

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ, МОЛОДЕЖИ И СПОРТА УКРАИНЫ
ХАРЬКОВСКАЯ НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ ГОРОДСКОГО ХОЗЯЙСТВА

Д. В. Дядин, Л. П. Свиренко

КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ
по учебной дисциплине

**«ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОДЗЕМНЫХ
ВОД НА УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ»**

(для студентов 5 курса дневной и 6 курса заочной форм обучения
специальности 7.04010601 «Экология и охрана окружающей среды»
(7.070801 «Экология и охрана окружающей среды»))

Харьков
ХНАГХ
2011

Дядин Д. В. Конспект лекций по учебной дисциплине «Особенности использования подземных вод на урбанизированных территориях» (для студентов 5 курса дневной и 6 курса заочной форм обучения специальности 7.04010601 «Экология и охрана окружающей среды» (7.070801 «Экология и охрана окружающей среды»)) / Д. В. Дядин, **Л. П. Свиренко**; Харьк. нац. акад. гор. хоз-ва. – Х.: ХНАГХ, 2011. – 57 с.

Авторы: Д. В. Дядин,
Л. П. Свиренко

Рецензент: к. т. н. В. В. Яковлев

Рекомендовано кафедрой инженерной экологии городов,
протокол № 1 от 30.08.2010 г.

СОДЕРЖАНИЕ

ВСТУПЛЕНИЕ	4
1. ОХРАНА ПОДЗЕМНЫХ ВОД УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ ..	10
1.1 Источники загрязнения подземных вод в городах. Состав загрязняющих веществ.....	10
1.2 Качество питьевой воды централизованного водоснабжения (гигиенические требования)	17
2. ТЕХНОГЕННЫЕ НАРУШЕНИЯ РЕЖИМА И БАЛАНСА ГРУНТОВЫХ ВОД.....	22
2.1 Водный баланс территории города.....	22
2.2 Подтопление территории городов и промышленных объектов. Инженерные меры по защите	28
2.3 Инженерные мероприятия для предупреждения явлений подтопления на осваиваемой территории	35
2.4 Классификация и характеристика дренажей в промышленном и гражданском строительстве	41
2.5 Нагрузки, воздействующие на дренажные устройства	46
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	53
ПРИЛОЖЕНИЕ	55

ВСТУПЛЕНИЕ

Урбанизированные территории и подземные воды: современные проблемы

На рубеже тысячелетий, т. е. в начале 21-го века, в городах мира проживало 2 млрд 860 млн жителей, т. е. примерно 50% всего населения Земли.

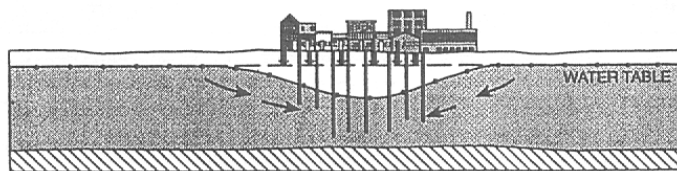
Количество городских жителей возрастает со скоростью около 200 тыс. человек в день, и при таком темпе роста к 2030 г. городское население уже будет преобладать в составе жителей Земли, общее количество которых, по прогнозам, достигнет 8,6 млрд.

Города являются энергетическими и финансовыми центрами стран, однако перед ними стоит сложная комплексная проблема: создание и устойчивое поддержание здоровых условий жизни для населения. Важнейшим компонентом таких условий является качественная питьевая вода. В качестве перспективного источника питьевого водоснабжения населения рассматривают подземные воды, отдавая им предпочтение перед поверхностными.

В ходе исторического развития города, роста его населения, промышленной и социальной инфраструктуры и т. д. меняются состояние, гидрохимические и гидродинамические характеристики подземных вод. Особенное значение имеет система канализования (отведения) стоков, которая используется в городе или городском поселении.

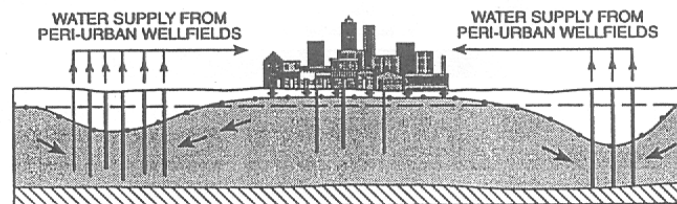
Можно выделить несколько характерных стадий в развитии взаимоотношений в системе город – подземные воды (рис. 1).

А) *Начальный этап существования поселения.* Для питьевых нужд используется вода из родников и колодцев, т. е. грунтовые воды. Приемником стоков служит почвенный слой и породы верхней части разреза (зоны аэрации).



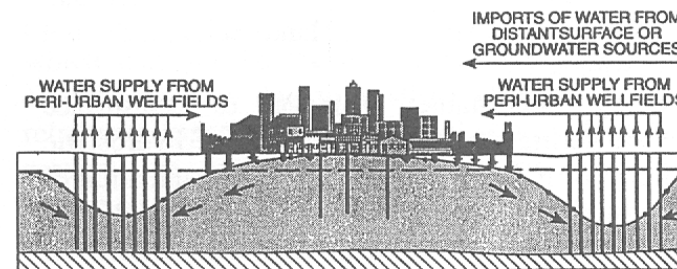
(a) town becomes city

- Water table lowered beneath city, wells deepened.
- Wastewater discharged to ground.
- Shallow groundwater in city centre becomes polluted.
- Subsidence can occur if aquifer is unconsolidated and interbedded.
- Expansion of pluvial drainage to ground and local watercourses.



(b) city expands

- Aquifer beneath city largely abandoned because of contamination.
- Water table begins to rise beneath city due to cessation of pumping and high urban recharge.
- Significant water table decline in city periphery due to heavy abstraction from wellfields.
- Incipient contamination of urban wellfields by groundwater recharged beneath city centre.



(c) city expands further

- Wellfields unable to cope with increased demand and threatened by outward growth of city.
- Expensive water imports from distant sources or conjunctive use schemes necessary.
- Water table rises beneath city nucleus - problems of flooding, wastewater disposal etc.
- Scope reduced for (low cost) pluvial drainage to ground.

Figure 2. Evolution of water supply and waste disposal in a typical city underlain by a shallow aquifer.

Рис. 1 – Развитие системы водоснабжения города (Morris V. et al, 1997)

Б) В связи с ростом населения города и возрастающей потребностью в воде, а также ухудшением качества воды в колодцах используется вода из скважин, которые бурят в городе.

Интенсивный водоотбор подземных вод приводит к формированию депрессионной воронки в подземной гидросфере на территории города. Наличие воронки способствует затягиванию вглубь загрязненных грунтовых вод.

Городские стоки, а также инфильтрующиеся через свалки и загрязненные участки почв атмосферные осадки загрязняют грунтовые воды и проникают в более глубокие водоносные горизонты.

В) Городская агломерация не в состоянии удовлетворить потребности в воде за счет собственных источников.

Основными источниками водоснабжения служат либо кусты скважин по периферии агломерации, либо импортируемая из других бассейнов вода (дорогая). Сокращается отбор воды на территории города из верхних загрязненных водоносных горизонтов, что приводит к повышению уровня грунтовых вод и формированию участков подтопления.

Серьезную проблему представляют полигоны отходов и утечки из них.

В 50–60-х годах прошлого столетия внимание исследователей было привлечено к изучению взаимосвязи между ростом населения городов и особенностями поверхностного стока на их территории, затоплением территории городов и другими явлениями. В результате сформировалась ветвь науки «гидрология урбанизированных территорий».

За последние 25 лет подземные воды «вышли из тени», и направление, связанное с изучением их особенностей на урбанизированных территориях, обрело мировое признание.

Представителями гидрогеологической науки разных стран были высвечены следующие проблемы, характерные для городских территорий:

- влияние накопителей сточных вод на подземные воды;
- присутствие в водоносных горизонтах, развитых на промышленных урбанизированных территориях в Европе, стойких органических загрязнителей;

- выявление влияния удобрений, использованных при уходе за газонами, на подземные воды;

- влияние на качество воды антиобледенителей, используемых на аэродромах, городских улицах и т. д.;

- было привлечено внимание к утечкам из емкостей очистных сооружений, канализационных магистралей и труб водораспределительной сети как дополнительным источникам питания подземных вод.

Таким образом, можно выделить две группы проблем, связанных с состоянием подземных вод на урбанизированных территориях:

1. Загрязнение за счет утечек из местных источников.

2. Тенденция к повышению уровня грунтовых вод (при возможном формировании депрессионных воронок на определенных участках территории и этапах эксплуатации подземных вод).

Основные факторы, влияющие на динамику и состав подземных вод на урбанизированных территориях:

1. Положение территории (рельеф, речная сеть, осадки, испаряемость и т. д.);

2. Геологическое строение;

3. Социально-экономические факторы:

- плотность населения;

- система водоснабжения;

- наличие канализационной сети;

- промышленное производство;

- транспортные системы и др.

4. Правовые и политические аспекты.

Необходимо всегда иметь в виду тесную связь между поверхностными и подземными водами.

Таким образом, для устойчивого функционирования городов необходим эффективный менеджмент подземных вод, который учитывает важнейшие для

каждого конкретного случая факторы, но базируется на следующих основных принципах:

- «бассейновый» подход к управлению;
- использование рыночного механизма для управления водными ресурсами;
- привлечение инвесторов (акционеров) для решения проблем города, связанных с состоянием подземных вод;
- обеспечение беднейшим потребителям возможности доступа к качественной питьевой воде;
- сбалансированное и всеобъемлющее законодательство и нормирование в области регулирования водных ресурсов;
- укрепление институций, обеспечивающих выполнение норм и законов.

На рис. 2 проиллюстрированы примеры последствий нерационального обращения с подземными водами на территории г. Харьков – образование мощных депрессионных воронок в уровненой поверхности верхнемелового водоносного горизонта вследствие его чрезмерной эксплуатации (1965 г.) и развитие подтопления на территории города (1998 г.), связанного с нарушением водообмена в водоносных толщах, нерациональной застройкой и созданием водохранилищ.

