

Открытое Акционерное Общество Ордена Трудового Красного Знамени
Комплексный Научно-Исследовательский и Конструкторско-Технологический Институт
Водоснабжения, Канализации, Гидротехнических Сооружений
и Инженерной Гидрогеологии (ОАО «НИИ ВОДГЕО»)
ЗАО «ДАР/ВОДГЕО»

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО РАСЧЁТУ
ИНФИЛЬТРАЦИОННЫХ СИСТЕМ СБРОСА ВОДЫ В СИСТЕМАХ
ВОДООТВЕДЕНИЯ**

МОСКВА

2012

УДК 628.515; 551.444

Рекомендовано к изданию решением Научно-технического совета
НПО «ВОДГЕО»

Методические рекомендации разработаны для расчета систем водоотведения в виде тоннелей и блоков из модулей фирмы GRAF на промплощадках, в загородном строительстве и частных домах.

В рекомендациях изложены общие сведения об инфильтрационных тоннелях и блоках фирмы GRAF, расчетные зависимости для оценки систем водоотведения, методика определения исходных параметров, необходимых для выполнения расчетов, а также рекомендации по водоподготовке и методам реабилитации систем инфильтрации ливневых и сточных вод.

«Методические рекомендации» составлены ведущим научным сотрудником, к.т.н., Курановым П.Н.

Научный редактор: к.т.н., Хохлатов Э.М.

ISBN 1995-7197

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1. Общие сведения об инфильтрационных тоннелях и блоках фирмы GRAF.....	5
2. Расчеты систем водоотведения на промплощадках, в загородном строительстве и частных домах в виде тоннелей и блоков из модулей фирмы GRAF.....	6
3. Методика определения расчетных параметров.....	18
4. Рекомендации по водоподготовке и методам реабилитации систем инфильтрации ливневых и сточных вод.....	36
Приложение 1 Общие сведения об инфильтрационных тоннелях и блоках фирмы GRAF.....	44

ВВЕДЕНИЕ

Методические указания составлены в соответствии с техническим заданием и содержат общие сведения об инфильтрационных тоннелях и блоках, выпускаемых фирмой GRAF, их характеристиках и областях применения.

Приводится методика расчета систем инфильтрационных тоннелей и блоков из соответствующих модулей, позволяющая проектировать системы водоотвода на промплощадках в загородном строительстве и частных домах. При этом предполагается, что качественный состав сточных вод соответствует требованиям условий выпуска в почвогрунты и грунтовые воды.

Методика расчета позволяет рассчитывать инфильтрационные системы сброса в различных инженерно-геологических и гидрогеологических условиях.

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ИНФИЛЬТРАЦИОННЫХ ТОННЕЛЯХ И БЛОКАХ, ВЫПУСКАЕМЫХ ФИРМОЙ GRAF

Фирма GRAF производит полипропиленовые модули для использования в системах инфильтрации ливневых и сточных вод на промплощадках, в загородном строительстве и частных домах. Общая характеристика и возможности этих изделий приведены в Приложении 1.

Системы инфильтрации используются для выпуска ливневых и очищенных сточных вод в случае, если на участке установки очистных сооружений или поблизости от него нет условий для сброса стоков.

Использование инфильтрационных тоннелей и блоков в таких системах в последние годы получает все большее распространение за счет удобства и большей эффективности ее использования по сравнению с традиционными системами инфильтрации. Один полипропиленовый модуль заменяет около 800 кг гравия, при этом обладая объемом вмещающего пространства, превышающем аналогичный объем гравийной засыпки в три раза. Система инфильтрации, состоящая из инфильтрационных тоннелей или блоков, обладает прочной конструкцией, позволяющей выдерживать значительную нагрузку, поэтому площадь над данными сооружениями может использоваться без ограничений. Дополнительным преимуществом использования инфильтрационных тоннелей и блоков снижение стоимости земляных работ и монтажа системы, за счет уменьшения объемов извлекаемого грунта и отсутствия необходимости использования грузоподъемной техники ввиду малого веса полипропиленовых модулей.

Указанные обстоятельства позволяют снизить как временные затраты, так и стоимость системы инфильтрации за счет снижения стоимости ее монтажа, а также, что в ряде случаев может являться определяющим фактором, снижения площади, выделяемой для размещения такой системы.

2. РАСЧЕТЫ СИСТЕМ ВОДООТВЕДЕНИЯ НА ПРОМПЛОЩАДКАХ, В ЗАГОРОДНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ И ЧАСТНЫХ ДОМАХ В ВИДЕ ТОННЕЛЕЙ И БЛОКОВ ИЗ МОДУЛЕЙ ФИРМЫ GRAF

- 2.1. Инфильтрационные системы сброса воды в системах водоотведения могут быть организованы в различных инженерно-геологических и гидрогеологических условиях.
- 2.2. При проектировании систем водоотведения расчету подлежат длина тоннелей и их количество в зависимости от величины сброса в тоннель хозяйственно-бытовых и ливневых вод в гидрогеологических условиях, соответствующих участку расположения промплощадки, загородного строительства ил частного дома.
- 2.3. Водоотведение с использованием тоннелей и блоков должно оставаться инфильтрационным, не вызывая негативных изменений гидрогеологических условий территории, т.е. не вызывая такого подъема уровней грунтовых вод, при котором будут развиваться процессы подтопления. Поэтому, площадь тоннелей и котлованов в системах инфильтрации должны быть такими, чтобы подъем уровней грунтовых вод при инфильтрации сбрасываемых вод не достигал основания тоннеля или котлована.
- 2.4. Методика расчета водоотводящих инфильтрационных тоннелей должна основываться на требованиях, изложенных в СНиП 2.06.15-85* «Инженерная защита территорий от затопления и подтопления» и Справочном пособии к СНиП 2.06.15-85* «Прогнозы подтопления и расчет дренажных систем на застраиваемых и застроенных территориях». –М. Стройиздат, 1991.

2.5. В рекомендациях рассматриваются:

- сброс воды в зону аэрации неограниченной мощности;
- сброс воды в зону аэрации в сухие грунты ограниченной мощности;
- сброс воды в зону аэрации при наличии однородного водоносного горизонта ограниченной мощности;
- сброс воды в зону аэрации при наличии однородного водоносного горизонта неограниченной мощности.
- сброс воды в зону аэрации при наличии водоносного горизонта в неоднородных грунтах;
- сброс воды в водоносный горизонт.

2.6. При организации **тоннельных инфильтрационных систем** сброса воды расчёту подлежит общая длина тоннелей $L_{\text{тон}}$ и количество модулей N , необходимых для строительства тоннелей.

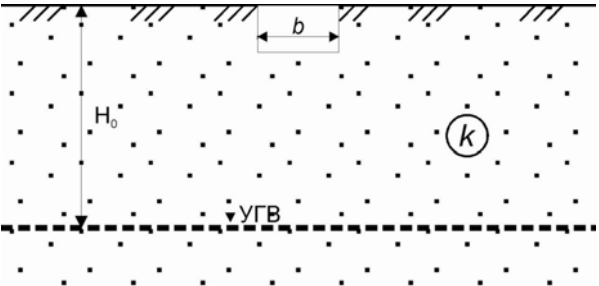
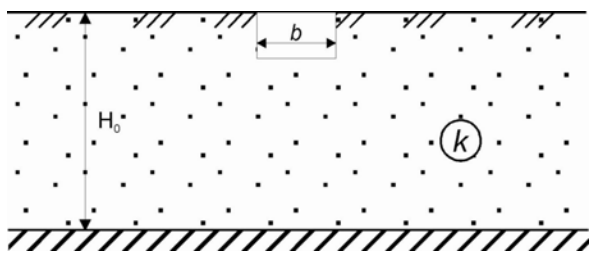
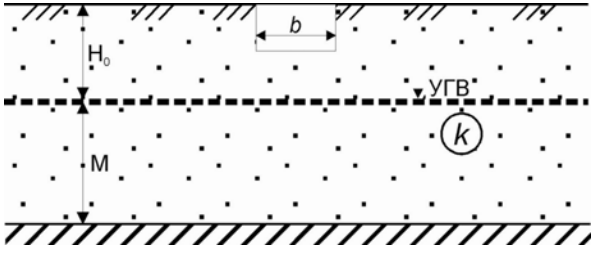
При известной длине тоннеля количество модулей рассчитывается по формуле:

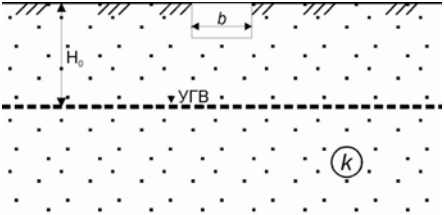
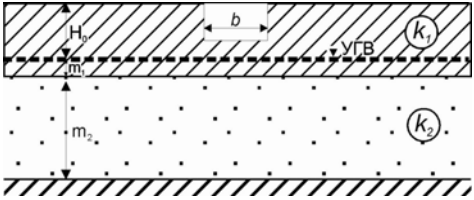
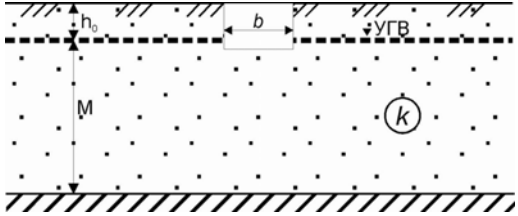
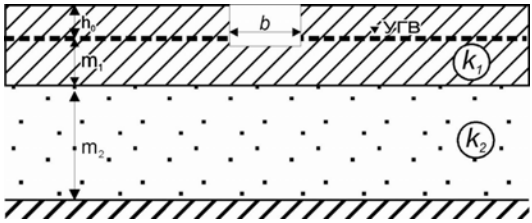
$$N = \frac{L_{\text{тон}}}{a} \quad (2.1)$$

где a – длина одного модуля.

