	Труба				Муфта		
	наружный диаметр, мм	толщина стенки, мм	внутренний диаметр, мм	масса 1 м, кг	наружный диаметр, мм	длина, мм	масса, кг
114	114,3	5,2	103,2	14,0	127	158	3,7
		5,7	102,9	15,2	(133)		(5,2)
		6,4	101,5	16,9			
		7,4	99,5	19,4			
		8,6	97,1	22,3			
127	127,0	5,6	115,8	16,7	141,3	165	4,6
		6,4	114,2	19,1			(6,3)
		7,5	112,0	22,1			
		9,2	108,6	26,7			
168	168,3	7,3	153,7	29,3	187,7	184	9,1
		8,9	150,5	35,1			
		10,6	147,1	41,2			
		12,1	144,1	46,5			
194	193,7	7,6	178,5	35,0	215,9	190	12,2
		8,3	177,1	38,1			
		9,5	174,7	43,3			
		10,9	171,9	49,2			
		12,7	168,3	56,7			
219	219,1	6,7	205,7	35,1	244,5	196	16,2
		7,7	203,7	40,2			
		8,9	201,3	46,3			
		10,2	198,7	52,3			
		11,4	196,3	58,5			
		12,7	193,7	64,6			
		14,2	190,7	71,5			
273	273,1	7,1	258,9	46,5	298,5	203	20,7
		8,9	255,3	57,9			
		10,2	252,7	65,9			
		11,4	250,3	73,7			
		12,6	247,9	80,8			
		13,8	245,5	88,5			
		15,1	242,9	96,1			
		16,5	240,1	104,5			
324	323,9	8,5	306,9	66,1	351,0	203	23,4
		9,5	304,9	73,6			
		11,0	301,9	84,8			
		12,4	299,1	95,2			

Условный диаметр, мм	Труба				Муфта		
	наружный диаметр, мм	толщина стенки, мм	внутренний диаметр, мм	масса 1 м, кг	наружный диаметр, мм	длина, мм	масса, кг
		14,0	295,9	106,9			

### БУРИЛЬНЫЕ ТРУБЫ С ВЫСАЖЕННЫМИ ВНУТРЬ КОНЦАМИ И КОНИЧЕСКИМИ СТАБИЛИЗИРУЮЩИМИ ПОЯСКАМИ

Труба				Высадка				Масса 1 м гладкой трубы, кг	Увеличение массы одной трубы вследствие высадки обоих концов, кг
условный диаметр, мм	наружный диаметр, мм	толщина стенки, мм	внутренний диаметр, мм	диаметр прохода, мм	наружный диаметр, мм	длина механической обработки, мм	длина до переходной части, мм		
89	89,0	9	71,0	57	89,9	150	145	17,8	3,9
		11	67,0	54				21,2	3,4
102	101,6	9	83,6	68	101,9	150	145	20,4	5,1
		10	81,6	66				22,4	5,0
114	114,3	9	96,3	78	115,2	160	155	23,3	7,3
		10	94,3	76				25,7	7,1
		11	92,3	74				28,0	6,9
127	127,0	9	109,0	92	130,2	160	155	26,2	7,8
		10	107,0	90				28,9	7,6
140	139,7	9	121,7	102	140,2	160	155	29,0	11,0
		10	119,7	100				32,0	10,2
		11	117,7	100				35,0	9,2

### ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ОБЪЕМ СКВАЖИН РАЗЛИЧНОГО ДИАМЕТРА

Глубина, м	Объем в м <sup>3</sup> при условном диаметре труб в мм				
	102	127	178	406	508
50	0,41	0,63	1,24	6,47	10,1
100	0,82	1,27	2,49	12,90	20,3
200	1,63	2,53	4,97	25,9	40,5
300	2,45	3,80	7,46	38,8	60,8
400	3,27	5,06	9,95	51,8	81,1
500	4,08	6,33	12,4	64,7	101,3

### ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ОБЪЕМ 1 М ВНУТРЕННЕГО ПРОСТРАНСТВА ОБСАДНЫХ ТРУБ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТОЛЩИНЫ ИХ СТЕНОК

Условный диаметр труб, мм	Объем 1 м в м <sup>3</sup> при толщине стенок обсадных труб в мм								
	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0	11,0	12,0	13,0	14,0
114	0,0082	0,0078	0,0075	0,0072	-	-	-	-	-
127	0,0105	0,0101	0,0098	0,0095	-	-	-	-	-
146	0,0141	0,0137	0,0133	0,0129	0,0125	0,0117	0,0117	-	-
168	0,0190	0,0186	0,0181	0,0177	0,0172	0,0167	0,0163	-	-
194	-	-	0,0249	0,0224	0,0238	0,0234	0,0227	-	-