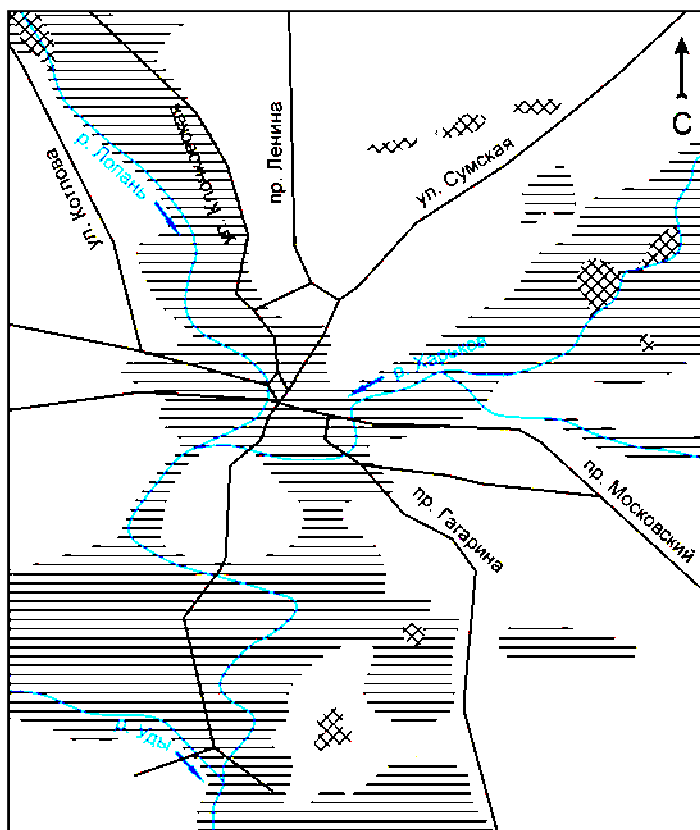
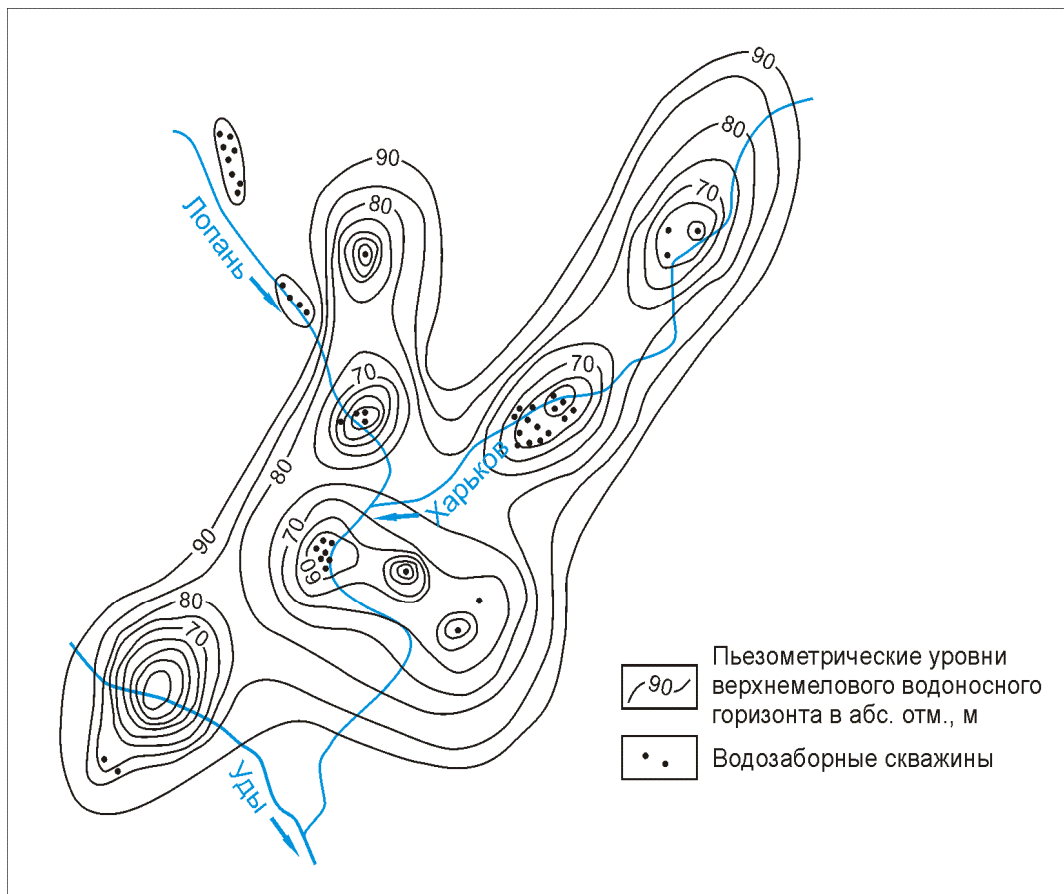


Рис. 2 – Последствия нерационального обращения с подземными водными ресурсами на территории Харькова

1. ОХРАНА ПОДЗЕМНЫХ ВОД УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

1.1 Источники загрязнения подземных вод в городах. Состав загрязняющих веществ

В США около трети населения, или 86 млн человек, используют для питьевых целей воду из подземных источников. Исследования, проведенные Геологической службой США (USGS), показали, что растворители и другие вещества, используемые в промышленности, присутствуют в подземных водах, используемых для питьевого водоснабжения от 35 до 50 млн американцев (Squillance et al., 1999). В 47 % скважин на территории городов были обнаружены летучие органические соединения (одно или более). Стандарты US EPA (Агентство по защите окружающей среды США) нарушены в 6,4 % скважин, пробуренных на территории городов.

Загрязнители, которые могут присутствовать в подземных водах на территории городов, представлены следующими группами:

- такие микробные загрязнители, как вирусы и бактерии, источником которых чаще всего являются фекалии;
- неорганические загрязнители (соли, ионы металлов), источниками которых в воде могут быть как природные образования (горные породы, почвы), так и ливневой сток с территории города, бытовые и промышленные стоки и т. д.;
- органические химические загрязнители (отходы технологических процессов, нефтепереработки и т. п.);
- радиоактивные загрязнители, которые могут попадать в воду из природных или техногенных источников (например, накопителей жидких или твердых отходов).

Для территорий крупных городов установлены следующие основные источники загрязнения подземных вод и связанные с ними типичные загрязнители.

Сточные воды

Хотя большинство крупных городов, по крайней мере, в Европе и США, оборудованы смывной канализацией (в Великобритании 97 % городов), этим системам часто свойственны утечки. Стоки поступают в подземные воды в результате утечек из трубопроводов, коллекторов, очистных сооружений. По данным на 1997 год, в Германии утечки из канализационной сети в почвы и грунтовые воды составляли ориентировочно 100 млн м³. В США ежегодные утечки из канализационной сети оценивают в 950 млн м³.

Сточные воды характеризуются разнообразием состава, что связано с разнообразием видов человеческой деятельности и со смешением в стоках вод разного происхождения (бытовых, от торговых предприятий, промышленности и т. д.).

Общими для сточных вод являются следующие характеристики:

- высокий показатель БПК;
- высокое содержание взвешенных веществ;
- высокое содержание хлоридов;
- высокая концентрация азота;
- присутствие фекальных бактерий (*Salmonella*, *Shigella*, *Escherichia coli*);
- органический углерод присутствует в составе углеводов, жиров, протеинов, аминокислот, других сложных соединений;
- могут присутствовать гормоны, витамины, хлор-углеводородные соединения, пестициды;
- синтетические моющие, которые являются типичными загрязнителями бытовых сточных вод и служат источником фосфора, хлоридов, сульфатов, бора;
- неорганические загрязнители, которые обнаруживают в сточных водах, включают большой перечень компонентов;
- смешение бытовых стоков с промышленными дает огромное разнообразие загрязнителей (в подземных водах Германии только органических соединений установлено более 200 видов);

– микроорганизмы: бактерии, вирусы, паразиты. Есть данные о возможности наличия в сточных водах более 100 видов вирусов.

Факторы, влияющие на жизнеспособность бактерий и вирусов в подземных водах (время выживания, *survival time*): температура (при низкой температуре продолжительность больше), величина pH (щелочная среда более благоприятна), содержание влаги в почве (высокая влажность предпочтительна для микроорганизмов), высокое содержание органики повышает жизнеспособность и способствует размножению микроорганизмов, и т. д.

Свалки твердых отходов (бытовых и промышленных)

Складирование отходов на поверхности земли или в имеющихся выемках, образовавшихся при разработке песка, гравия или глины, практиковалось в разных странах в течение столетий, причем часто без разрешения и контроля.

«Санитарные свалки» предполагают уплотнение отходов и ежедневное перекрытие их грунтом в период заполнения, а при закрытии – устройство специального покрывающего слоя (рис. 3).

Нередко в свалках или на полигонах происходит смешивание бытовых и промышленных отходов.

Фильтрат из свалок

В результате реакций, которые протекают в теле полигона (свалки), и фильтрации через него атмосферных осадков образуется фильтрат, который может просачиваться в грунтовые воды. Состав фильтрата формируется в зависимости от влияния следующих факторов: состава твердых отходов; процессов, происходящих в теле полигона (физические, химические, биологические); условия внутри тела полигона (окислительно-восстановительный потенциал, pH, содержание влаги); возраст полигона.

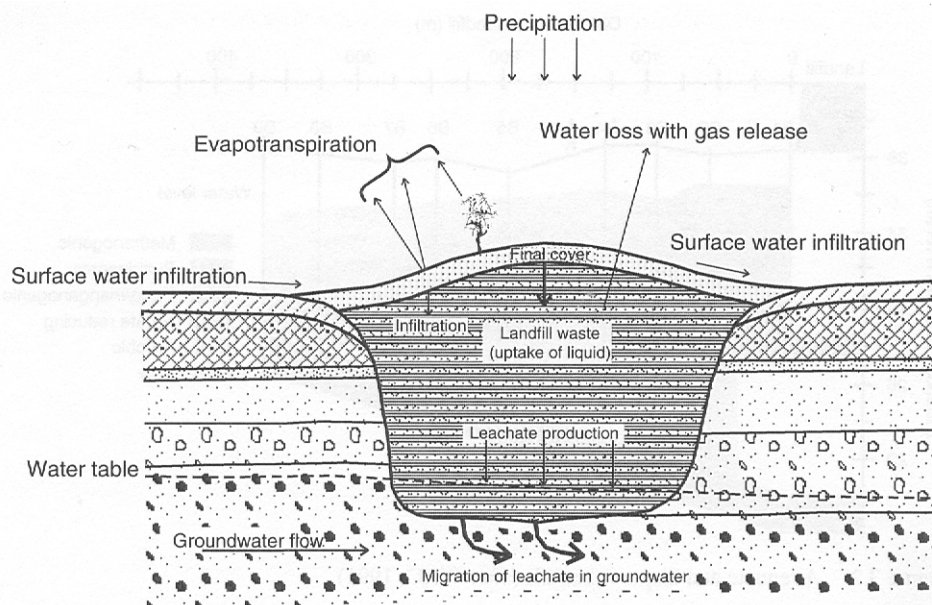


Рис. 3 – Строение полигона твердых отходов (S. Zhang et al.)

Вариации состава фильтрата (в различных странах, с разным соотношением бытовых и промышленных отходов) представлены в табл. 1.

Табл. 1 – Химический состав фильтрата из полигонов твердых отходов (по данным ВОЗ, 1991)

Показатель, мг/л	Бытовые отходы (UK)	43 % промышленных отходов (Pisea, UK)	Промышленные и бытовые отходы (Rainham, UK)	66% промышленных отходов (Granmo, Norway)	Промышленные и бытовые отходы (Ceder Hills, US)
pH, ед.	5,8 – 7,5	8,0 – 8,5	6,9 – 8,0	6,8	5,4
ХПК	100 – 62400	850 – 1350		470	38000
БПК	2 – 38000	80 – 250		320	24500
Органический углерод	20 – 19000	200 – 650	77 – 10000	100	
Летучие кислоты (C1-C6)	ND – 3 700	20	600 – 10000	10	7100
Азот аммонийный	5 – 1000	200 – 600	90 – 1700	120	
Азот органический	ND – 770	5,20			62
Nitrate-N	0,5 – 5			0,04	
Nitrate-N	0,2 – 2	0,10 – 10	8,0		
Ортофосфаты	0,02 – 3	0,20		(Total) 0,6	(Total) 11,3
Хлориды	100 – 3000	3400	400 – 1300	680	
Сульфаты	60 – 460	340	150 – 1100	30	
Na	40 – 2800	2185	200	462	
K	20 – 2050	888	50 – 125	200	
Mg	10 – 480	214			66
Ca	0,05 – 1,0	0,05	0,5	0,02	1,05
Mn	0,3 – 250	0,5			
Fe	0,1 – 2050	10	0,6 – 1000	70	810

Показатель, мг/л	Бытовые отходы (UK)	43 % промышленных отходов (Pisea, UK)	Промышленные и бытовые отходы (Rainham, UK)	66% промышленных отходов (Granmo, Norway)	Промышленные и бытовые отходы (Ceder Hills, US)
Ni	0,05 – 1,70	0,04	0,5	0,1	1,20
Cu	0,01 – 0,15	0,09	0,5	0,09	1,30
Zn	0,05 – 130	0,16	1,0-10	0,06	155
Cd	0,005 – 0,01	0,02		0,000	0,03
Pb	0,05 – 0,60	0,10	0,5	0,004	1,40
Фенолы		0,01	ND – 2,0		
Цианиды		0,01	0,09 – 0,52		
Хлоорганические пестициды			0,01		
Фосфорорганические пестициды		0,05			
Полихлорированные бифенилы		0,05			

С возрастом полигона концентрация загрязнителей в фильтрате снижается, а значение рН повышается, переходя из кислой области в щелочную (табл. 2).