В таблице 2.1 приведены формулы для расчёта длины тоннеля в разных условиях при заданном суточном расходе сбрасываемой воды Q ($\text{м}^3/\text{сут}$).

РАСЧЕТНЫЕ ЗАВИСИМОСТИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДЛИНЫ ИНФИЛЬТРАЦИОННОГО ТОННЕЛЯ

Строение пласта в разрезе	Расчетная формула	№ формулы
<p>Зона аэрации неограниченной мощности</p> 	$L_{\text{тон}} = \frac{Q}{k \cdot b}$ $H_0 > 4b$	(1)
<p>Зона аэрации ограниченной мощности</p> 	$H_0 < 4b$ $L_{\text{тон}} = \frac{Q}{kb \cdot \varphi_0}$ $\varphi_0 = 0,5 \left[\sqrt{1 + \left(\frac{H_0}{b} \right)^2} - 1 \right]$	(2)
<p>Зона аэрации и водоносный горизонт ограниченной мощности</p> 	$H_0 < 4b$ $L_{\text{тон}} = \frac{Q}{4kH_0 \cdot M}$ $M = \frac{M}{b} < 10$	(3)

<p>Зона аэрации и водоносный горизонт неограниченной мощности</p> 	$H_0 < 4b$ $L_{мон} = \frac{Q}{40 \cdot k \cdot H_0}$	<p>(4)</p>
<p>Зона аэрации и водоносный горизонт в неоднородных грунтах</p> 	$H_0 < 4b$ $L_{мон} = \frac{Q \cdot b}{4(k_1 \cdot m_1 + k_2 \cdot m_2)H_0}$	<p>(5)</p>
<p>Сброс воды в водоносный горизонт</p> 	$L_{мон} = \frac{Q}{4k\Delta h_0 \cdot \bar{M}}$ $\bar{M} = \frac{M}{b} < 10$ <p>Для водоносного горизонта неограниченной мощности</p> $L_{мон} = \frac{Q}{40 - k\Delta h_0}$	<p>(6)</p>
<p>Сброс воды в водоносный горизонт в неоднородных грунтах</p> 	$L_{мон} = \frac{Q}{4(k_1 m_1 + k_2 m_2)\Delta h_0}$	<p>(7)</p>

Условные обозначения:

$L_{тон}$ – длина тоннеля (м), Q – суточный объём воды, подлежащий сбросу ($\text{м}^3/\text{сут}$), k – коэффициент фильтрации грунта ($\text{м}/\text{сут}$), b – ширина модуля тоннеля (м), H_0 – глубина до уровня грунтовых вод (м) или, при отсутствии грунтовых вод, расстояние до слабопроницаемых грунтов, M – мощность водоносного горизонта (м), k_1, k_2, m_1, m_2 – коэффициенты фильтрации неоднородных грунтов и их обводненные мощности, Δh_0 – допустимый подъём УГВ при сбросе в обводнённые грунты (м).

2.7. Примеры расчета тоннельных инфильтрационных систем сброса.

Пример 1. Найти длину тоннеля и количество модулей, необходимых для сброса воды в объеме $50 \text{ м}^3/\text{сут}$, если грунты имеют коэффициент фильтрации $0,5 \text{ м}/\text{сут}$.

Сброс происходит в тоннель, основание которого заглубляется в водоносный горизонт мощностью 3 м. Грунтовые воды залегают на глубине 1 метр и не должны подниматься при сбросе более $0,1 \text{ м}$.

Порядок расчета. По условиям примера 1, тоннельный сброс осуществляется в однородный водоносный горизонт ограниченной мощности. Для расчёта следует использовать формулу (6) таблица 2.1.

Вначале определяем параметр $\bar{M} = \frac{M}{b} = \frac{3}{0,6} = 5 < 10$. Тогда используется

зависимость

$$L_{тон} = \frac{Q}{4 \cdot k \Delta h_0 \cdot \bar{M}} = \frac{50}{4 \cdot 0,5 \cdot \Delta 1 \cdot 5} = 50 \text{ м}$$

По формуле (2.1)

$$N = \frac{L_{тон}}{a} = \frac{50}{1,2} = 42$$

т. е. достаточно собрать тоннель из 42 модулей.

Если водоносный горизонт неограниченной мощности, то

$$L_{тон} = \frac{50}{40 \cdot 0,5 \cdot 0,1} = 25 \text{ м}$$

В этом случае

$$N = \frac{25}{1,2} \approx 21$$

т.е. требуется 21 модуль.

Пример 2. Найти длину тоннеля и количество модулей, необходимых для сброса воды $50 \text{ м}^3/\text{сут}$, если сброс происходит в водоносный горизонт с уровнем грунтовых вод 1 м от поверхности земли. Подъём грунтовых вод не должен превышать 0,1 м. Водовмещающие породы неоднородны. Верхний слой имеет обводнённую мощность $m_1 = 5 \text{ м}$ и коэффициент фильтрации $k_1 = 0,1 \text{ м/сут}$. Нижний слой имеет мощность $m_2 = 2 \text{ м}$ и коэффициент фильтрации 5 м/сут .

Порядок расчёта. По условиям примера 2 используем зависимости (7) в таблице 2.1.

$$L_{\text{тон}} = \frac{50}{4(0,1 \cdot 5 + 5 \cdot 2) \cdot 0,1} = 12 \text{ м.}$$

$$N = \frac{1 \cdot 12}{1,2} = 10.$$

В этом случае достаточно десяти модулей.

Пример 3. Найти максимальный расход, который можно сбросить в тоннельную систему из двух тоннелей, длиной 30 м, расположенных на полосе шириной 10 м в условиях примера 1 при условии, что подъём УГВ не должен быть выше 0,5 м от поверхности.

Порядок расчёта.

Поскольку два тоннеля расположены друг от друга на расстоянии 10 м, то они могут рассматриваться как независимые. Тогда может быть использованы формулы (6), в которых $L_{\text{тон}}$ равна общей длине двух тоннелей, т.е. $L_{\text{тон}} = 60 \text{ м}$.

Из формулы (6):

$$Q = 4k \cdot \Delta h_0 \cdot \bar{M} \cdot L_{\text{тон}} = 4 \cdot 0,5 \cdot 0,5 \cdot 5 \cdot 60 = 300 \text{ м}^3/\text{сут.}$$

В условиях водоносного горизонта неограниченной мощности.

$$Q = 40 \cdot 0,5 \cdot 0,5 \cdot 60 = 600 \text{ м}^3/\text{сут.}$$

2.8. **Блочные инфильтрационные системы** устанавливаются на площади $A \times B = S_0$, где A – длина, B – ширина системы.

При расчётах площади система приводится к круговой с приведенным радиусом

$$r_0 = \sqrt{\frac{S_0}{\pi}} \quad (2.2)$$

Формулы для расчета блочных систем справедливы при выполнении условия соотношения длины и ширины системы инфильтрации $A \leq 3 \cdot B$.

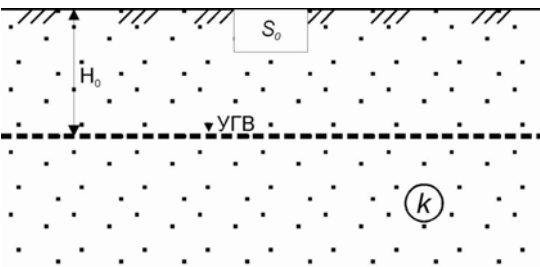
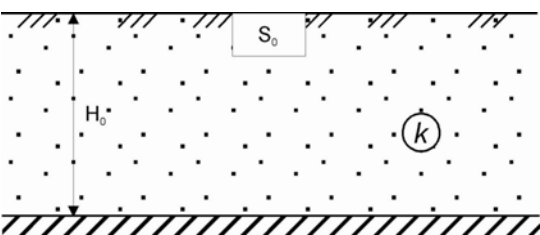
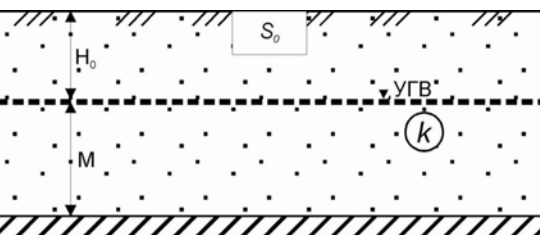
При невыполнении данного условия расчеты системы инфильтрации должны вестись по формулам расчета инфильтрационных тоннелей.

2.9. Расчёту подлежит максимальное значение суточного сброса воды Q ($\text{м}^3/\text{сут}$), которое можно направлять в эту систему, организованную на данной площади S_0 в данных инженерно-геологических и гидрогеологических условиях.

2.10. В таблице 2.2 приведены формулы для расчёта блочной системы в разных инженерно-геологических и гидрогеологических условиях.