219	-	0,0330	0,0324	0,0314	-	0,0305	-	0,0158	0,0153
245	-	0,0420	0,0412	-	-	0,0391	-	0,0222	0,0217
273	-	-	-	0,0510	-	-	0,0487	-	-
299	-	-	-	0,0618	0,0611	0,0602	0,0594	-	-
351	-	-	-	-	0,0860	0,0850	0,0839	-	-
377	-	-	-	-	0,0998	0,0989	0,0978	-	-
426	-	-	-	-	0,1298	0,1281	0,1268	-	-

### ПЛОЩАДЬ СЕЧЕНИЯ И ОБЪЕМ СТОЛОВ СКВАЖИН РАЗЛИЧНЫХ ДИАМЕТРОВ

Диаметр ствола скважины, мм	Площадь сечения ствола скважины, см <sup>2</sup>	Длина участка скважины, объем которого равен 1 м <sup>3</sup> , м
114,3	102,6	97,50
127,0	126,7	78,91
146,05	167,5	69,70
168,27	222,4	44,96
177,80	248,3	40,27
193,67	295,6	33,95
219,07	376,9	26,53
273,05	585,6	17,07
298,44	699,6	14,29
406,39	1297,0	7,710
507,99	2027,0	4,932

### РАСХОДЫ ВОДЫ В ТРУБАХ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ДИАМЕТРАХ И СКОРОСТЯХ

Диаметр труб, мм	Расход воды в л/с при скорости в м/с							
	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1,0	1,50	2,00
40	0,628	0,754	0,880	1,005	1,131	1,257	1,885	2,513
50	0,982	1,178	1,374	1,571	1,767	1,964	2,945	3,927
100	3,927	4,712	5,498	6,283	7,069	7,854	11,781	15,708
150	8,836	10,603	12,370	14,137	15,904	17,672	26,507	35,343
200	15,708	18,850	21,991	25,133	28,274	31,416	47,124	62,832
250	24,544	29,452	34,361	39,270	44,179	49,087	73,631	98,175
300	45,343	42,411	49,480	56,549	63,617	70,686	103,03	141,370
350	48,106	57,727	67,348	76,969	86,590	96,211	144,32	192,420
400	62,832	75,398	87,965	100,53	113,10	125,66	188,50	251,330
450	79,522	95,426	111,33	127,23	143,14	159,04	238,57	318,09
500	98,175	117,81	137,45	157,08	176,72	196,35	294,53	392,70



## ДАННЫЕ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДЕБИТА СКВАЖИНЫ

Внутренний диаметр обсадных труб, мм	Подача, м <sup>3</sup> /ч			Производительность эрлифта в м <sup>3</sup> /ч при расположении труб	
	штанговые насосы		центробежные насосы	параллельном	эксцентрическом
	простого действия	двойного действия			
89	0,8-1,25	-	-	-	-
121	1,5-3,0	-	25,0-45,0	-	15,0-17,5
168	4,5	8,75-10,0	65,0	22,25	30,0-35,0
219	8,5	17,0	100,0	40,0-45,0	45,0-55,0
273	17,0	35,0	150,0	85,0-100,0	125,0-150,0
325	-	40,0	-	-	-
375	-	50,0	-	-	-
426	-	75,0	-	-	-

## ТАБЛИЦЫ ДЛЯ РАСЧЕТА ДЕБИТОВ

л/с	м <sup>3</sup> /ч	м <sup>3</sup> /сут	л/с	м <sup>3</sup> /ч	м <sup>3</sup> /сут	л/с	м <sup>3</sup> /ч	м <sup>3</sup> /сут
1	3,6	86,4	9	32,4	777,6	40	144	3456
2	7,2	172,8	10	36,0	864,0	50	180	4320
3	10,8	259,2	12	43,2	1036,8	60	216,0	5184
4	14,4	345,6	14	50,4	1209,6	70	252,0	6048
5	18,0	432,0	16	57,6	1382,4	80	288,0	6912
6	21,6	518,4	18	64,8	1555,2	90	324,0	7776
7	25,2	604,8	20	72,0	1728,0	100	360,0	8640
8	28,8	691,2	30	108,0	2592,0	110	396,0	9504

м <sup>3</sup> /ч	л/с	м <sup>3</sup> /ч	л/с	м/ч	л/с	м <sup>3</sup> /ч	л/с
1	0,278	6	1,666	20	5,555	70	19,440
2	0,556	7	1,944	30	8,332	80	22,217
3	0,833	8	2,222	40	11,109	90	24,994
4	1,111	9	2,499	50	13,886	100	27,771
5	1,389	10	2,777	60	16,662		