Табл. 2 – Типичный состав фильтрата из новых и старых бытовых отходов (по данным ВОЗ, 1991)

Показатель, мг/л	Фильтрат из свежих отходов	Фильтрат из старых отходов
рН, ед.	6,2	7,5
ХПК	23 800	1160
БПК	11900	260
Органический углерод	8 000	465
Жирные кислоты (на С)	5688	5
Азот аммонийный	790	370
Азот окисленный	3	1
Ортофосфаты	0,73	1,4
Хлориды	1315	2080
Na	960	1300
Mg	252	185
K	780	590
Ca	1820	250
Mn	27	2,1
Fe	540	23
Ni	0,6	0,1
Cu	0,12	0,3
Zn	21,5	0,4
Pb	8,4	0,14

Промышленные жидкие отходы

Промышленные жидкие отходы являются потенциально очень опасными загрязнителями подземных вод, т.к. имеют большие объемы и нередко включают токсичные вещества, специфика которых зависит от источника загрязнения, т. е. вида производства (табл. 3, 4). Накапливают их обычно в специальных емкостях, которые устраивают в грунте.

Табл. 3 – Характеристика промышленных жидких отходов [15]

Источник отходов	Характеристика загрязнителей
Пищевая промышленность	БПК, взвешенные вещества, коллоидные и растворенные органические соединения, запах
Текстильное производство	Взвешенные вещества, БПК, щелочная среда
Кожевенное производство	БПК, минерализация, жесткость, хлориды, сульфиды, хром
Производство клеев и уплотнителей	Органические растворители
Целлюлозно-бумажное производство	Неорганические соли
Производство различных химических веществ	
Моющие средства	БПК, мыльные растворы
Взрывчатые вещества	Органические кислоты, спирты, нефтепродукты
Инсектициды, гербициды	Органический углерод, токсичные производные бензина
Синтет. резина и волокна	БПК
Чернила и паста для печати	Растворители
Кислоты	Низкий pH
Краска и шпатлевка	Органические растворители, иногда хлорированные; тяжелые металлы, включая Pb, Zn, Cr
Бензин, нефтехимия	БПК, хлориды, фенолы, соединения серы, взвешенные вещества, изменения pH
Литье металлов	Взвешенные вещества, фенолы, нефтепродукты, низкий pH
Электротехническое произ-во	Медь и другие тяжелые металлы, метанол, изопропанол
Гальваническое производство и металлообработка	Токсичные тяжелые металлы (иногда в виде шламов), низкий pH
Машиностроение	Взвешенные вещества, растворимые нефтепродукты, редкоземельные металлы
Деревообработка	Креозот, пентахлорфенол, иногда соединения меди и хрома
Тепловые электростанции	Повышение температуры воды; растворенные соли

Табл. 4 – Промышленные источники некоторых химических веществ-загрязнителей [15]

Компонент	Источники поступления (сточные воды)
Мышьяк	Металлургия, производство стекла и керамики, кожевенное производство, красящие материалы, производство пестицидов, химическая промышленность, нефтеперегонка, редкоземельное производство
Барий	Изготовление красок и пигментов, металлургия, стекольное и керамическое производство, вулканизация резины, производство взрывчатых веществ
Кадмий	Легирование металлов, керамика, гальванотехника, фотография, химическая промышленность
Хром	Гальваническое производство
Медь	Протравка металлов и гальваника, химическая промышленность
Флюориды	Изготовление стекла, гальванотехника, производство стали и алюминия, пестицидов и удобрений
Железо	Сточные воды химической промышленности, производство красок, металлообработка, текстильное производство, нефтепереработка
Свинец	Производство батарей и аккумуляторов
Марганец	Легирование стали, производство батарей, стекольное и керамическое производство, производство и использование красящих веществ
Ртуть	Хлорщелочное производство, электротехника и электроника, производство взрывчатых веществ, фотография, производство пестицидов, химическая и нефтехимическая промышленность
Никель	Металлообработка, сталелитейное производство, автомобиле- и авиационное, печатное и химическое производство
Серебро	Изготовление фарфора, фотография, гальваника, производство чернил
Цинк	Изготовление стальных конструкций, гальваники и металлообработка
Трихлорэтилен	Промышленный раствор, используемый в очистке и обезжиривании металлов, органическом синтезе
Тетрахлорид углерода	Производство хлоро-, флюорометанов, фумигантов, очищающих веществ и растворов
Тетрахлорэтилен	Промышленный раствор, используемый в очистке и обезжиривании
1,1,1-Трихлорэтан	Промышленная очистка и обезжиривание металлов
1,2-Дихлорэтан	Произ-во винилхлоридов, изготовление растворителей красок, лаков
Метиленхлорид	Изготовление растворителей красок и лаков, инсектицидов

Часто это приводит к загрязнению подземных вод (в первую очередь грунтовых) определенными загрязнителями, например, бором, в зоне влияния предприятия. Необходимо создавать зоны санитарной охраны вокруг скважин, которые являются источниками питьевого водоснабжения.

Другие источники загрязнения подземных вод на территории города

Подземные воды на территориях городов могут также загрязняться компонентами ливневого городского стока (за счет смыва с заасфальтированных покрытий пыли, различного мусора, нефтепродуктов от автотранспорта); неф-

тепродуктами (углеводородными соединениями) от автозаправок, нефтеперерабатывающих и машиностроительных предприятий; *удобрениями; пестицидами; антиобледенителями.*

1.2 Качество питьевой воды централизованного водоснабжения (гигиенические требования)

В некоторых городах подземные воды являются единственным источником питьевого водоснабжения городского населения. Они могут быть составным компонентом воды, поступающей к населению через централизованную распределительную систему хозяйственно-питьевого водоснабжения; их можно использовать как отдельный, альтернативный централизованной сети распределения, источник (в Харькове – доставка потребителям питьевой воды специально оборудованными машинами); они также поступают к потребителям в бутылированном виде. В любом случае качество воды, используемой для питьевых нужд, должно соответствовать требованиям национальных или международных стандартов.

В Украине качество воды, поступающей потребителю через централизованную систему водоснабжения, должно отвечать требованиям государственных санитарных правил и норм ДСанПін 2.2.4–171–10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною», утвержденных приказом Министерства охраны здоровья Украины № 400 от 12.05.2010 и зарегистрированных в министерстве юстиции Украины 01.07.2010 № 452/17747.

Гигиенические требования, которые определяют пригодность воды для использования для питьевых целей, включают:

- безопасность в эпидемиологическом отношении;
- безвредность химического состава;
- благоприятные органолептические свойства;
- радиологическую безопасность.

Качество питьевой воды зависит не только от состава и свойств воды в водоисточнике, но и от ее характеристик при поступлении в водопроводную сеть, а также в точках водоразбора (потребления воды).

Эпидемиологическая безопасность питьевой воды определяется показателями, которые с достаточно высокой вероятностью характеризуют отсутствие в ней опасных для здоровья потребителей бактерий, вирусов, других биологических включений. К таким показателям относятся:

1. Число бактерий в 1см^3 исследуемой воды (общее микробное число, ОМЧ). Нормативу должны отвечать не менее 95 % проб воды, исследованных в течение года.
2. Число бактерий группы кишечных палочек (колиформных микроорганизмов) в 1 см^3 исследуемой воды (индекс БГКП). Нормативу должны отвечать не менее 98 % проб воды, исследованных в течение года. В случае превышения данного индекса дополнительно проводят исследование на присутствие фекальных колиформ (термостабильных кишечных палочек). В случае присутствия фекальных колиформ в двух последовательно отобранных пробах воды необходимо в течение 12 часов начать исследование воды на присутствие возбудителей инфекционных заболеваний бактериальной либо вирусной этиологии.
3. По паразитологическим показателям безопасности воды должно быть установлено отсутствие патогенных кишечных простейших и гельминтов (клеток, цист, личинок, яиц лямблий и др.).

Токсикологические показатели безвредности химического состава питьевой воды

В перечень компонентов, содержание которых лимитируется данными нормами, внесены вещества, которые встречаются в природных водах, могут появиться в воде в результате загрязнения источников водоснабжения или в процессе обработки воды.

Перечень неорганических компонентов, содержание которых нормируется в питьевой воде, содержит: алюминий, барий, мышьяк, селен, свинец, никель, нитраты, фтор.

Контролируемые органические компоненты: тригалометаны (сумма ТГМ, а также индивидуально хлороформ, дибромхлорметан, тетрахлоруглерод); пестициды (сумма; перечень контролируемых пестицидов устанавливаются с учетом конкретной ситуации).

Эти вещества относятся ко второму классу опасности, за исключением нитратов и фтора (третий класс опасности).

Интегральными показателями загрязнения воды являются окисляемость (по перманганату калия, не более 4 мг/ куб. дм) и общий органический углерод (не более 4 мг/ куб. дм).

Вода не должна содержать такие токсические компоненты, как ртуть, таллий, кадмий, нитриты, цианиды, хром шестивалентный, 1,1-дихлорэтилен, 1,2-дихлорэтан, бензапирен в концентрациях, которые могут быть выявлены стандартными (для Украины) методами исследования.

При использовании в процессе водоподготовки коагулянтов, дезинфектантов или других реагентов, разрешенных к использованию в практике хозяйственно-питьевого водоснабжения (хлор, озон и др.), их остаточные концентрации в воде не должны превышать разрешенных значений.

Подземные воды питьевого назначения не должны содержать биологических загрязнителей и такой обработке не подвергаются.

Органолептические показатели качества питьевой воды, значения которых лимитируются: запах (показатель разведения 2); мутность (нефелометрические единицы мутности); цветность (град.); привкус (показатель разведения); водородный показатель (рН, единицы – 6,5 – 8,5); общая минерализация (сухой остаток); общая жесткость; сульфаты; хлориды; медь; марганец; железо; хлорфенолы.

В воде не должны содержаться цинк, поверхностно-активные вещества, нефтепродукты, фенолы в концентрациях, которые могут быть выявлены стандартными методами исследования.

Показателями физиологической полноценности воды являются те характеристики, которые определяют адекватность ее минерального состава биологическим потребностям организма. В связи с этим для ряда компонентов целесообразно устанавливать не только верхний, но и нижний предел концентраций. К таким показателям относятся: сухой остаток (200 – 500 мг/дм³), общая жесткость (1,5 – 7,0 мг-экв/дм³), щелочность общая (0,5 – 6,5 мг-экв/дм³), магний (10 – 50 мг/дм³), фториды (0,7 – 1,2 мг/дм³) и некоторые другие.

Показатели радиационной безопасности питьевой воды

Радиационная безопасность питьевой воды определяется по предельно-допустимым уровням суммарной объемной активности естественных альфа- и бета-излучателей (соответственно 0,1 и 1,0 Бк/дм³). Для регионов с особым статусом нормативы радиационной безопасности воды согласовываются Главным государственным санитарным врачом Украины.

Экспресс-показатели качества воды

При подозрении на возможность загрязнения воды неизвестными химическими веществами, токсичными соединениями рекомендуется определять индекс токсичности воды, который рассчитывают по результатам биологических тестов.

Независимо от использованных тест-объектов (дафний, инфузорий и др.) индекс токсичности для воды, не содержащей неидентифицированных токсичных компонентов, не должен превышать 50 %.

Контроль качества воды осуществляют органы государственной санитарно-эпидемиологической службы. Они согласовывают все виды работ, которые проводят на объектах водоснабжения, графики периодичности проведения отбора проб, их количества, перечень контролируемых компонентов.