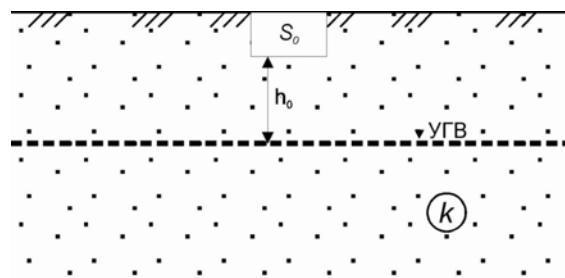
ТАБЛИЦА 2.2

РАСЧЕТНЫЕ ЗАВИСИМОСТИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМ СБРОСА, ПОСТРОЕННЫХ ИЗ ИНФИЛЬТРАЦИОННЫХ БЛОКОВ

Строение пласта в разрезе	Расчетная формула	№ формулы
<p>Зона аэрации неограниченной мощности</p> 	$Q = k \cdot S_0$ $H_0 \geq \sqrt{8 \cdot S_0}$	(1)
<p>Зона аэрации ограниченной мощности в сухих грунтах</p> 	$Q = k \cdot S_0 \cdot \varphi_{з.а}$ $\varphi_{з.а} = 0,5 \left[\sqrt{1 + \frac{H_0^2}{S_0}} - 1 \right]$ $H_0 < \sqrt{8S_0}$	(2)
<p>Зона аэрации и водоносный горизонт ограниченной мощности</p> 	$H_0 < \sqrt{8S_0}; \quad M < \sqrt{8S_0}$ $Q = 2k \cdot M \cdot h_0.$ $N = \frac{V_0}{V_{мод}}; \quad n_{ряд} = \frac{N}{S_0} \cdot S_{мод}$	(3)

Зона аэрации ограниченной мощности и водоносный горизонт

неограниченной мощности



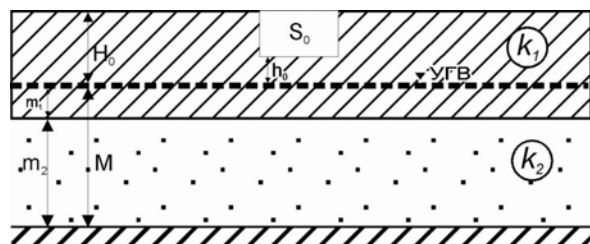
$$Q = 5,6 \cdot k \sqrt{S_0} h_0$$

$$N = \frac{V_0}{V_{\text{мод}}}; \quad n_{\text{ряд}} = \frac{N}{S_0} \cdot S_{\text{мод}}$$

(4)

Условные обозначения. Q – расход сбрасываемой воды ($\text{м}^3/\text{сут}$), S_0 – площадь, на которой размещаются блоки (м^2).

Зона аэрации и водоносный горизонт в неоднородных грунтах



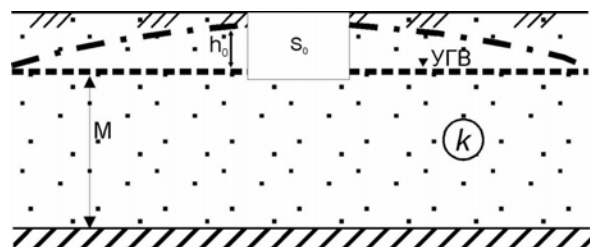
$$H_0 < \sqrt{8 \cdot S_0}; \quad M < \sqrt{8 \cdot S_0}$$

$$Q = 2 \cdot (k_1 m_1 + k_2 m_2) \Delta h_0$$

$$N = \frac{V_0}{V_{\text{мод}}}; \quad n_{\text{ряд}} = N \cdot \frac{S_{\text{мод}}}{S_0}$$

(5)

Сброс воды в водоносный горизонт ограниченной мощности

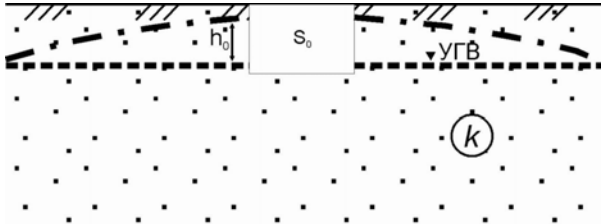
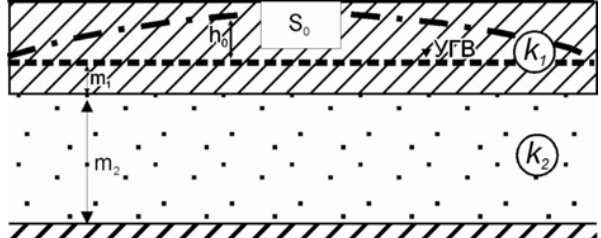


$$M < \sqrt{8 \cdot S_0}$$

$$Q = 2kM \cdot \Delta h_0$$

$$N = \frac{V_0}{V_{\text{мод}}}; \quad n_{\text{ряд}} = N \cdot \frac{S_{\text{мод}}}{S_0}$$

(6)

<p>Сброс воды в однородный водоносный горизонт неограниченной мощности</p> 	$Q = 5,6 \cdot k \sqrt{S_0} \cdot \Delta h_0$ $N = \frac{V_0}{V_{\text{мод}}}; n_{\text{ряд}} = N \cdot \frac{S_{\text{мод}}}{S_0}$	<p>(7)</p>
<p>Сброс воды в неоднородный водоносный горизонт</p> 	$Q = 2 \cdot (k_1 m_1 + k_2 m_2) \cdot \Delta h_0$ $N = \frac{V_0}{V_{\text{мод}}}; n_{\text{ряд}} = N \cdot \frac{S_{\text{мод}}}{S_0}$	<p>(8)</p>

Условные обозначения:

Q – суточный объём воды, подлежащий сбросу ($\text{м}^3/\text{сут}$), k – коэффициент фильтрации однородных грунтов ($\text{м}/\text{сут}$), H_0 – мощность зоны аэрации (м), M – мощность водоносного горизонта (м), k_1, k_2, m_1, m_2 – коэффициенты фильтрации неоднородных грунтов и их обводненные мощности, h_0 – глубина залегания грунтовых вод от основания блочной системы (м), Δh_0 – допустимый подъём УГВ при сбросе в обводнённые грунты (м), V_0 – объём воды, на которую рассчитывается блочная система (м^3) (при суточном расходе Q объём воды в сутки V_0 (м^3) численно равен Q , т.е. $V_0 = Q / r_0$, где r_0 – сутки), $V_{\text{мод}}$ – объём одного модуля (м^3), $S_{\text{мод}}$ – площадь основания одного модуля (м^2), N – общее число модулей в блочной системе, $n_{\text{ряд}}$ – число рядов в блочной системе.

2.11. Примеры расчета блочных инфильтрационных систем сброса.

Пример 1. Площадь участка для размещения блочной системы равна 300 м^2 ($10 \times 30 \text{ м}$). Найти максимальный расход при сбросе в однородный водоносный горизонт при $k=5 \text{ м}$, $M = 10 \text{ м}$ так, чтобы при этом уровень грунтовых вод поднялся не более чем на $0,5 \text{ м}$. Определить параметры оптимальной блочной системы.

Порядок расчета. Сброс воды происходит в водоносный горизонт с однородными грунтами. В связи с этим по инженерно-геологическим и гидрогеологическим условиям для расчётов могут быть использованы формулы (6) или (7). Для этого вначале проверяется выполнимость условия для формулы (6):

$$M < \sqrt{8S_0} = \sqrt{8 \cdot 300} = 49 \text{ м.}$$

Поскольку $M=10 \text{ м}$, то данное условие выполняется и в расчётах используются формулы (6).

$$Q = 2kM \cdot \Delta h_0 = 2 \cdot 5 \cdot 10 \cdot 0,5 = 50 \text{ м}^3/\text{сут.}$$

При этом необходимое количество модулей

$$N = \frac{V_0}{V_{\text{мод}}} = \frac{Q \cdot r_0}{V_{\text{мод}}} = \frac{50 \cdot 1}{0,3} = 167 \text{ штук.}$$

Эти модули должны быть сложены в ряды:

$$n_{\text{ряд}} = N \cdot \frac{S_{\text{мод}}}{S_0} = 167 \cdot \frac{1,2 \cdot 0,6}{300} = 0,4 \text{ ряда.}$$

Таким образом, максимальный расход, который можно сбросить в данных условиях, составляет $50 \text{ м}^3/\text{сут.}$ При этом необходимо 167 модулей, которые могут быть сложены в один ряд на части выделенной площади.

Здесь следует заметить, что максимальный расход, который можно сбросить не зависит от величины площади, на которой устраивается сбросная система. Величина этой площади лишь косвенно входит в расчёты расхода Q через величину допустимого подъёма УГВ Δh_0 .

Пример 2. Те же условия примера 1, только мощность возможного горизонта неограниченна.

Порядок расчета. В этом случае справедливы формулы (7).

$$Q = 5,6 \cdot 5 \sqrt{300} \cdot 0,5 = 243 \text{ м}^3/\text{сут.}$$

$$N = \frac{243 \cdot 1}{0,3} = 810; \quad n_{\text{ряд}} = 810 \cdot \frac{0,72}{300} = 1,95.$$

В этом случае нужна двурядная система модулей в количестве 810 штук на всей площади в 300 м².

- 2.12. При расчетах глубину залегания грунтовых вод необходимо закладывать с учетом сезонных колебаний, значения фильтрационных параметров – по данным опытно-фильтрационных работ. При отсутствии этих данных, для оценочных расчетов количества тоннельных или блочных модулей, следует использовать любые другие данные (лабораторные, справочные, аналоговые и т.п.), для определения характерных значений для конкретного типа грунтов (см. главу 3). В этом случае проектное значение количества модулей $N_{\text{пр}}$ следует принимать с запасом, равным

$$N_{\text{пр}} = 1.1 \cdot N$$

где N – расчетное количество модулей, полученное по формулам в таблицах 2.1 и 2.2.

3. МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОСНОВНЫХ ФИЛЬТРАЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРИ РАСЧЕТАХ СИСТЕМ ИНФИЛЬТРАЦИИ ЛИВНЕВЫХ И СТОЧНЫХ ВОД В ГРУНТЫ

Основополагающим фактором для систем управления ливневыми и сточными водами служит процесс инфильтрации, или проникновения атмосферных и поверхностных вод в почву, горную породу по капиллярным и субкапиллярным порам.

Проникновение вод в грунты, в первую очередь, зависит от физических свойств грунтов. В отношении водопроницаемости грунты делятся на три основные группы – водопроницаемые, полупроницаемые и водонепроницаемые или водоупорные. К водопроницаемым породам относятся крупнообломочные породы, галечник, гравий, пески и трещиноватые породы. К водонепроницаемым породам – плотные магматические и метаморфические породы, такие как гранит и мрамор, а также глины. К полупроницаемым породам относятся глинистые пески, лесс, рыхлые песчаники и рыхловатые мергели. Отнесение грунтов к тому или иному типу производится в соответствии с ГОСТ 25100-95. На практике гранулометрический состав грунтов определяется применением соответствующих гранулометрических методик с использованием специальных номограмм, в частности треугольника Ферре (рис. 3.1).

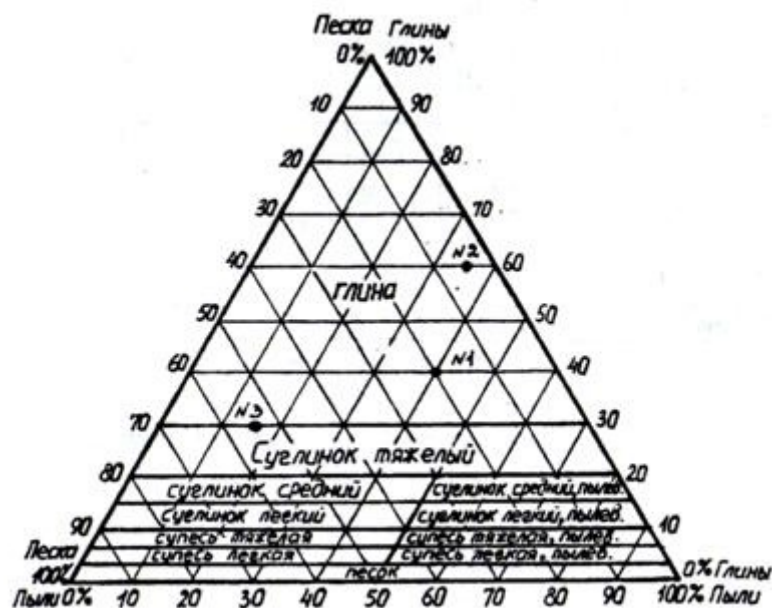


Рис. 3.1 Треугольник Ферре

Непосредственно для расчетов систем инфильтрации требуется определение основных гидрогеологических параметров фильтрационной среды.

Любой грунт состоит из твердых, обычно минеральных частиц и пустот. Если объем этих пустот в общем объеме грунта V обозначить V' , то величина, равная их отношению, будет характеризовать степень скважности грунта:

$$n = V'/V$$

Собственно получаемая величина n и называется пористостью. Она измеряется в долях единицы или в процентах. Очевидно, что чем больше пористость породы, тем больше в ней может поместиться воды, и тем больше ее влагоемкость. Однако для характеристики грунтов по отношению к воде принципиальна не только величина общей пористости, но и размер самих пор. Так, в глинах, сложенных частицами размером менее $5 \cdot 10^{-6}$ м, общая пористость достигает 0,45 и более, однако воду они почти не пропускают, так как она удерживается на поверхности частиц молекулярными силами. Пески, пористость которых обычно не превышает 0,30-0,33, напротив, очень хорошо пропускают через себя воду, поэтому, способность удерживать воду является еще одной важной характеристикой грунтов. При извлечении образца из

водоносного горизонта, часть воды через какое-то время вытечет из него, а другая останется в порах. Если считать объем исходного образца единичным, то первая часть будет характеризоваться гравитационной водоотдачей (S), оставшаяся часть – максимальной молекулярной влагоемкостью (n'). Как и пористость, S и n' измеряются в процентах или долях единицы. По величине гравитационной водоотдачи можно судить о том объеме порового пространства, через который реально может двигаться вода (активная пористость):

$$S = n - n'$$

Собственно влагоемкость и водоотдача характеризуют емкостные свойства грунтов.

Не менее важной водно-физической характеристикой грунта является его способность пропускать через себя воду. Она оценивается коэффициентом фильтрации k . В соответствие с законом Дарси последний представляет собой коэффициент пропорциональности между расходом потока Q через образец грунта длиной L , площадью поперечного сечения F и разностью давлений dH на концах образца:

$$Q = kF \cdot dH / L$$

Размерность k соответствует размерности скорости. При единичном перепаде давления коэффициент k численно равен расходу воды. Коэффициент фильтрации зависит от свойств не только породы, но и жидкости, но так как физические свойства неминерализованных вод практически не отличаются, этим обычно пренебрегают.

При изучении фильтрации жидкостей с различными свойствами используют коэффициент проницаемости k' , связанный с коэффициентом фильтрации соотношением:

$$k' = k \cdot \nu / g$$

где ν – кинематический коэффициент вязкости, g – удельный вес жидкости. Размерность коэффициента проницаемости см^2 , часто также используют единицу дарси (D) или миллидарси. $1D$ соответствует потоку жидкости

1 см³/с через 1 см² сечения при градиенте давления 1 атм/см и вязкости жидкости 1 сПз. В подземной гидродинамике вместо системных единиц давления принято использовать напор в метрах водного столба. Давление столба воды высотой 10 метров приблизительно соответствует 1 атмосфере или 1 кг на квадратный сантиметр, или 100 кПа. Считая, что атмосферное давление приблизительно соответствует давлению столба воды высотой 10 метров, получим, что величина коэффициента фильтрации при указанных параметрах жидкости составит 0,001 см/с или 0,864 м/сут.

В зоне аэрации, где фильтрация, или влагоперенос, происходит в среде, не полностью насыщенной водой, вместо коэффициента фильтрации еще используют коэффициент влагопереноса. Скорость влагопереноса определяется законом Дарси, но коэффициент пропорциональности (влагопереноса) также зависит от относительной влажности, или насыщения грунта. Для описания этой зависимости чаще всего используют эмпирические или экспериментально определенные степенные или экспоненциальные функции.

Ниже приведены характерные значения пористости n , коэффициента фильтрации k и гравитационной водоотдачи S для типичных не сильно уплотненных грунтов зоны аэрации.

ТАБЛИЦА 3.1

Тип грунта	Пористость	Коэффициент фильтрации, м/сут	Гравитационная водоотдача
глина	0,45	менее 0,001	0,05
суглинок	0,4	0,01	0,10
супесь	0,4	0,05	0,20
песок мелкий глинистый	0,35	0,1	0,30
песок среднезернистый	0,33	1,0	0,32
песок крупнозернистый	0,30	5,0	0,29
гравий	0,25	10,0	0,24

Таким образом, водоотдача – определяющее свойство породы выделять свободную воду под влиянием силы тяжести. Численно водоотдача равна разности между полной и максимальной молекулярной влагоемкостью и выражается в долях объема. Величина водоотдачи всегда меньше величины пористости и зависит от размера зерен пород, но для крупнозернистых песков и гравия она мало отличается от пористости и достигает величин в 24-32%, водоотдача мелкозернистых грунтов, в частности супесей и суглинков существенно меньше.

Для определения водоотдачи в лабораторных условиях в сосуд с краном заданной емкости насыпают породу и насыщают ее водой. После этого открывают кран сосуда и дают стечь свободной воде. Отношение объема стекающей воды к объему всей породы соответствует величине водоотдачи. После того как из породы вытечет свободная вода, в ней остается капиллярная, гигроскопическая и пленочная вода, удерживаемая силой сцепления, превышающей силу тяжести.

Наряду с водоотдачей для грунтов зоны аэрации выделяют еще одно понятие – недостаток насыщения, обозначаемый μ и который представляет собой разность между полной влагоемкостью или пористостью и естественной влажностью и характеризует способность породы аккумулировать воду. Под этим термином понимается количество воды, необходимое для полного водонасыщения породы. Ориентировочно величина недостатка насыщения численно равна водоотдаче. По своей сути, недостаток насыщения величина переменная во времени, зависящая от ряда метеорологических факторов. При интенсивных атмосферных осадках естественная влажность породы в зоне аэрации возрастает, и в соответствии с этим уменьшается величина недостатка насыщения; она в это время года оказывается меньше водоотдачи. В засушливое время, когда преобладает испарение, естественная влажность породы снижается и может быть даже меньше максимальной молекулярной влагоемкости. Поэтому лишь среднегодовые величины недостатка насыщения и водоотдачи могут считаться приблизительно равными. При проведении

инженерно-геологических изысканий коэффициент недостатка насыщения определяется методами налива воды в шурфы. При решении практических задач для наиболее распространенных грунтов недостаток насыщения имеет следующие ориентировочные характерные значения (согласно СНиП 2.02.01-83): для песков, у которых диаметр частиц грунта, составляющих не менее 50% по массе равно 0,1; 0,2 и 0,5 мм, соответствующее значение недостатка насыщения составляет 0,18; 0,25 и 0,28; для супесей 0,05-0,015; и для суглинков 0,01-0,1.