## КОЛИЧЕСТВО ЦЕМЕНТА, НЕОБХОДИМОГО ДЛЯ ЦЕМЕНТИРОВАНИЯ 1 М ЗАТРУБНОГО ПРОСТРАНСТВА СКВАЖИНЫ

Наружный диаметр обсадных труб, мм	Количество сухого цемента в кг при бурении долотом диаметром в мм									
	140	190	243	269	295	320	346	394	445	490
114	6	21	43	68	-	-	-	-	-	-
127	5	19	39	53	81	-	-	-	-	-
141	-	15	37	49	63	78	-	-	-	-
168	-	7	28	40	55	69	81	-	-	-
194	-	-	20	32	47	61	78	108	-	-
219	-	-	9	22	37	50	67	98	-	-
245	-	-	-	-	25	40	56	86	129	-
273	-	-	-	-	-	34	50	81	124	165
299	-	-	-	-	-	12	31	59	102	141
325	-	-	-	-	-	-	13	43	86	127
377	-	-	-	-	-	-	-	14	70	100

426	-	-	-	-	-	-	-	-	20	55
-----	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----

## ПЛОТНОСТЬ РАЗЛИЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Материал	Плотность, г/см <sup>3</sup>	
	средняя	предельная
Древесные породы сухие:		
береза	0,64	0,51-0,67
дуб	0,86	0,69-1,03
ель	0,56	0,37-0,75
осина	0,51	0,44-0,58
сосна	0,54	0,31-0,76
Свежесрубленные породы:		
береза	0,95	0,8-1,09
дуб	1,11	0,93-1,28
ель	1,00	0,77-1,23
осина	0,81	0,62-1,01
сосна	0,71	0,37-1,05
Асбест	2,45	2,1-2,8
Алебастр	1,30	1,1-1,5
Бетон	2,13	1,8-2,45
Глина свежесвырытая	1,76	1,67-1,85
Глина воздушно-сухая	1,55	1,50-1,60
Гравий гранитный	1,90	1,80-2,00
Известковый раствор	1,70	1,65-1,78
Каолин	2,20	-
Кирпич (500 шт.)	1,50	1,40-1,60
Мел	2,20	1,80-2,60
Смола	1,08	1,07-1,10
Стекло оконное	2,50	2,40-2,60
Цемент	1,60	1,30-1,90

### НЕКОТОРЫЕ СВЕДЕНИЯ О ДОСКАХ

Толщина, мм	Объем 1 м досок в м <sup>3</sup> при ширине в мм							
	160	180	200	220	240	260	280	300
13	0,0021	0,0023	0,0026	0,0029	0,0031	0,0034	0,0036	0,0039
16	0,0026	0,0029	0,0032	0,0035	0,0038	0,0042	0,0045	0,0048
19	0,0030	0,0034	0,0038	0,0042	0,0046	0,0049	0,0053	0,0057
22	0,0035	0,0040	0,0044	0,0048	0,0053	0,0057	0,0062	0,0068
25	0,0040	0,0045	0,0050	0,0055	0,0060	0,0065	0,0070	0,0075
30	0,0048	0,0054	0,0060	0,0066	0,0072	0,0078	0,0084	0,0090
35	0,0056	0,0063	0,0070	0,0077	0,0084	0,0091	0,0098	0,0105
40	0,0064	0,0072	0,0080	0,0088	0,0096	0,0104	0,0112	0,0120
45	0,0072	0,0081	0,0090	0,0099	0,0108	0,0117	0,0126	0,0135
50	0,0080	0,0090	0,0100	0,0110	0,0120	0,0130	0,0140	0,0150
55	0,0088	0,0099	0,0110	0,0121	0,0132	0,0143	0,0154	0,0165
60	0,0096	0,0108	0,0120	0,0132	0,0144	0,0156	0,0168	0,0180
70	0,0112	0,0126	0,0140	0,0154	0,0168	0,0182	0,0196	0,0210
90	0,0144	0,0162	0,0180	0,0198	0,0216	0,0234	0,0252	0,0270
100	0,0160	0,0180	0,0200	0,0220	0,0240	0,0260	0,0280	0,0300