Типы контроля качества воды: полный, общий физико-химический (нетоксичность химического состава), сокращенный контроль, специальный кон-

троль эпидемиологической безопасности, специальный токсикологический контроль (биотестирование), специальный радиационный контроль.

Для проведения специальных анализов, проведение которых требует сложного оборудования, спецподготовки персонала и т. п., на договорных началах могут привлекаться специалисты исследовательских центров, прошедших аккредитацию на компетентность в системе министерства здоровья Украины.

В качестве альтернативного источника питьевой воды жители Харькова достаточно широко используют родники – места естественного выхода (разгрузки) подземных вод на поверхность земли. По данным Харьковской геологической партии «ЮжУкргеология» на территории Харьковской области имеется несколько сотен источников подземных вод с выходом воды на поверхность. В пределах г. Харьков насчитывается двадцать пять родников с дебитом не менее 0,1 л/сек, которые могут использоваться в качестве источников питьевой воды. Однако, невысокая защищенность водоносных горизонтов и наличие разнообразных источников загрязнения подземных вод на территории города определяют необходимость постоянного контроля качества родниковых вод (их химического и бактериологического состава), назначения зон санитарной охраны в пределах области питания родника, проведения мероприятий по благоустройству родника (каптаж, сооружение бюветов) [13].

2. ТЕХНОГЕННЫЕ НАРУШЕНИЯ РЕЖИМА И БАЛАНСА ГРУНТОВЫХ ВОД

2.1 Водный баланс территории города

При рассмотрении водного баланса территории обязательно должен быть использован бассейновый подход.

Для питания подземных вод атмосферными осадками важны следующие условия и характеристики изучаемой территории:

- **геологическое строение** (общее строение, характеристики пород, влияющие на движение водного потока и т. п.).
- **геоморфологические условия**. Атмосферные осадки могут попадать на плоские водораздельные пространства, крутые склоны. Их дальнейшая судьба будет различна (разделение на поверхностный сток и инфильтрационный поток) при наличии «блюдец» на плоской равнине, оврагов и балок, карста;
- **климатические условия** (жидкие или твердые осадки выпадают, температура воздуха, температура почвы и т. д.);
- **наличие растительности** на территории, ее характер;
- **хозяйственная деятельность** человека (наличие непроницаемых покрытий на поверхности, горных выемок, строительных котлованов и т. д.).

В естественных условиях питание грунтовых вод практически осуществляется за счет атмосферных осадков и в малой степени за счет водообмена между грунтовыми водами и зоной аэрации при конденсации воды. Осадки, выпадающие на поверхность, частично стекают с поверхностным стоком, частично испаряются, частично идут на насыщение зоны аэрации, а определенная их доля поступает от глубины уровня грунтовых вод. Составляющие водного баланса городских территорий существенно отличаются от подобных балансов, причем в городах нужно рассматривать частные балансы в соответствии с функциональным назначением территорий города: для селитебных, промышленных зон, зеленых массивов, рекреационных зон.

Балансы грунтовых вод в зонах города можно получить исходя из общего уравнения водного баланса:

$$\Delta W = Q_{\text{атм}} \cdot \lambda + Q_{\text{доп}} \pm Q_{\text{бок}} \pm Q_{\text{обм}} + Q_{\text{конд}},$$

где ΔW – изменение запасов грунтовых вод на рассматриваемом участке;

$Q_{\text{атм}}$ – количество атмосферных осадков;

λ – коэффициент аккумуляции осадков грунтовыми водами;

$Q_{\text{доп}}$ – дополнительное инфильтрационное питание на участке;

$Q_{\text{бок}}$ – боковой приток или отток воды на балансовом участке;

$Q_{\text{обм}}$ – водообмен в массиве между горизонтами;

$Q_{\text{конд}}$ – конденсационное питание.

Количество атмосферных осадков, которое выпадает на балансовом участке, может варьироваться в широких пределах в зависимости от климатической зоны и годовых колебаний. Так, для Харькова, по данным Г. Стрижельчика, среднее многолетнее $Q_{\text{атм}}$ составляет 522 мм при возможном диапазоне колебаний от 819 мм в год (1879 г) до 325 мм (1885 г) [11]. Территории могут также различаться по степени дренированности, т. е. возможности подземного оттока выпадающих атмосферных осадков (табл. 5).

Табл. 5 – Классификация территорий по степени дренированности (Дегтярев, 1990)

Категория	Величина подземного оттока, мм/год
Интенсивно дренированные	500
Дренированные	300 – 500
Слабо дренированные	150 – 300
Весьма слабо дренированные	50 – 150
Практически бессточные	50

В период застройки территории изменяется характер распределения атмосферных осадков между поверхностным и подземным стоком за счет преобразования поверхности (асфальтирования, мощения, рытья котлованов и т. п.).

В период эксплуатации селитебных и промышленных территорий появляются и новые составляющие дополнительного питания, связанные на сели-

тебных и промышленных территориях с утечками из систем водоснабжения, канализации, резервуаров жидких продуктов и т. д., в зеленых зонах – с поливом насаждений, в рекреационных зонах – утечками из водоемов. В общем виде составляющую водного баланса $Q_{\text{доп}}$ можно представить следующим образом:

$$Q_{\text{доп}} = Q_{\text{вс}} + Q_{\text{кн}} + Q_{\text{тсн}} + Q_{\text{вст}} + Q_{\text{прм}} + Q_{\text{пол}} + Q_{\text{ав}},$$

где $Q_{\text{вс}}$ – утечки из сетей водоснабжения;

$Q_{\text{кн}}$ – утечки из систем канализации;

$Q_{\text{тсн}}$ – утечки из систем водоснабжения;

$Q_{\text{вст}}$ – утечки от систем дождевых водостоков;

$Q_{\text{прм}}$ – утечки от технологических циклов промпредприятий;

$Q_{\text{пол}}$ – величина инфильтрации при поливе;

$Q_{\text{ав}}$ – величина аварийных утечек.

Количественные оценки составляющих водного баланса территорий можно получить на основе фильтрационных и гидрометеорологических расчетов, методика которых для естественных условий хорошо разработаны, хотя имеются трудности в определении испарения, транспирации и некоторых других вопросов. Наиболее доступными методами определения инфильтрационного питания являются методы, основанные на результатах режимных наблюдений по скважинам, на результатах решения обратных задач по фактически наблюдаемым гидрогеологическим данным или оценке влагопереноса в зоне аэрации.

Количественная оценка дополнительного инфильтрационного питания на городских территориях связана со сложностями получения исходной информации и анализа. Параметр инфильтрационного питания является величиной случайной, так как зависит не только от гидрометеорологических факторов, но и от еще более неопределенных условий эксплуатации инженерных сетей, которые вследствие амортизации, аварий, прорывов могут поставлять в грунт воду в объемах, не подчиняющихся общим закономерностям. На рис. 4 представлены соотношения природных источников пополнения подземных вод (за счет атмо-

сферных осадков) и техногенных (за счет утечек различного рода) в балансе подземных вод разных городов мира.

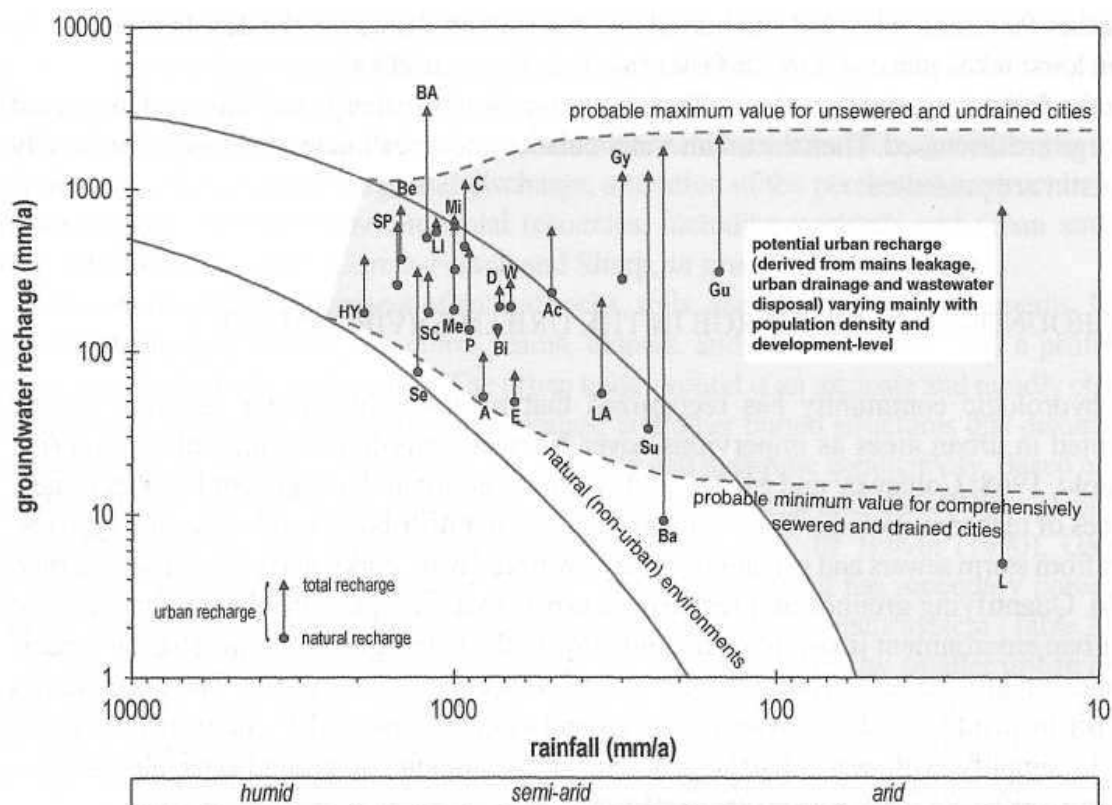


Рис. 4 – Питание подземных вод на урбанизированных территориях [15]
 НУ – Хат Яй, Таиланд, SP – Сан-Пауло, Бразилия, Be – Бермуды, Соед. Кор., Se – Сеул, Корея, BA – Буэнос-Айрес, Аргентина, SC – Санта-Круз, Боливия, LI – Лонг-Айленд (Нью-Йорк), США, Mi – Милан, Италия, Me – Мерида, Мексика, C – Каракас, Венесуэла, P – Перт, Австралия, A – Остин (Техас), США, Bi – Бирмингем, Соед.Кор., D – Дрезден, Германия, W – Вулвергемптон, Соед.Кор., E – Эвора, Португалия, Ac – Aguascalientes, Мексика, LA – Лос-Анжелес(Калифорния), США, Ba – Баку, Азербайджан, Su – Сумгаит, Азербайджан, Gy – Гянджа, Азербайджан, Gu – Гулистан, Узбекистан, L – Лима, Перу
 По горизонтальной оси – атмосферные осадки, мм/год;
 по вертикальной – подземное питание, мм/год

Поскольку техногенные факторы инфильтрационного питания по своей значимости часто сопоставимы с природными, а нередко играют ведущую роль, важно найти возможности прямого определения инфильтрации от утечек из различных инженерных сетей и сооружений. Один из подходов – расчет утечек, исходя из объемов водопотребления и доли потерь, которые предполагаются для данного типа потребителей.

Наиболее простой путь для подобной оценки – расчет утечек на основе допустимых (нормируемых) потерь воды при испытаниях наружных сетей по

СНиП 3.05.04-85. Эти нормативные потери можно принять условно за допускаемые утечки воды из трубопроводов, хотя эти показатели и получены не в условиях эксплуатации. Допускаемые утечки из напорных трубопроводов приведены в табл. 6.