Водопроницаемость определяет способность горных пород пропускать через себя воду. Этот параметр зависит главным образом от характера и размера пор и пустот, которые в свою очередь определяются типом породы, ее происхождением, литологическим составом и размером частиц, слагающих породу, а также наличием коллоидных частиц. Силы, действующие между ними, стремятся соединить (коагуляция) или разъединить (дисперсия) частицы. Увеличение дисперсности приводит к уменьшению порового пространства.

Наибольшей водопроницаемостью обладают сильно трещиноватые и закарстованные породы (известняки, доломиты), а также крупнозернистые рыхлые породы (галечники, пески). Породы со стойкими трещинами (глинистые сланцы) и рыхлые породы, состоящие из мелких фракций (супеси, суглинки), слабопроницаемые.

Большое значение для водопроницаемости горных пород имеет размер пор. Породы, содержащие мелкие частицы, имеют большую пористость, как в частности, глины (пористость более 50%) и, тем не менее, они весьма слабопроницаемые, а галечники, общая пористость которых составляет всего 20-22%, обладают высокой водопроницаемостью.

Для водопроницаемости большое значение имеют не только крупные фракции грунтов, но и мелкие, с размером частиц от 0,00025 до 0,001 мм, и коллоиды с размерами от 0,00025 до 0,000001 мм, так как в результате обменных реакций под действием электролитов, находящихся в воде, они

обычно образуют агрегаты, играющие существенную роль в водопроницаемости грунтов. Так, присутствие водорастворимых карбонатов и сульфатов кальция в грунтах засушливых районов обуславливает водопроницаемость, не соответствующую типичной характеристике глинистых пород.

Для определения перечисленных выше гидрогеологических параметров применяются различные методы, включающие как лабораторные, так и полевые виды исследований. Хотя полевые виды исследований дают наиболее точные результаты для конкретных участков исследования, возможность их проведения часто ограничена ввиду высоких финансовых и временных затрат на проведение опытно-фильтрационных работ. В качестве альтернативы полевым методам исследований, для определения фильтрационных свойств грунтов могут применяться оценки с использованием функций миграции веществ в почвах, которые позволяют получить значения необходимых параметров на основе известных данных, собираемых при проведении инженерно-геологических изысканий на участке, таких как: гранулометрический состав грунта, плотность скелета грунта и т.д.п.

На интернет-сайте лаборатории солености США (USSL) можно найти программу Rosetta, позволяющую определять фильтрационные и капиллярные параметры по данным гранулометрического анализа состава грунта (<http://www.ars.usda.gov/services/software/software.htm>). В указанной программе для расчетов применяются функции миграции веществ в почвах, где в качестве исходных данных задаются структурный класс грунтов, их гранулометрический состав, объемный вес и параметры водоотдачи. Точность результатов определений зависит от количества заданных исходных данных.

Наиболее точные значения фильтрационных свойств грунтов позволяют получить полевые методы исследований. Одним из наиболее часто применяемых полевых методов оценки фильтрационных свойств (K_{ϕ}) пород зоны аэрации (ненасыщенной зоны) при глубине залегания уровня

грунтовых вод более 4-5 метров являются опытные наливы в шурфы. Действующими силами при инфильтрации воды из шурфа являются гидравлический напор слоя воды и капиллярное отрицательное давление, проявляющееся в капиллярном всасывании воды. Просачиваясь в сухой грунт, вода вытесняет из него воздух, на преодоление сопротивления которого затрачивается некоторая доля общего действующего напора. Воздух удаляется из пор породы не полностью, частично он в них остается в виде так называемого «защемленного воздуха». В результате исследований С.Ф. Аверьянова установлено, даже незначительное содержание воздуха в грунте резко снижает его водопроницаемость. Но, при достаточно долгой инфильтрации пузырьки воздуха могут исчезнуть вследствие постепенного растворения воздуха в воде.

В ходе опыта проводится регистрация фильтрационного расхода через дно шурфа при постоянном понижении уровня воды в шурфе и слое воды над дном шурфа (h) примерно равным 10 см. При наиболее простой схеме опыта (способ А.К. Болдырева) принимается, что фильтрация через дно шурфа с установившимся расходом (Q) осуществляется при действующем напорном градиенте $(h+l)/l = 1$, где l – глубина просачивания воды. При принятых допущениях

$$K_{\phi} = v = Q/f$$

где K_{ϕ} - коэффициент фильтрации, численно равный скорости фильтрации (v), м/сут; Q – установившийся расход воды через дно шурфа, м³/сут; f - площадь дна шурфа, м².

В подобной постановке схема опыта не учитывает расход бокового растекания через стенки и дно шурфа, влияние капиллярных сил, которые особенно существенны при наливах в суглинистых и глинистых породах и высоту слоя воды в шурфе. То есть проведение подобного опыта целесообразно при приближенных предварительных оценках коэффициента фильтрации, в частности в песчаных и трещиноватых породах, где влияние капиллярных сил ничтожно.

Перечисленные недостатки устраняются при проведении налива по способу Н.С. Нестерова. При использовании этого метода в дно шурфа устанавливаются (задавливаются на глубину 5-10 см) два кольца: внутреннее и внешнее. Налив осуществляется в оба кольца с использованием двух инфильтрометров (сосудов Мариотта), с помощью которых во внешнем и внутреннем кольцах поддерживается единый уровень воды (рис. 3.2). Принимается, что расход на боковое растекание и капиллярное всасывание формируется из кольцевого промежутка между внутренним и внешним кольцами, а расход из внутреннего кольца расходуется на фильтрацию в вертикальном направлении. Глубина просачивания (l) определяется с помощью отбора образцов грунта для определения влажности из скважины которая бурится в центре внутреннего кольца после окончания налива, или с помощью нейтронного измерителя влажности (НИВ).

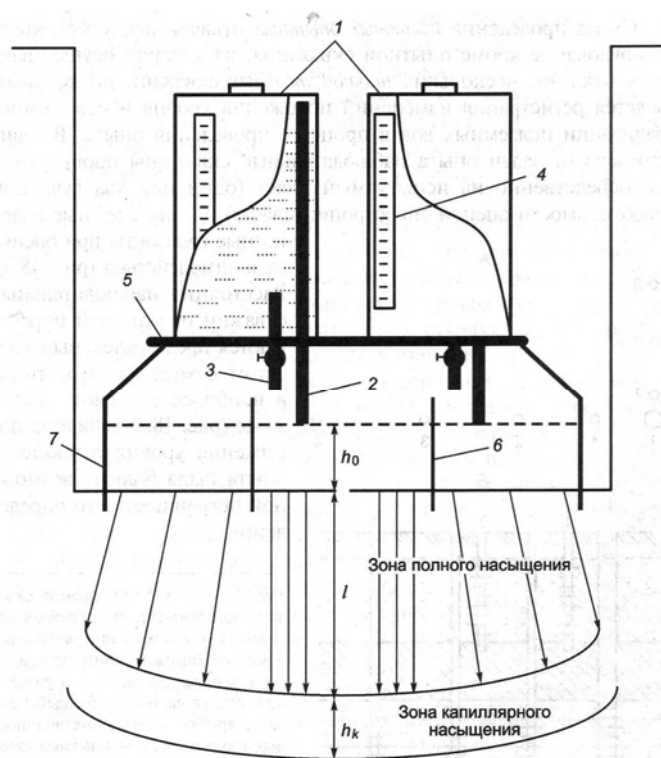


Рис. 3.2 Схема фильтрации при наливе в кольцевые инфильтрометры.

1 – мерный бачок (сосуд Мариотта); 2 – «воздушная» трубка; 3 – «водяная» трубка; 4 – водомерная шкала; 5 – штатив; 6 – внутреннее кольцо; 7 – внешнее кольцо.

Для оценки коэффициента фильтрации (K_f) используется величина установившегося расхода (Q) из внутреннего кольца и значение напорного градиента

$$J = (h_0 + h_k + l) / l.$$

Метод Нестерова оказывается предпочтительнее при определениях фильтрационных свойств в слабопроницаемых породах, особенно в покровных суглинках и лессах со столбчатой структурой, когда преобладает вертикальная составляющая фильтрации. К недостаткам этого метода следует отнести значительную продолжительность опыта, необходимую для того, что бы максимально пренебречь капиллярным всасыванием в грунтах.

Более совершенным считается метод Н.К. Гириного, основанный на гидромеханической теории потока со свободной поверхностью, симметричного относительно вертикальной оси. Этим методом учитываются растекание фильтрационного потока, силы капиллярного всасывания и влияние заземленного воздуха, оставшегося в порах породы при фильтрации воды из шурфа.

Сам опыт заключается в следующем: в исследуемой породе проходят шурф до глубины, на которой предполагается провести исследования, минимальное сечение шурфа должно составлять не менее 1х1,5 метра. В дне шурфа, посередине между его длинными сторонами, ближе к одной из коротких сторон, проходят опытный зумпф глубиной 15-25 см и в него вставляют цилиндр из листового железа толщиной 1,5-2 мм и высотой 35-40 см. Внизу внешний край цилиндра заостряют. Минимальный диаметр цилиндра принят 35 см; при таком диаметре цилиндра расчет коэффициента фильтрации упрощается.

В песке и рыхлой супеси цилиндр постепенно погружается в грунт на 15-25 см, а по мере погружения из него удаляется порода. После этого дно зумпфа выравнивается, и цилиндр вдавливаются на 1 см. В плотной супеси и суглинках в шурфе заранее вырывается зумпф глубиной 15-25 см, дно зумпфа выравнивается, и в него устанавливается цилиндр, который

вдавливается на 1 см. Пространство между зумпфом и цилиндром плотно забивают увлажненной породой, дно зумпфа покрывают слоем гравия толщиной порядка 2 см.