### ОБЪЕМ КРУГЛОГО ЛЕСОМАТЕРИАЛА

Длина, м	Объем в м <sup>3</sup> при диаметре в верхнем отрубе в см													
	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	35	40
4	0,03	0,04	0,05	0,07	0,10	0,12	0,15	0,18	0,21	0,25	0,29	0,34	0,46	0,59
4,5	0,03	0,04	0,06	0,08	0,11	0,14	0,17	0,20	0,24	0,28	0,33	0,38	0,52	0,66
5	-	-	0,07	0,1	0,12	0,16	0,19	0,23	0,27	0,32	0,37	0,43	0,57	0,74
5,5	-	-	-	-	-	-	-	-	0,30	0,36	0,41	0,47	0,64	0,82
6	-	-	0,09	0,12	0,16	0,19	0,24	0,28	0,33	0,39	0,45	0,52	0,70	0,91
6,5	0,05	0,08	0,1	0,14	0,17	0,21	0,26	0,31	0,36	0,43	0,49	0,57	0,77	0,99
7	0,06	0,08	0,11	0,15	0,19	0,23	0,28	0,34	0,40	0,47	0,54	0,62	0,84	1,08
7,5	0,06	0,09	0,13	0,16	0,21	0,26	0,31	0,37	0,43	0,51	0,58	0,67	0,91	1,16
8	0,07	0,1	0,14	0,18	0,23	0,28	0,34	0,40	0,47	0,55	0,63	0,72	0,98	1,26
9	0,08	0,12	0,17	0,21	0,27	0,33	0,39	0,47	0,55	0,63	0,73	0,83	1,12	1,45
10	-	-	0,2	0,25	0,31	0,38	0,45	0,54	0,63	0,72	0,83	0,95	1,28	1,65
11	0,12	0,17	0,23	0,28	0,36	0,44	0,52	0,61	0,71	0,83	0,95	1,08	1,44	1,86
12	-	-	0,26	0,33	0,41	0,50	0,59	0,70	0,81	0,93	1,07	1,21	1,62	2,08

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абрамов Н.Н. Водоснабжение. - 2-е изд., перераб. и доп. М., Стройиздат, 1974.
2. Белицкий А.С., Дубровский В.В. Проектирование разведочно-эксплуатационных скважин для водоснабжения. - 3-е изд., перераб. и доп. М., Недра, 1974.
3. Биндеман Н.Н., Язвин Л.С. Оценка эксплуатационных запасов подземных вод. - 2-е изд., перераб. и доп. М., Недра, 1970.
4. Боровский Б.В., Самсонов Б.Г., Язвин Л.С. Методика определения параметров водоносных горизонтов по данным откачек. - 2-е изд., перераб. и доп. М., Недра, 1979.
5. Бочеввер Ф.М. Проектирование водозаборов подземных вод. М., Стройиздат, 1976.
6. Бочеввер Ф.М., Лапшин Н.Н., Орадовская А.Е. Защита подземных вод от загрязнения. М., Недра, 1976.
7. Возная Н.Ф. Химия воды и микробиология. М., Высшая школа, 1979.
8. Гаврилко В.М., Алексеев В.С. Фильтры буровых скважин. М., Недра, 1976.
9. Кастальский А.А., Минц Д.М. Подготовка воды для питьевого и промышленного водоснабжения М., Высшая школа, 1979.
10. Киселев О.К. Повышение срока эксплуатации водозаборных скважин М., Колос, 1976.
11. Минкин Е.Л. Исследования и прогнозные расчеты для охраны подземных вод. М., Недра, 1972.
12. Мироненко В.А., Шестаков В.М. Основы гидромеханики. М., Недра, 1974.
13. Мироненко В.А., Шестаков В.М. Теория и методы интерпретации опытно-фильтрационных работ. М., Недра, 1978.
14. Руководство по проектированию сооружений для забора подземных вод. М., Стройиздат, 1978.
15. Словарь по гидрогеологии и инженерной геологии. М., Недра, 1971.
16. СНИП II-31-74. М., Стройиздат, 1975.
17. Солонин Б.Н. Краткий справочник по проектированию и бурению скважин на воду. М., Недра, 1977.
18. Справочник по бурению скважин/Башкатов Д.Н., Сулакшин С.С., Драхлис С.Л. и др. М., Недра, 1979.
19. Справочник по специальным работам: Проектирование и сооружение скважин для водоснабжения. Под ред. И.А. Ганичева. - 2-е изд., перераб. и доп. М., Госстройиздат, 1970.
20. Справочник по бурению и оборудованию скважин на воду. Под ред. В.В. Дубровского. - 2-е изд., перераб. и доп. М., Недра, 1978.
21. Справочное руководство гидрогеолога. Под ред. В.М. Максимова. - 3-е изд., перераб. и доп. Л., Недра, 1979.
22. Справочник проектировщика. Водоснабжение населенных мест и промышленных предприятий. Под ред. И.А. Назарова. - 2-е изд., перераб. и доп. М., Стройиздат, 1977.
23. Черкинский С.Н. Руководство по гигиене водоснабжения. М., Медицина, 1975.