Табл. 6 – Допускаемые утечки в трубах различного диаметра на участках длиной ≥ 1 км, л/мин

Внутренний диаметр трубопровода, мм	Стальные	Чугунные	Асбестоцементные	Железобетонные
100	0,28	0,7	1,4	-
125	0,35	0,9	1,56	-
150	0,42	1,05	1,72	-
200	0,56	1,4	1,98	-
250	0,7	1,55	2,22	-
300	0,85	1,7	2,42	-
350	0,9	1,8	2,62	-
400	1	1,95	2,8	-
450	1,05	2,1	2,96	-
500	1,1	2,2	3,14	3,2
600	1,2	2,4	3,44	3,4
700	1,3	2,55	3,7	3,7
800	1,35	2,7	3,96	3,9
900	1,45	2,9	4,2	4,2
1000	1,5	3	4,42	4,4
1100	1,55	-	-	4,6
1200	1,65	-	-	4,8
1300	-	-	-	4,9
1400	1,75	-	-	5
1500	-	-	-	5,2

При $L \leq 1$ км величину утечки вычисляют умножением приведенных в таблице значений на длину трубопровода

Для общих оценок приводимые данные могут служить ориентировочными контрольными показателями. При существенных отступлениях от этих значений речь может идти об аварийных утечках.

Имеющиеся в зарубежной литературе данные говорят о больших потерях из водопроводных систем в старых городах и в центральных районах крупнейших городов. Например, в центральной части Парижа утечки составляют 51,4 тыс. м³ /сут на 1 км сети, а в пригородах – всего 10,6 тыс. м³ /сут. Утечки из систем канализации значительно выше: они составляют от 8 – 10 до 20 – 60 %, причем более высокие значения относятся к малым городам. Утечки из

теплосетей меньше, чем утечки из систем водопровода и канализации; обычно их оценивают половиной утечек из систем водоснабжения.

Данные об утечках из систем в разных городах мира приведены в табл. 7.

Табл. 7 – Величины потерь из водопроводных коммуникаций различных городов мира [16]

Города	Потери из водопроводных магистралей, %
Халл, Соедин. Королевство	5
Лос-Анжелес, США	6 – 8
Гонконг, Китай	8
Сан-Антонио, США	8,5
Евора, Португалия	8,5
Милан, Италия	10
Остин, США	12
Окленд, Новая Зеландия	12,3
Торонто, Канада	14
Калгари, Канада	15
<i>США в среднем</i>	<i>16</i>
Сауло-Пауле, Бразилия	16
Дрезден, Германия	18
<i>Соед. Королевство в среднем</i>	<i>20 – 25</i>
Гётеборг, Швеция	26
Раунд Рок, США	26
Томск, Россия	15 – 30
Аман, Иордания	30
Харьков, Украина	30
Сана, Йемен	30
Браши Крик, США	33
Калькутта, Индия	36
Сан-Маркос, США	37
Санкт-Петербург, Россия	30
<i>Развивающиеся страны</i>	<i>30 – 60</i>
Лусака, Замбия	45
Мерида, Мексика	50
Лима, Перу	45 – 60
Каир, Египет	>60

На территории промышленных предприятий дополнительная инфильтрация в грунт может быть весьма значительной, причем на разных технологических участках ее величина различается. В качестве примера приведем данные по одному из предприятий черной металлургии (табл. 8).

Табл. 8 – Поступление воды в грунт за счет утечек из трубопроводов

Производство	Удельный приток воды в грунт, л/сут на 1 м ²	Площадь, га	Общий приток воды в грунт, м ³ /сут
Комплекс доменных цехов	4,9	84	411,8
Сталеплавильные цехи	4,69	364	1705,4
Прокатные производства	3,04	480	1461,7
Аглофабрика	4,0	136	544,3
Шлакопереработка	3,56	55	195,6
Производственная база строительства	1,52	416	630,8

2.2 Подтопление территории городов и промышленных объектов. Инженерные меры по защите

Подтопление – это такое положение уровня грунтовых вод или вод сезонной верховодки, при котором проявляется неблагоприятное воздействие воды на подземные части зданий и сооружений, на грунты, служащие основаниями фундаментов, на массивы пород и почвы, а также на общее санитарное состояние территории.

Под неблагоприятным воздействием понимают:

- проникновение воды в подземные части зданий;
- обводнение грунтов оснований, приводящее к недопустимому снижению их прочности и несущей способности;
- обводнение массивов пород, вызывающее возникновение (или активизацию) опасных геологических процессов: просадок лессовых грунтов, набухания и усадки глинистых грунтов, оползней, карста и суффозии, заболачивания и т.д.;
- коррозия подземных конструкций сооружений и коммуникационных сетей;
- заболачивание, засоление, оглеение почв, а также их загрязнение веществами, содержащимися в грунтовых водах;

- нарушение общей экологической обстановки и санитарных условий территории.

В отличие от понятия «повышение уровня грунтовых вод» понятие «подтопление» относится к категории количественных характеристик территории, численное значение которой устанавливается в зависимости от вида землепользования, характера и масштаба инженерной деятельности человека. По действующим в Украине нормам к подтопленным городским территориям относят такие, где в зоне жилой застройки уровень грунтовых вод находится выше 2,5 м от отметки поверхности земли. На территории зеленых насаждений допускается повышение уровня грунтовых вод до 1 м от поверхности.

На территории промышленных зон действуют иные нормы (нормы осушения в соответствии со СНиП [11]).

Подтопление лишь в редких случаях связано с близким расположением уровня грунтовых вод к поверхности земли в естественных условиях. Большой частью воды поднимаются к поверхности при строительном освоении территорий. При этом имеют значение как природные условия, так и факторы воздействия, из которых в городах наибольшее значение имеет дополнительное инфильтрационное питание (табл. 9).

Табл. 9 – Влияние на грунты оснований их обводненности [1]

Состояние обводненности	Факторы, влияющие на обводненность грунтов	Изменение состояния и свойств грунтов оснований
Подтопление грунтов оснований	Засыпка оврагов, закрепление грунтов, завал родников, разгружающих грунтовые воды; устройство фундаментов и противофильтрационных завес, подпорными потоками грунтовых вод. Намыв (подсыпка) территорий и ухудшение условий разгрузки грунтовых вод, поступающих с водораздела	Насыщение грунтовыми водами и разуплотнение в результате гидростатического взвешивания Суффозия вследствие высачивания воды на откосы, оплывание откосов и гравитационное уплотнение
Увлажнение грунтов оснований, накопление влаги, поступление ее в грунтовые воды	Инфильтрация воды в грунт из водоемов, сетей водоснабжения и канализации; потери воды системами отвода поверхностных вод (дождевой канализации); нарушение естественного сложения грунтов при вертикальной планировке территории и накопление воды в них	Нарушение структуры при увлажнении связных грунтов; набухание и усадка; пучение при замораживании глинистых грунтов; просадки макропористых грунтов

Подпор грунтовых вод на определенном участке может возникать в случае преграждения фильтрационного потока глубокими подземными частями зданий и сооружений, а также свайными фундаментами и уплотненными участками грунтов. Это явление – *барраж*.

Верховодка может образовываться и на потенциально неподтапливаемых территориях. Баланс верховодки определяется притоком инфильтрующейся воды, оттоком ее вследствие перетекания в грунтовые воды и расходом на испарение.

Существует *три типа верховодки*: сезонная, постоянная и эпизодическая. Для сезонной верховодки характерно значительное распространение по площади, для постоянной и эпизодической – локальное распространение.

Сезонная верховодка образуется при временном скоплении атмосферных осадков или вод, теряемых при поливах зеленых насаждений, затем инфильтрующихся в грунт и задерживающихся в слоистых грунтах на водоупорных или слабопроницаемых прослойках и в линзах. Возможно образование верховодки также и на искусственных грунтах (намытых или насыпных территориях).

Постоянная верховодка образуется в местах скопления воды от обильных утечек из сетей водоснабжения и канализации или из водоемов и резервуаров; *эпизодическая* – при авариях этих сетей и сооружений.

Процесс подтопления вызывает или активизирует такие инженерно-геологические, как карст, суффозия, оползни. С потоком подземных вод переносятся химические вещества, которые вызывают усиление явлений электрокоррозии в породах. Повышение влажности лессовых грунтов приводит к их просадкам. Подтопление в сейсмических районах повышает силу землетрясения. Таким образом, грунтовые воды являются основным динамическим фактором, воздействующим на грунты оснований и инженерно – геологические процессы. Данные об изменении свойств грунтов оснований в результате подтопления и повышения уровня грунтовых вод приведены в таблицах 9, 10.

Табл. 10 – Изменение физико-механических свойств грунтов до и после подтопления территории городов [1]

Объект	Угол внутреннего трения, град		Сцепление, МПа		Модуль деформации, МПа	
	до	после	до	после	до	после
Новосибирск	25 – 27	22 – 25	0,02 – 0,07	0,009 – 0,02	7,3 – 8,4	2,9 – 3,9
Краснодарский край	18 – 19	15 – 16	0,09 – 0,1	0,04 – 0,05	нет данных	
Одесса	нет данных		нет данных		10,8 – 16,7	3,9 – 4,9

При повышении влажности грунтов оснований сооружений происходит ослабление структурных связей, а иногда и к разрушению многих связных грунтов, особенно лесов и лессовидных суглинков. Результатом этого могут быть неравномерные осадки зданий и сооружений, обрушение кровли в подземных городских выработках (тоннелях метрополитенов, кабельных тоннелях).

Изменению физико-механических свойств грунтов способствует суффозия, причем начинается она под влиянием весьма низких градиентов фильтрации (0,15 – 0,01) и может иметь место в мелкопесчаных, пылеватых и т. п. породах при образовании даже небольших куполов грунтовых вод.

Просадки, возникшие в результате подтопления, привели к неравномерным осадкам и деформации зданий во многих городах страны: Днепропетровске, Запорожье, Никополе, а также в Кишиневе, Волгодонске и других городах.

Многочисленные деформации сооружений, вызванные набуханием глин при подтоплении в Харькове, Кишиневе, Краснодаре, достигали величин, при которых образовывались трещины в стенах до 100 мм и более.

Агрессивность грунтовых вод, вызванная попаданием в них стоков из канализационной сети, усугубляет деформацию сооружений. Утечки кислых производственных стоков вызывают растворение карбонатов и понижение несущей способности грунтов. Кроме того, агрессивные воды оказывают прямое воздействие на сооружение, вызывая коррозию бетона и металлов.

В южных городах подтопление часто приводит к вторичному засолению почв, вызывающему угнетение зеленых насаждений.

Подтопление способствует интенсификации землетрясений в сейсмических районах. При увеличении влажности до 12 – 20 % сейсмичность территории возрастает на 1 балл, при влажности более 20 % повышение сейсмичности достигает 2 баллов.

Инженерная защита от подтопления городских территорий и сооружений

Профилактические (предупредительные) мероприятия используют для предотвращения развития процесса подтопления. К ним можно отнести следующие:

- Устранение или существенное уменьшение утечек воды или жидких продуктов из резервуаров, водных систем, инженерных сетей водоснабжения, канализации, теплоснабжения, а также водоводов, водосточков и т. п.;
- Регулирование поверхностного стока;
- Максимально возможное сохранение естественных дренажей (речек, оврагов) при планировке территории;
- Размещение зданий и сооружений, обеспечивающее создание минимального подпора потока грунтовых вод их подземными частями и фундаментами;
- Минимизация потерь на инфильтрацию при поливах зеленых насаждений;
- Повышение дренажной роли водоемов и водосточков;
- Упорядочение свалок на предприятиях для исключения накопления воды и ее инфильтрации;
- Другие мероприятия

Защитные мероприятия выбирают в зависимости от причин, которые их вызывают. Так, если на объект, расположенный под землей, действует непосредственно гравитационный поток, его действие выражается подпором,

фильтрационным давлением, агрессией химических агентов, присутствующих в грунтовых водах, радикальным средством защиты может быть лишь дренаж. При изменении физико-механических свойств грунтов вследствие подтопления нужно предусматривать меры по изменению свойств грунтов (замачивание лесов, пригрузку, уплотнение и пр. и специальные виды дренажей – электроосмотический, вентиляционный и др.).