Для подачи воды в шурф на поверхности земли у края шурфа устанавливаются два мерных цилиндрических бака; желательно, что бы внутренний диаметр баков был равен 35,7 см – при таком диаметре каждый сантиметр высоты бака соответствует по объему 1 литру воды. Мерные баки соединяют тройником, к одному из отводов которого присоединяют резиновую трубку, подающую воду в цилиндр, где поддерживается постоянный слой воды в 10-20 см. Для регулирования подачи воды в мерные баки и в шурф на трубках, отходящих от баков, и на трубке, подающей воду в цилиндр, ставят краны или зажимы. Оба цилиндра градуированы, что позволяет регистрировать объем воды, поглощенный грунтом, в каждый момент времени.

Е.В. Симонов предложил автоматический регулятор, поддерживающий уровень воды в цилиндре на заданной высоте (рис. 3.3).

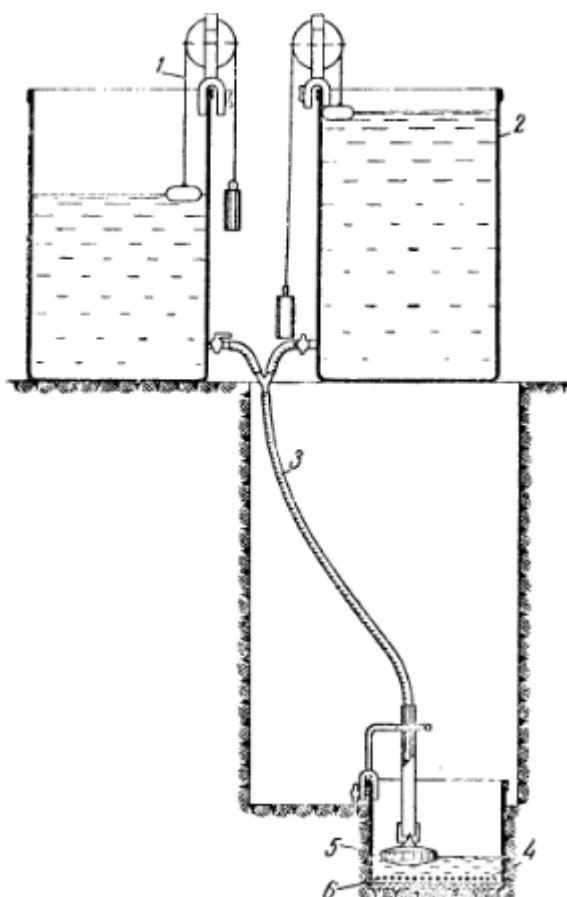


Рис. 3.3 Установка Е.В. Симонова по методу Н.К. Гирина

1 – мерная сантиметровая лента; 2 – мерный бачок; 3 – резиновая трубка $l = 6$ м; 4 – сетка; 5 – стальное кольцо; 6 – слой промытого крупного песка толщиной 2-3 см.

После заполнения цилиндра водой до установленной высоты проводят учет воды, расходуемой на инфильтрацию, на основании чего строится график зависимости расхода воды от времени (рис. 3.4). Кривая $Q = f(t)$ через некоторое время становится примерно параллельной оси абсцисс, что указывает на стабилизацию расхода воды. После того как в течение 2-3 часов средние расходы воды за определенные промежутки времени будут отличаться друг от друга не более чем на 10%, опыт можно прекратить. Ориентировочная продолжительность опыта по методу Гирина для мелкозернистых песков и супесей составляет порядка 5-10 часов, для слабо проницаемых пород – больше.

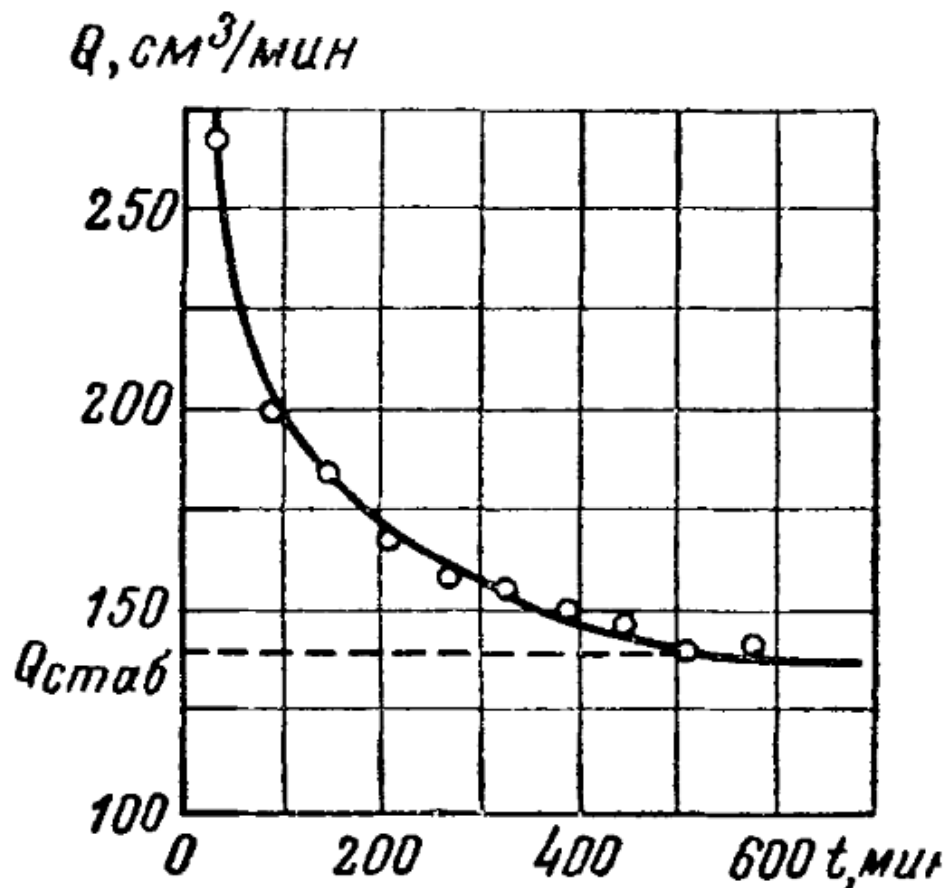


Рис. 3.4 Типовой пример кривой $Q = f(t)$

В породе, насыщаемой водой из шурфа, остается заземленный воздух, занимающей часть объема пор, что занижает значение коэффициента фильтрации, полученного опытным путем. Определение коэффициента фильтрации при отсутствии заземленного воздуха, то есть коэффициента фильтрации, соответствующего породе, залегающей ниже уровня подземных вод, производят по формуле:

$$k_p = k \cdot (a_1/a_2), \text{ м/сут};$$

где k_p и k – коэффициенты фильтрации при отсутствии и наличии заземленного воздуха; a_1 – коэффициент соответствующий пористости ненасыщенной породы; a_2 – коэффициент соответствующий пористости, значение которой численно равно объемной влажности породы, взятой непосредственно после проведения опыта.

Значения a_1 и a_2 можно определить по таблице 3.2.

ЗНАЧЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТОВ α В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПОРИСТОСТИ

Пористость, %	α
26	0,0119
27	0,0135
29	0,0169
31	0,0212
33	0,0260
35	0,0316
37	0,0381
39	0,0452
41	0,0534
43	0,0627
45	0,0730
47	0,0846

Для определения пористости и объемной влажности отбирают образцы пород под цилиндром с глубины до 30 см. При опыте в песках образцы отбираются в течение 5 минут после опыта, в супесях – в течение 15 минут.

Для одновременного определения с коэффициентом фильтрации величин капиллярного давления h_k и недостатка насыщения μ , параметров, применяемых при прогнозе неустановившейся фильтрации используется метод Н.Н. Биндемана. Сам метод предусматривает вычисление водопроницаемости ненасыщенных грунтов на основании уравнений неустановившегося движения, непосредственно опыт производится по способу Нестерова (рис. 3.2).

Н.Н. Биндеман предложил обрабатывать опыты на основе наблюдений за ходом инфильтрации воды во времени, ведя расчеты по следующей формуле:

$$K = \beta V / \omega t$$

где V – объем воды, израсходованной за время t от начала опыта; β – коэффициент, величина которого зависит от l/Z и определяется выражением $\beta = 1 - [(Z + h_k) / l] \ln[1 + l / (Z + h_k)]$.

Способ Н.Н. Биндемана удобен, прост и не требует длительного проведения опыта (стабилизация расхода воды во времени не обязательна);

он дает возможность неоднократно определять параметры по результатам одного опыта (определение осуществляется для разных значений t и t_1), показывает достаточно точные результаты и особенно эффективен при проведении опытов в слабопроницаемых породах. Наряду с водопроницаемостью можно определять величину капиллярного давления h_k (по вспомогательным графикам) и недостаток насыщения μ (по отношению объема воды V , поступившей в породы из внутреннего кольца, к объему увлажненных ею пород ωl , то есть $\mu = V/\omega l$).

Так же коэффициент фильтрации (водопроницаемости) при полевых испытаниях определяется в соответствии с ГОСТ 23278-78, для чего применяют экспресс-откачки и наливы. Экспресс-откачки и экспресс-наливы основываются на использовании наблюдений за изменением уровня воды в скважине в результате кратковременного отбора или налива воды и применяются при изучении фильтрационных свойств пород с относительно невысокой водопроницаемостью – от 0,01 до 5 м/сут.