Табл. 11 – Классификация профилактических дренажных систем [1]

Назначение дренажа	Система	Тип	Вид	Дополнительные мероприятия
Предотвращение инфильтрации утечек из инженерных сетей	Сопутствующий	Горизонтальный трубчатый	Самотечный. С механической откачкой	Уплотнение стыков труб и арматуры инженерных сетей
Предотвращение потерь поверхностного стока на инфильтрацию	–	Ливнедренажные коллекторы	–	Система дождевой канализации
Предотвращение инфильтрации утечек из резервуаров	Контурный	Горизонтальный трубчатый	Самотечный. С механической откачкой	–
		Вертикальный	С механической откачкой. Поглощающий	–
Предотвращение потерь воды на инфильтрацию при орошении	Систематический	Открытые каналы. Горизонтальный трубчатый	Самотечный	Система дождевой канализации. Регулирование водоподачи на орошение

Для инженерной защиты от подтопления дренаж необходим практически во всех случаях, а для регулирования уровня грунтовых вод имеет исключительное значение.

Комплекс инженерных защитных мероприятий при подтоплении и сопровождающих его инженерно-геологических процессах представлен в табл.12.

Табл. 12 – Классификация защитных дренажных систем [1]

Назначение дренажа	Система	Тип	Вид	Дополнит. меры
Общее понижение уровня грунтовых вод	Площадной	Горизонтальный трубчатый	Самотечный. Вакуумный	–
		Галерейный. Вертикальный	С механической откачкой. Вакуумный	–
		Комбинированный	Горизонтальный трубчатый с самоизливающимися скважинами. Галерейный с самоизливающимися скважинами	–
		Лучевой	Самотечный. Вакуумный	–
	Перехватывающий (береговой, головной)	Горизонтальный трубчатый	С механической откачкой	Противофильтрационные завесы
		Галерейный. Вертикальный	С механической откачкой. Самотечный (только для головного)	
		Комбинированный	Горизонтальный трубчатый с самоизливающимися скважинами. Галерейный с самоизливающимися скважинами	То же
Локальная защита зданий и сооружений	Пластовый	Горизонтальные трубы с рыхлыми фильтрующими постелями и засыпками	С механической откачкой. Самотечный. С поглощающими скважинами	Гидроизоляция
		Горизонтальные трубы с монолитными фильтрующими плитами	С механической откачкой. Самотечный	Гидроизоляция
	Кольцевой. Полукольцевой. Линейный	Трубчатый горизонтальный	Самотечный. С механической откачкой. Вакуумный	Гидроизоляция
		Вертикальный	С механической откачкой. Вакуумный. Поглощающий	Гидроизоляция
		Комбинированный	Горизонтальный трубчатый с самоизливающимися скважинами. Галерейный с самоизливающимися скважинами	Гидроизоляция
		Лучевой	Самотечный. Вакуумный	То же
	Осушение почв в зеленых и рекреационных зонах	Систематический	Открытые каналы. Горизонтальный трубчатый	Самотечный

2.3 Инженерные мероприятия для предупреждения явлений подтопления на осваиваемой территории

Комплекс инженерных мероприятий, которые позволяют предупредить развитие подтопления территории, которая подлежит освоению в процессе строительства, весьма разнообразен.

Предупреждение поступления на территорию поверхностных вод со стороны, т. е. ее затопления, осуществляют путем использования приемов вертикальной планировки территории и возведения дамб обвалования, преграждающих во время паводков путь потоку поверхностных вод из русла реки. Дамбы могут быть непрерывными или прерывистыми в случае волнистого рельефа, наличия притоков, оврагов и т. п. В основании дамб, расположенных на слабопроницаемом основании, в их низовом откосе, устраивают дренаж для предупреждения фильтрационных деформаций (придамбовый дренаж). В иных случаях в этих целях используют береговой дренаж или противофильтрационные завесы.

Искусственное повышение отметок территории путем подсыпания или намыва грунта осуществляют с использованием хорошо проницаемых грунтов (K_f не менее 5 м/сут). При наличии понижений в рельефе, оврагов, которые перекрываются грунтом при засыпке, предварительно устраивают дренаж. Архитектурно-планировочный прием, сопутствующий этим преобразованиям территории, - расположение жилых районов и зон рекреации на пониженных участках.

Усиление дренирующего действия водоемов может быть достигнуто следующими приемами:

- спрямление русел водотоков, вследствие чего повышается скорость водотока за счет увеличения продольного уклона;
- расчистка русла, его углубление, увеличение поперечного сечения, что повышает пропускную способность водотока;

- разгрузка реки водоотводным каналом, который прокладывают от сечения, расположенного выше города, в сечение, расположенное ниже города;
- переброска части стока одной реки в другую, близко расположенную.

Устройство дождевой канализации. Вертикальная планировка городской территории должна способствовать ускорению стока поверхностных вод в систему городской канализации и отводу ее в водоприемники. Для ограждения территории от стороннего притока поверхностных вод используют их перехват *нагорными канавами*. Уклон поверхности, наиболее благоприятный для стока, $6^\circ - 0,4^\circ$; при больших уклонах развивается эрозия; при $0,4^\circ - 0,04^\circ$ преобладает инфильтрация, а при еще меньших уклонах – затопление низких участков. Закрепление территории посевом трав позволяет увеличить уклоны.

На полосах вдоль контуров зданий и дорог происходит преобразование поверхностного стока в подземный. Для защиты от инфильтрации у зданий устраивают отмостку (из асфальта, бетона), которую укладывают на щебеночное основание и которая имеет уклон в сторону *кюветы* – открытой канавы, принимающей сток и отводящей воду в водосточные колодцы (рис. 5а).

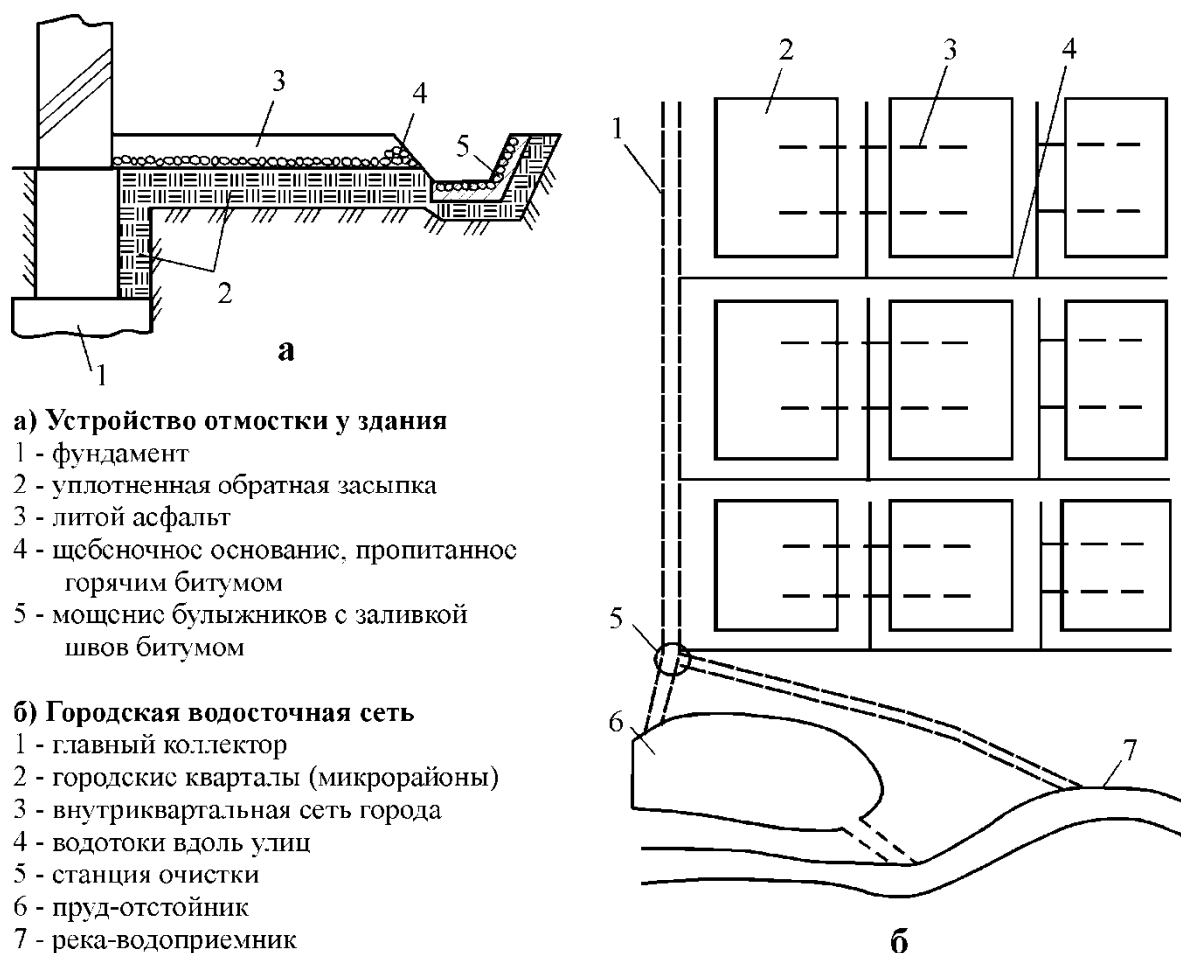


Рис. 5 – Устройство отмостки у здания (а),
 схема городской водосточной сети (б) [1]

Городская водосточная сеть состоит из системы водоотводов разного порядка. Она включает лотки, прокладываемые вдоль улиц и тротуаров, по которым вода следует к водоприемным колодцам и далее в водостоки и главные водосточные коллекторы (рис. 5б). Если водостоки располагают ниже уровня грунтовых вод, то используют совмещенные водостоки и дренажи, или ливне-дренажные коллекторы.

В городе может действовать *общесплавная система водоотведения*, когда в единой сети собирают дождевые, производственные и бытовые стоки. Ее недостатком является необходимость укладки труб большого диаметра и сложная схема очистки такого «коктейля».

При *раздельной водосточной системе* дождевые воды с территории города отводятся отдельно. Одним из главных преимуществ такой системы явля-

ется возможность сооружать дождевую канализацию очередями на отдельных участках застройки.

Устранение утечек из подземных инженерных сетей и сооружений является важным условием предотвращения повышения уровня грунтовых вод на территории. Уплотнение стыков напорных водопроводных и канализационных труб проводят с использованием специальных муфт, пеньковых прядей, резиновых колец и т. д.

Для предотвращения и ликвидации утечек необходимо учитывать температуру транспортируемой жидкости и ее химический состав. Так, на теплосетях используют специальные уплотнители, а обладающие водостойкостью и химической стойкостью асфальтовые смеси (битум со специальными наполнителями) для них не годятся. Проводят также антикоррозионную защиту внешних стенок трубопроводов, которая требуется в связи с разного типа агрессивностью грунтовых вод.

Предупреждение утечек из резервуаров и других емкостей обеспечивают при помощи использования специальных экранов (рис. 6). По конструкции и материалам, которые используют, можно выделить следующие типы:

Глинистый однослойный, укладываемый по днищу емкости слоем 0,5 – 1 м из влажной глины (суглинка) с уплотнением материала для достижения величины K_f менее $1 \cdot 10^{-3}$ м/сут.

Глинистый двухслойный с промежуточным дренирующим слоем и уложенными в нем дренажными трубами (керамическими или асбестовыми).