В более проницаемых породах восстановление уровней в результате экспресс возмущения происходит очень быстро, и это обстоятельство ограничивает возможности применения экспресс методов.

Мгновенное снижение уровня воды в опытной скважине (экспресс-откачка) осуществляется быстрым ее отбором (желонкой, включением насоса, открытием задвижки), мгновенный подъем (экспресс-налив) – единовременным наливом воды или погружением под уровень воды какого-то емкого тела. Общий недостаток экспресс определений – зависимость искомых параметров от сохранности и состояния призабойной зоны опытной скважины и их малый диапазон действия (при незначительной степени возмущения параметры характеризуют небольшую зону вокруг скважины). Достоверность определения параметров может быть повышена за счет массовости экспресс определений и учета состояния призабойной зоны.

При проведении экспресс-налива (откачки) в несовершенную скважину в условиях квазиустановившейся фильтрации и при отсутствии влияния

границ потока для анализа результатов экспресс-налива (откачки) рекомендуется использовать зависимость вида:

$$\ln(S_0/S_t) = (Kl_p/\omega) * t$$

где S_0 и S_t – положения уровня по отношению к статическому на начало опыта и через время t ; l_p – расчетная длина рабочей части скважины, определяемая в зависимости от ее диаметра и размеров фильтра. Для несовершенной скважины с длиной фильтра l_0 и радиусом r_c рабочая длина $l_p = 2,73 l_0 / \lg(0,7 l_0 / r_c)$, а для скважины, работающей только дном, $l_p = 10 r_c$.

График зависимости $\ln(S_0/S_t) = f(t)$ представляет собой прямую линию с угловым коэффициентом $C = Kl_p/\omega$, чем и можно воспользоваться при определении коэффициента фильтрации. Сняв с прямолинейной части графика $\lg(S_0/S_t) = f(t)$ величину углового коэффициента C или координаты любой ее точки $\lg(S_0/S_t)$ и t , коэффициент фильтрации определим по формуле:

$$K = 2,3(C\omega/l_p) \text{ или } K = 2,3(\omega/l_0 t) \lg(S_0/S_t)$$

Аналогичным образом можно обрабатывать и результаты экспресс-откачек. При этом вместо повышений уровня рассматриваются его понижения по отношению к исходному статическому уровню перед опытом. Для исключения влияния на работу опытных скважин границ пласта в разрезе необходимо заглублять их фильтр под уровень воды не менее чем на полторы его длины.

При проведении экспресс-налива (откачки) в совершенную скважину обработка результатов возможна на основе приближенной зависимости, определяющей изменение уровня на конечных стадиях опыта:

$$S_t = V/(4\pi Tt)$$

где S_t – повышение или понижение уровня через время t после опыта; $V = \omega S_0$ – объем воды, прилитой или отобранной в процессе возмущения (ω – сечение скважины, S_0 – повышение или понижение уровня воды при экспресс-опробовании).

Обработка опыта может проводиться графико-аналитическим способом – построением графика $S_t = f(l/t)$, который представляет собой прямую линию с угловым коэффициентом $C = V/(4\pi t)$. Следовательно, по величине C может быть определена водопроницаемость $T = V/(4\pi C)$. В принципе по любой точке прямолинейной части графика $S_t = f(l/t)$ водопроницаемость может быть определена по формуле:

$$T = V/(4\pi S_{it}) = 0,08(V/S_{it})$$

Также для определения коэффициента водоотдачи (гравитационной или упругой) применяются кустовые откачки из скважин, а также стационарные наблюдения за уровнем подземных вод.

Опытные откачки, наливов, нагнетания предназначаются для определения: фильтрационных характеристик водоносных слоев – коэффициента фильтрации, водоотдачи, уровнепроводности, пьезопроводности, параметров перетекания; взаимосвязи между водоносными слоями и связь их с поверхностными водами. По сравнению с наливками и нагнетаниями опытные откачки более эффективны, так как они точнее характеризуют водоносные слои и процесс водопонижения.

Опытные откачки следует назначать кустовые и одиночные. При кустовых откачках используется опытный куст, состоящий из одной или нескольких центральных и ряда наблюдательных скважин. Из центральных скважин производится откачка, отбор проб на химические анализы и замеры уровня воды, из наблюдательных – ведутся наблюдения за изменениями в процессе откачек уровней, а иногда также за химическим составом и температурой воды.

Центральные скважины, если их несколько, располагаются, как правило, по многоугольнику (или кругу), имитируя кольцевую систему, рассматриваемую как «большой колодец», наблюдательные – по лучам от центра системы в разные стороны, чаще всего по направлению потока и перпендикулярно к нему.

Одиночные откачки из отдельных скважин (без наблюдательных) позволяют получить лишь приближенные значения фильтрационных характеристик горных пород. Однако их применение (из-за мобильности и небольших затрат) в большом количестве позволяет осветить изменчивость фильтрационных свойств горных пород на большой территории.

Опытные наливов и нагнетания рекомендуется применять (с той же целью, что и откачки) при отсутствии необходимого оборудования для опытных откачек: наливов – в основном при изучении фильтрационных свойств трещиноватых скальных пород, нагнетания (под повышенным давлением) – при низких фильтрационных свойствах пород.

С помощью откачек (наливов, нагнетаний) можно изучать водоносный слой или его отдельные зоны (участки, интервалы) по высоте. Однако данные зонного изучения недостаточно точны, и их использование целесообразно, в основном, для сравнительных оценок изменения фильтрационных свойств горных пород по высоте (толщине) водоносного слоя.

4. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВОДОПОДГОТОВКЕ И МЕТОДАМ РЕАБИЛИТАЦИИ СИСТЕМ ИНФИЛЬТРАЦИИ ЛИВНЕВЫХ И СТОЧНЫХ ВОД

- 4.1. Нормативные требования для сброса ливневых и сточных вод в инфильтрационных системах. Основные требования к системам очистки стоков.

Нормативных требований к качеству вод, сбрасываемых в системы инфильтрации не существует. Разрешение на отведение сточных вод на рельеф (в системы инфильтрационных каналов или котлованов) выдаёт Росприроднадзор (отдел нормирования). Точку сброса необходимо согласовать с территориальным органом Роспотребнадзора (СЭС).

При этом, требования к очистке стоков определяется местом сброса и/либо характером их дальнейшего использования.

В большинстве случаев, при сбросе стоков в системы инфильтрации применяются нормативные требования для сброса в подземные воды. Таким образом, степень очистки сбрасываемых вод должна соответствовать гигиеническим требованиям к охране подземных вод от загрязнения СП 2.1.5.1059-01.

Так же в СНиП 2.04.03-85 «канализация. Наружные сети и сооружения» указаны нормативы для очистки бытовых сточных вод ГОСТ 25298-82 и приведены указания для полей подземной фильтрации и для обработки осадка сточных вод.

При проектировании систем очистки стоков необходимо учитывать СанПиН 2.1.5.980-00 "Гигиенические требования к охране поверхностных вод", СанПиН 2.1.4.544-96 "Требования к качеству воды нецентрализованного водоснабжения. Санитарная охрана источников", т.к. они устанавливают выбор места, оборудование и содержание водозаборных конструкций и территорий, прилегающей к

ним. Это связано с тем, что очистные сооружения могут оказывать воздействие на качество поверхностных и подземных вод. Так же СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 "Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы", раздел "Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов" предусматривает организацию санитарно-защитных зон (СЗЗ) и создание определенных нормативных расстояний до жилых домов от систем очистки сточных вод различной производительности.

В ряде случаев, к сточным водам, сбрасываемым в системы инфильтрации применяются требования, соответствующие системам сброса в поверхностные водоемы, степень их очистки должна соответствовать требованиям СанПиН 2.1.5.980-00 от 22.06.2000 г. «Гигиенические требования к охране поверхностных вод» и правилам охраны поверхностных вод. (Типовые положения), Москва 1991 г.:

Водопитьевых: Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. СанПиН 2.1.4.559-96., а так же Требования к качеству воды нецентрализованного водоснабжения. Санитарная охрана источников. СанПиН 2.1.4.544-96.

Рыбохозяйственных: Приказ Росрыболовства от 18.01.2010 г №20 «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения»;

Культурнобытовых: Гигиенические нормативы ГН-2.1.5.1315-03 «Предельно-допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования» (утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 27 апреля 2003 г.)

4.2. Методы очистки сточных вод

Методика очистки сточных вод в каждом конкретном случае в зависимости от требуемого конечного качества продукта может предусматривать следующие виды обработки:

- предварительная очистка: включает в себя пропускание через сито (удаление крупных твердых частиц), удаление песка (через посредство ванн седиментации), предварительную аэрацию, извлечение масляных частиц (воздушной продувкой на поверхность сгоняется большая часть масел и жиров), просеивание (удаление взвешенных частиц при помощи вращающихся сит);
- первичная очистка выполняется путем седиментации: в ванне седиментации посредством механической декантации сепарируется значительная часть осаждающихся твердых частиц. Процесс может форсироваться путем применения химических добавок (флокулянтов): в ваннах флокуляционного осветления повышается выпадаемость твердых частиц, а также выпадаемость неосаждаемых взвешенных частиц;
- вторичная очистка с применением аэробных бактерий, обеспечивающих биологическое разрушение органической нагрузки, таким образом осуществляется биологическое окисление взвешенного биологически разрушаемого органического вещества, растворенного в сточных водах. Методы очистки могут подразумевать процессы с взвешенной биомассой (активные грязи), когда грязь поддерживается в состоянии постоянного перемешивания с нечистотами, и процессы с адгезионной биомассой (предусматривающие перколяторную основу или вращательно-бидисковую подложку), в ходе которых обеззараживающие бактерии присоединяются к фиксированной основе;
- очистка третьего уровня применяется после первичной и вторичной в случае, когда в соответствии с требованиями качества, предъявляемым

к очищенной воде, из нее должны удаляться питательные вещества (нитраты и фосфаты);

– нитрификация, денитрификация, дефосфоризация: очистные процессы, обеспечивающие соответственно превращение органического азота в нитраты, разложение нитратов с образованием газообразного азота, удаление из сточной воды растворимых солей фосфора;

– финишная дезинфекция применяется, когда требуется обеспечить полную санитарно-гигиеническую безопасность сточной воды.

Методика предусматривает использование реагентов на основе хлора либо озонирование, либо обработку ультрафиолетовым облучением.

Помимо выше перечисленных способов существуют еще две технологии естественной очистки сточных вод, которые вполне могут применяться в качестве очистки второго или третьего уровня. Это фитоочистка и биологическое отстаивание (или лагунирование). Обе технологии применяются главным образом в небольших водоочистных сооружениях или в районах, где имеется возможность использовать обширные территории. Суть фитоочистки заключается в том, что сточную воду постепенно заливают в ванны или каналы, где поверхность (глубина воды 40–60 см) находится непосредственно под открытым небом, а дно, находящееся все время под водой, служит основой корней особого вида растений. Задача растений – способствовать созданию микросреды, пригодной для размножения микробной флоры, осуществляющей биологическую очистку. Пройдя очистную ванну, вода медленно, причем в объеме, равном залитому объему воды, направляется на дальнейшее использование.

4.3. Процессы, происходящие при не соблюдении требований к очистке стоков.

При не соблюдении требований к очистке стоков могут происходить процессы кольматажа оборудования.

Термин кольматаж (фр. colmatage – закупорка, засорение, естественная цементация) используется для объяснения причин снижения фильтрационных характеристик водовмещающих пород и грунтов в зоне, примыкающей к водозаборным/водосбросным сооружениям. В зарубежной литературе термин «кольматация» применяется для обозначения процесса механического осаждения частиц в поровом пространстве, а для обозначения химического осаждения различных минеральных соединений используется термин инкрустация (от англ. incrustation - образование корки, кора, плотное отложение). Эффективность работы систем водозаборных/водосбросных сооружений значительно зависит от кольматационно – суффозионных процессов на контактах сооружений с породами, гравийной обсыпкой. В ходе длительной эксплуатации систем сброса стоков в грунты и подземные воды в большинстве случаев наблюдается снижение их производительности, обусловленное отложением в отверстиях фильтров, порах гравийной обсыпки и водоносных породах осадков физико–химического и биологического происхождения .

Сущность этих процессов необходимо знать как для разработки методов подбора и расчета водосбросного оборудования, так и для формулирования рекомендаций по поддержанию стабильного дебита закачки/сброса во времени за счет применения комплекса профилактических мер и ремонтных работ.

Прямым следствием кольматажа является снижение скоростей инфильтрации, рост выходных гидравлических сопротивлений и снижение эффективности систем инфильтрации. Процесс кольматообразования протекает на различных этапах работы водозаборных сооружений, в разнообразных геологических и гидрогеологических условиях, а его интенсивность и характер изменяются во времени и пространстве.

Различают три вида кольматажа:

- механический (заиливание);
- биологический (заиливание);
- химический (выпадение и осаждение минерального осадка в виде солей (гипс, кальцит), железа и т.д.).

В системах инфильтрации заиливание связано отложением нерастворимых в воде осадков (мелко- и тонкозернистых песков, тонкодисперсных глинистых частиц, хлопьев гидроокиси железа или бактериальных колоний и т.д.), при недостаточной степени очистки сбрасываемых вод, с заполнением внутреннего объема инфильтрационных блоков/тоннелей. При заиливании, заполнение рабочего пространства механическими примесями происходит параллельно с органическими.

При содержании песка и других механических примесей больше 50 мг/л начинается повышенный износ узлов и деталей насосов и труб в системах сброса в инфильтрационные тоннели/котлованы. В соответствии с требованиями ГОСТ 25298-82 содержание взвешенных веществ должно быть не более 325 мг/л.

Солеотложение крайне негативно влияет как на фильтрационные свойства оснований систем инфильтрации, так и на безопасность эксплуатации систем трубопроводов. Оно вызывает усиление локальной коррозии металла труб, что приводит к их ускоренному разрушению. Кристаллические образования неорганических солей на рабочих органах насосов приводят к повышенному их износу.

Еще одним важным параметром для надежности и безопасности эксплуатации систем сброса и закачки сточных вод является содержание железа в сточных водах. Форма нахождения железа в воде зависит от рН и содержания кислорода и возможно в виде: двухвалентное, трехвалентное, органическое, бактериальное и коллоидное. Растворенное двухвалентное железо при контакте с кислородом окисляется до трехвалентного, становится нерастворимым.

По статистике в 85% случаев в исходных водах содержание железа и марганца выше установленных нормативных требований (0,3 мг/л для железа). Трехвалентное железо также может существовать в форме неорганических солей или в составе органических комплексов. Железо вызывает развитие железобактерий, отложение осадка в трубах и на рабочих органах насосов и ведет к их засорению и увеличению износа.

4.4. Методы регенерации

Методы регенерации систем сброса/закачки сточных вод в зависимости от характера воздействия делятся на реагентные, импульсные и импульсно-реагентные.

Реагентные методы основываются на растворении кольматанта реагентами, подаваемыми в системы сброса. Однако, применимость такого метода сильно ограничена ввиду негативного воздействия на качество подземных вод в зоне расположения системы сброса.

Импульсные методы восстановления дебита закачки основаны на создании внутри сбросных сооружений мгновенного перепада давления, что приводит к ударным нагрузкам разной интенсивности и появлению фильтрационных потоков переменного направления при значительных градиентах. Совокупное действие ударных и фильтрационных сил оказывает разрушающий эффект на кольматант, цементирующий фильтр и призабойную зону скважины. Применимость метода в условиях инфильтрационных систем сброса крайне низка вследствие невозможности создания значительных перепадов давления в таких системах.

Импульсно-реагентные методы были разработаны институтом ВНИИ ВОДГЕО для восстановления дебита систем, эксплуатировавшихся длительное время или имеющих неоднородную в разрезе прифильтровую зону. Сочетание разрушения кольматанта с интенсивным гидродинамическим воздействием улучшило извлечение

кольматирующих образований. Данный метод имеет те же ограничения, что и приведенные выше.

Таким образом, несоблюдение требований к очистке сбрасываемых сточных вод, может привести к снижению эффективности или полному выходу из строя систем инфильтрации, что может потребовать их полного извлечения с механической очисткой/заменой модулей.

ИНФИЛЬТРАЦИОННЫЕ ТОННЕЛИ И БЛОКИ

Made in Germany



ИНФИЛЬТРАЦИОННЫЙ ТОННЕЛЬ

Разработан для использования в загородном строительстве и частных домах. Система состоит из одного или нескольких тоннельных модулей и двух концевых заглушек. Выдерживает нагрузки весом до 3,5 тонн/кв.м.

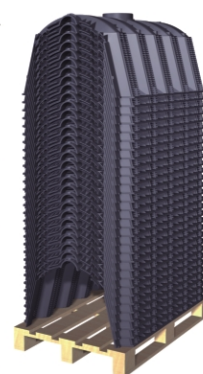
Удобно транспортировать и хранить тоннели вложенными друг в друга.

12 000 литров инфильтрующего объема на одной палете (40 модулей) — серьезная экономия при перевозке и хранении!

Система удобно конфигурируется в зависимости от задач и условий местности.

Вес модуля 11 кг — не требует подъемного оборудования.

Расположение модулей можно организовать в одну или несколько линий. Возможна попарная стыковка модулей (Twin).



Технические данные	Дренажный тоннель	Дренажный тоннель Twin
Емкость, л	300	600
Длина, мм	1220	1220
Ширина, мм	800	800
Высота, мм	510	1020
Соединения DN	DN 100, 150, 200, 300	DN 100, 150, 200, 300
Вес, кг	11	22
Материал	100% полипропилен	100% полипропилен



ИНФИЛЬТРАЦИОННЫЙ БЛОК

Предназначен для построения самых разнообразных инфильтрационных систем.

Простота стыковки блоков позволяет удобно наращивать систему в трех измерениях.

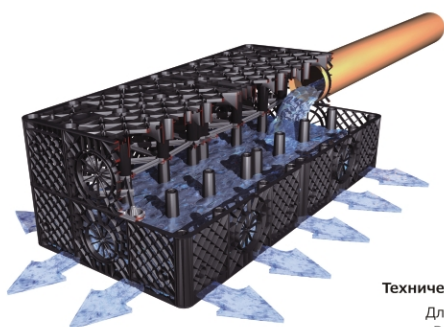
Общий объем не имеет ограничения.

Вес блока 15 кг — при строительстве не нужна подъемная техника.

Объем блока 300 литров — великолепные дренажные свойства.

Каждый блок заменяет 800 кг щебня, 36 м дренажной трубы.

Выдерживает вес грузового автомобиля



Технические данные

Длина 1200 мм
Высота 420 мм
Ширина 600 мм