Пленочный – из полиэтиленовой пленки толщиной 0,5 – 1 мм, которую укладывают на подстилающий песчаный слой и нередко перекрывают также защитным слоем песка. Недостаток – легко нарушается целостность пленки (камни, ветви, корни прорастающих растений), что резко снижает ее защитные свойства.

Асфальтобетонные экраны с подстилкой из песчаного или гравийного слоя (толщина слоев 30 – 40 см).

Экраны из многослойных изолирующих материалов (геотекстиля), обеспечивающие высокую водонепроницаемость емкости. Характеризуются различными технологическими параметрами, в частности, различной толщиной материала.

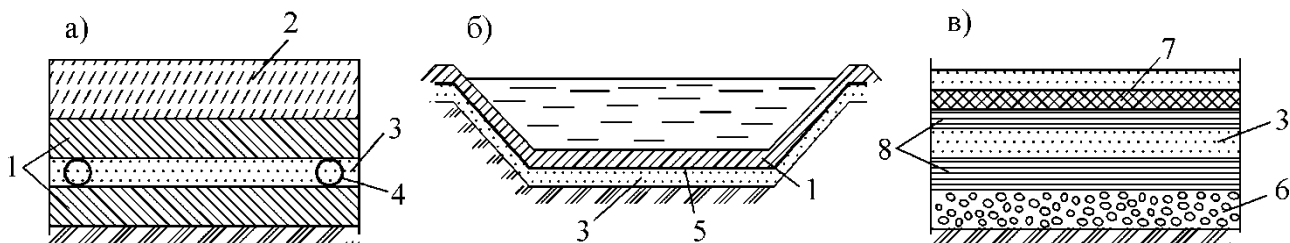


Рис. 6 – Противофильтрационные экраны

а) – двухслойный глинистый; б) – с полиэтиленовой пленкой; в) – из твердого покрытия (асфальтобетонный); 1 – слой слабопроницаемого грунта; 2 – защитный слой из местного грунта; 3 – дренажный слой из хорошо проницаемого грунта; 4 – керамические или асбестоцементные дренажные трубы; 5 – полиэтиленовая пленка; 6 – подстилающий слой грунта; 7 – армирующая сетка; 8 – асфальтобетонное покрытие

Барьеры для ограничения влияния потока подземных вод на локальный объект. Для ограничения влияния потока подземных вод на объект используют разнообразные конструкции: стенки, завесы, диафрагмы. *Шпунтовая стенка* формируется из отдельных шпунтовых свай, которые сцепляются одна с другой. Сваи чаще всего используют металлические, иногда бетонные или деревянные. Одновременно с водозащитной функцией шпунтовая стенка обеспечивает поддерживающую функцию. Эти конструкции используют при устройстве перемычек при проведении строительных работ, креплении стенок набережных, причалов, котлованов. Слабое место этих конструкций – нарушение крепления между сваями при их забивке, вследствие чего резко снижается их водозащитная функция.

Конструкции «стена в грунте» и завеса создаются путем заполнения раствором глубокой узкой выемки, ограждающей защищаемый участок (строительную площадку). Плотность флюида (глинистого раствора) такова, что он проявляет тиксотропные свойства, а его давление обеспечивает поддержку стенок и предотвращение их обрушения. При высоте столба бентонитового раствора на 1,5 м выше пьезометрического уровня подземных вод обеспечивается защита выработки от проникновения в нее потока подземных вод. *Основные*

требования к этого рода защите (завесе): создание существенного гидростатического давления для стабилизации выработки; контролируемые потери раствора в грунт; противодействие потоку подземных вод; отсутствие расслаивания в глинистом растворе, который используют.

Этим требованиям в наибольшей степени отвечают композиции: грунт из окружающей среды – бентонит; бентонит – глина; бентонит – цемент. В последнем случае бентонит добавляют в полностью гидратированный бентонитовый раствор.

Используют также специальные полимерные растворы.

Диафрагма создается при использовании бетона вместо глинистого раствора при заполнении выемки. Преимущества диафрагмы перед шпунтовыми стенками и «стенками в грунте»: водостойкость, жесткость, механическая прочность. Эту конструкцию используют также в качестве поддерживающей и усиливающей стенки.

Ледовая стенка создается замораживанием обводненного грунта и используется в период строительства до возведения постоянной конструкции. Преимущества метода: может использоваться в любых породах, независимо от их структуры, зернового состава или проницаемости, глубины залегания. Проблема заключается в техническом решении расположения морозильного оборудования на глубине.

Другие ограничения при использовании метода: высокая стоимость, вследствие чего трудно применить на мелких объектах; большая продолжительность процесса (недели или месяцы); проблема обращения с тем объемом воды, который образуется при отключении морозильного оборудования и таянии льда.

2.4 Классификация и характеристика дренажей в промышленном и гражданском строительстве

Дренаж применяется как в качестве предупредительного мероприятия, так и для защиты территории от подтопления, т. е. воздействия высокого уровня грунтовых вод (понижения уровня ГВ на территории, защиты от проникновения воды в сооружения, упрочнения основания, снижения фильтрационного давления на сооружение и защиты оснований от размыва фильтрующейся водой). Выделяют следующие **системы дренажа: береговой, головной, систематический и локальный** (кольцевой, пластовый, контурный, отсечной). Защита территории различными системами дренажа в зависимости от факторов, определяющих фильтрационную нагрузку, показана на рис. 7.

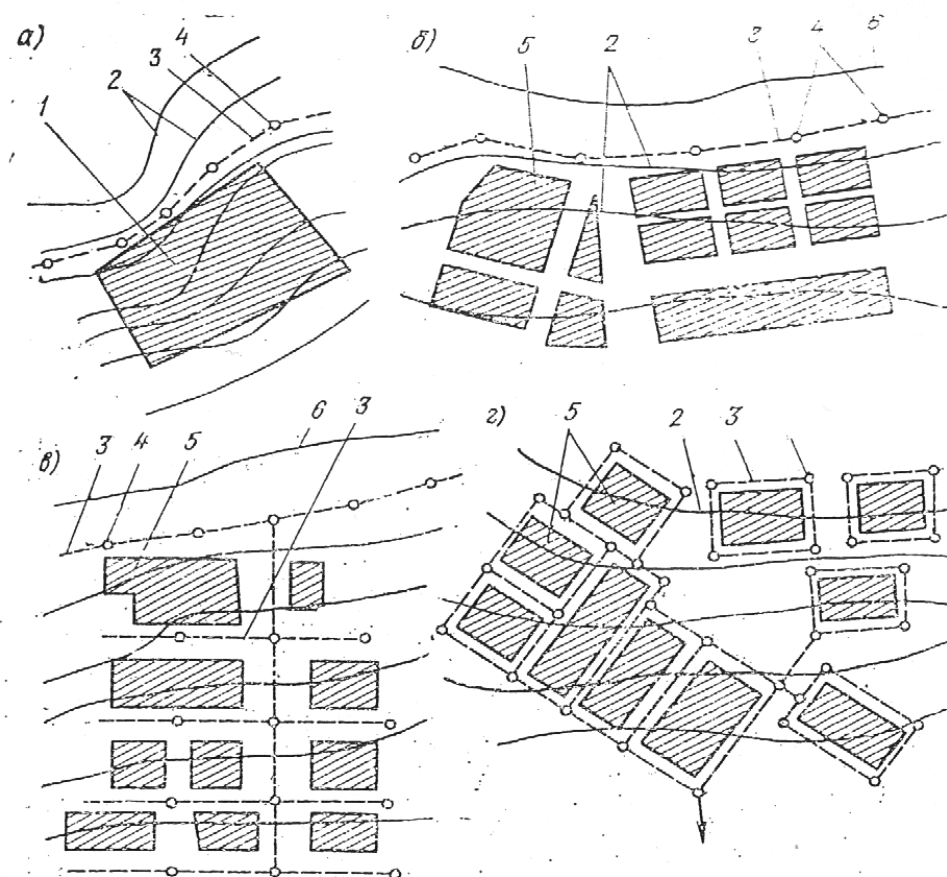


Рис. 7 – Защита территорий различными системами дренажа [1]
а – головной дренаж; б – береговой дренаж; в – береговой дренаж совместно с систематическим; г – систематический дренаж в виде объединенных кольцевых; 1 – защищаемая территория промышленной зоны; 2 – гидроизогапсы; 3 – трасса дренажа; 4 – дренажные колодцы; 5 – городские кварталы (микрорайоны); 6 – береговая полоса водохранилища

Береговой дренаж нужно рекомендовать при наличии водохранилищ, формирующих постоянный подпор, или рек, создающих временный подпор, *головной* – при стороннем притоке со стороны водораздела, *систематический* – на территориях с распределенным инфильтрационным питанием, а *локальный* – на участках сосредоточенной инфильтрации.

Схематически локальные дренажи представлены на рис. 8.

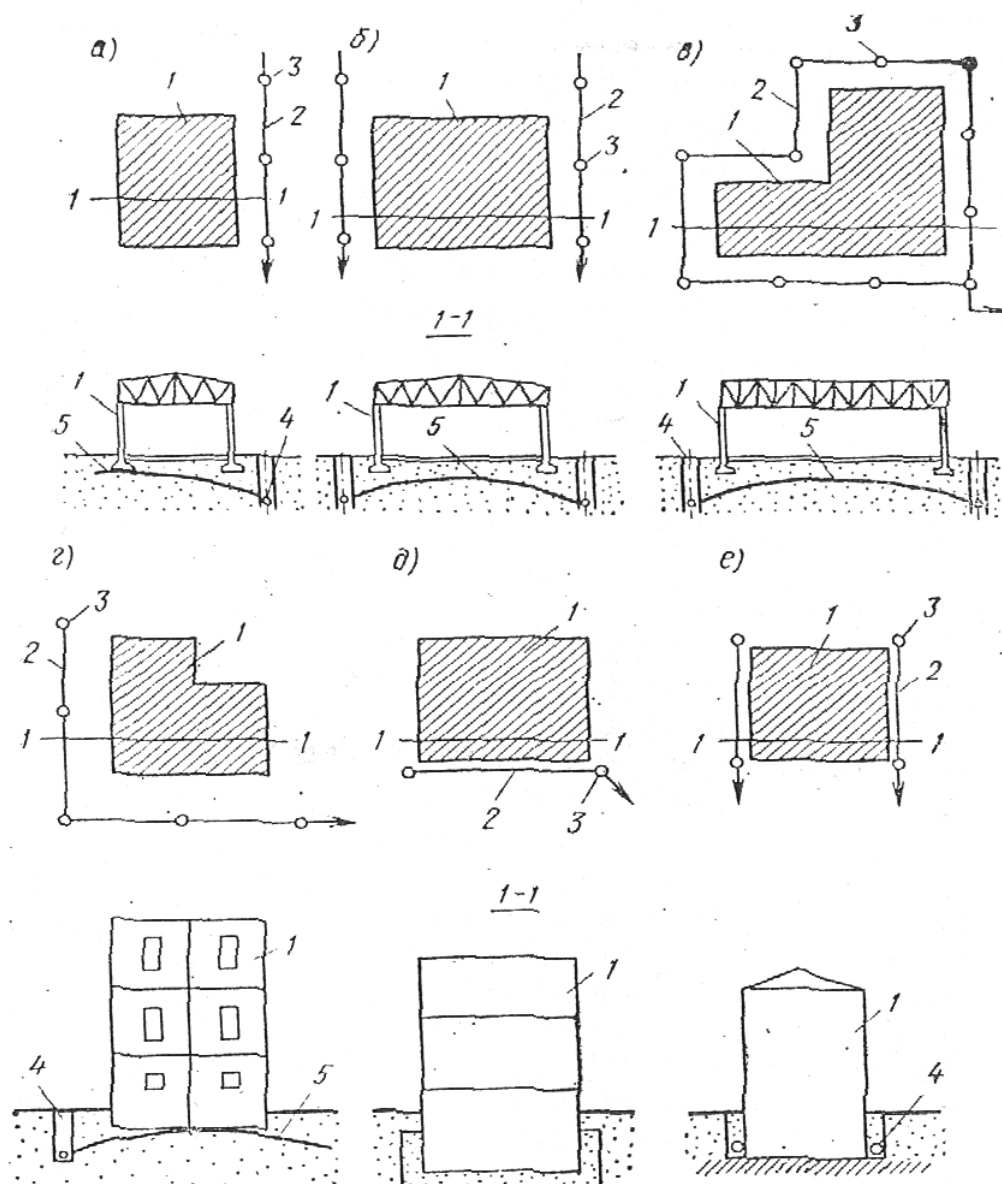


Рис. 8 – Схемы локальных дренажей [1]

а – однолинейные; б – двухлинейные; в – кольцевые; г – полукольцевые; д – пластовые; е – пристенные; 1 – защищаемое сооружение; 2 – трасса дренажа; 3 – смотровой колодец; 4 – трубчатый дренаж; 5 – кривая депрессии

На слабопроницаемых грунтах во всех случаях применяют *локальные* дренажи: *кольцевой*, при котором дренажные трубы или вертикальные скважины располагаются вокруг защищаемого сооружения или участка, образуя замкнутое кольцо; *полукольцевой*, когда достаточно защитить сооружение с трех сторон; *линейный* (отсечные одно- или двухлинейные, который располагают вдоль широкой стороны сооружения); *пластовый*, который располагается в основании здания или сооружения.

Типы дренажей

Горизонтальный дренаж – представляет собой перфорированные трубы в сочетании с фильтрами или пористые трубы (трубофильтры), укладываемые в траншеи со слабо наклонным дном на песчаную или гравийную обсыпку. Сверху перекрываются грунтом и обычным городским покрытием.

Закладывается неглубоко от поверхности земли – до 5 – 8 м. Геологические условия, позволяющие его применять, – достаточная проницаемость грунтов в приповерхностном слое, подлежащем дренажу. Практически применяется в грубообломочных (галечники, гравийно-галечниковые, песчано-гравийные отложения), песчаных, супесчаных, легко- и среднесуглинистых грунтах с K_f менее 3 м/сут.

Ограничением применимости горизонтального дренажа в условиях застройки является отсутствие достаточного места для строительства и функционирования горизонтальных дрен, а также наличие густой сети подземных коммуникаций.

По степени вскрытия водоносного горизонта горизонтальные дренажи делятся на *совершенные* (когда дрена заглублена до подстилающего водоносный горизонт водоупорного слоя) и *несовершенные*.

По условиям отвода воды горизонтальные дренажи делятся на *самотечные* (сброс воды в естественные водотоки, понижения в рельефе, ливневые системы) и *принудительные*. В последнем случае в наиболее низкой части дренажной системы устраивается водосборный колодец, из которого вода откачивается насосом.

К горизонтальным дренажам относятся также и дренажные галереи.

Преимущества: относительная простота в строительстве и эксплуатации.

Вертикальный дренаж – состоит из одной или системы дренажных скважин. Применяется при наличии достаточно мощного хорошо фильтрующего слоя, гидравлически связанного с грунтовыми водами (не менее 8 – 10м). Не требуется отчуждение больших территорий.

Состоит из дренажных скважин с гидромеханическим оборудованием (насосами), водоотводящей сети (связывающих и сбросных трубопроводов), энергетических установок и контрольно-измерительной аппаратуры. Для эксплуатации требуется достаточной квалифицированный обслуживающий персонал и значительные энергозатраты.

Наиболее применяемый вариант – *кольцевая система дренажных скважин*, размещаемых вокруг защищаемого объекта. Возможно размещение скважин внутри защищаемого объекта. Применяется также систематический вертикальный дренаж, при котором скважины распределены по всей площади защищаемой территории.

Преимущества: не требуется отчуждение значительных территорий.

Недостатки: относительно сложный вид дренажа при строительстве и эксплуатации. Требует постоянных затрат на электроэнергию.

Комбинированный дренаж. Состоит из горизонтальных открытых дрен и вертикального дренажа – скважин размещенных по дну дренажных траншей. Применяется в условиях, когда грунтовые воды гидравлически тесно связаны с подстилающим водоносным горизонтом, и необходимо сократить величину отчуждаемых участков. Т. е. этот вид дренажа при определенных гидрогеологических условиях является более эффективным.

При неоднородных и слабопроницаемых грунтах верхнего слоя двухслойного пласта вертикальные скважины прорезают верхний и нижний слой (либо только нижний), а горизонтальными дренами защищают сооружения, расположенные на верхнем слое.

Лучевой дренаж. Конструктивно представляет собой водоприемную шахту и выходящую из нее систему водосборных «лучей» – горизонтальных скважин длиной до 50 – 100м. «Лучи» располагаются непосредственно под защищаемым объектом, а шахта в стороне. Вода по скважинам самотеком поступает в шахту, откуда откачивается поверхностным насосом. Применяется в различных гидрогеологических условиях, и при невозможности непосредственного доступа к ценному зданию, объекту.

В некоторых случаях «лучами» могут быть горизонтальные дрены, сходящиеся и сбрасывающие воду в колодец (шахту, откуда она может перекачиваться в водоприемный объект (Журавлевка, участок выше линии трамвая).

Преимущества: является наиболее эффективным дренажем для объектов, к которым нет доступа технике. **Недостатки:** наиболее дорогой вид дренажа.

Пластовый дренаж состоит из искусственного пласта хорошо проницаемого грунта (гравий, галька, гравийно-песчаная смесь, грубозернистый песок), который искусственно закладывается в основании здания, сооружения. Применяется как предупредительная мера для объектов, где ожидаются большие потери воды.

Специальные виды дренажей

Галерейный – сооружается в теле плотин для предотвращения их гидравлических деформаций, на обводненных оползнеопасных склонах. Состоит из слабонаклонных галерей, куда возможен доступ обслуживающего персонала. Могут быть проложены на большой глубине с проходкой подземным способом.

Для усиления дренирующего эффекта используют дополнительно еще следующие технологические приемы (виды дренажа).

Вентиляционный – убирающий влагу от фундаментов путем пропускания атмосферного воздуха, как правило недонасыщенного водяным паром. Применяется при слабой водоотдаче пород (в основном глинистых и скальных).

Вакуумный – применяется также при слабой водоотдаче механически крепких, устойчивых пород (глинистые песчаники, алевролиты, аргиллиты, плотные известняки, доломиты, граниты и т. п.). В подземной закрытой камере

откачивают воздух, с помощью чего втягивают свободную и капиллярную воду, которую затем откачивают.

Пристенный – для отведения воды, стекающей с крыш и стен зданий. При строительстве здания по внешнему контуру стен и фундаментов устраиваются водоприемные – они же водоотводящие – трубы в гравийной обсыпке.

Сопутствующий – водоприемная, она же водоотводящая труба в гравийной обсыпке укладывается одновременно с водонесущей трубой для сбора теряющихся вод (например, вдоль канализационных коллекторов). Откачиваемая из дрены вода возвращается в водонесущий коллектор.

2.5 Нагрузки, воздействующие на дренажные устройства

При решении вопроса о заглублении горизонтального трубчатого дренажа, деталях его конструкции необходимо анализировать максимально допустимые вертикальные нагрузки, которые он может испытывать в процессе эксплуатации.

Статические нагрузки на дренаж возникают от действия собственного веса грунта (в естественном и подтопленном состоянии), веса сооружений, расположенных на поверхности грунта, и временных нагрузок от подвижного транспорта. Работающие машины и механизмы создают также **динамические нагрузки** на дренаж.

При расчетах необходимо учитывать неоднородность грунта по глубине, т. е. напластование разных пород, имеющих различную плотность.

Поскольку дренаж располагается в водонасыщенной зоне грунтов, при расчетах должно учитываться взвешивающее действие воды. При изменении уровня грунтовых вод только часть массива будет находиться во взвешенном состоянии, и это также должно учитываться при расчетах.

Для расчета подземных труб круглого сечения необходимо иметь данные о нормальных вертикальных, боковых и горизонтальных давлениях. Специальными исследованиями определены зависимости между вертикальным и боко-

вым давлением, которые выражают определенными коэффициентами для разных грунтов.

В отношении временных нагрузок, создаваемых колесами автомобильного транспорта, установлено, что напряжения затухают уже на небольшой глубине, и их следует учитывать при глубине заложения дренажных труб менее 2,5 м. В промышленном и гражданском строительстве дренажные трубы, как правило, укладывают на глубину 3 – 5 м и более, поэтому на городских территориях при расчетах нагрузок учитывают нагрузки от гусеничного транспорта.

Действие динамических нагрузок от машин и механизмов учитывают как поправку к статическому давлению, которую рассчитывают по формуле, приведенной в СНиП 2.02.05–87 с учетом коэффициентов условий работы (нагрузки от прокатного оборудования, дробилок, прессов, кузнечных молотов и т. д.). Предельная внешняя нагрузка на дренажные неперфорированные трубы, уложенные в траншеи с обсыпкой (щебень переходного слоя) или без нее, приведены в табл. 13. Нагрузка рассчитана для грунтов плотностью 1,8 г/см³.

Табл. 13 – Допустимая глубина заложения дренажных труб в траншеи

Диаметр трубы, см		Толщина стенки трубы, см	Разрушающая нагрузка, Н/м	Предельная допустимая глубина заложения, м
внутренний	наружный			
Керамические дренажные трубы				
15	19	2,0	9910	3,7
20	24,6	2,3	12600	3,7
25	29,8	2,4	13600	3,2
Керамические канализационные трубы				
15	18,8	1,9	20000	7,6
20	24	2,0	20000	5,9
25	24,4	2,2	22500	4,9
30	35	2,5	25000	4,9
Бетонные трубы				
20	26	3,0	15000	4,1
30	40	5,0	20000	3,6

Для перфорированных труб разрушающие загрузки меньше на величину коэффициента, который рассчитывают, исходя из характеристик трубы (форма отверстий, расстояние между ними и т. д.).

Гидрогеохимические нагрузки на дренаж

Грунтовые воды могут активно взаимодействовать с материалами дренажных устройств (быть агрессивными по отношению к ним), приводя к разрушению некоторых конструктивных элементов. Особенности состава грунтовых вод, определяющие их агрессивные свойства, зависят от природного состава (т. е. природной зоны), загрязнителей, поступающих в грунтовые воды на городских территориях, и биохимических процессов, протекающих в условиях высокого содержания в водах органики.

Дренажные трубы и другие элементы дренажных устройств изготавливают из бетона, асбестоцемента, керамики, пластмасс; в качестве фильтра (переходного слоя между стенкой и дренажной трубой) используют обсыпку щебнем, обертки из волокнистых минеральных материалов, геотекстиль из разных материалов. Агрессивными свойствами по отношению к материалам дренажей обладают грунтовые воды, имеющие низкие значения рН, содержащие свободную углекислоту, сульфаты, магниевые соли, хлориды и др. Наиболее устойчивыми в грунтовых водах различного химического состава являются керамические и пластмассовые трубы, элементы конструкций из бетонов на полимерных вяжущих. Вместе с тем керамические трубы разрушаются под влиянием механических воздействий, а пластмассовые и полимербетонные трубы неустойчивы в поле высоких температур, которые характерны для многих промышленных объектов.

Характеристики агрессивности грунтовых вод для строительных конструкций определяются СНиП 2.03.11-85. Оценка степени их агрессивного воздействия на бетонные трубы согласно этому документу представлена в табл. 14.

Табл. 14 – Характеристики агрессивности грунтовых вод

Показатели агрессивности	Количественное выражение показателя	Степень агрессивности
Бикарбонатная щелочность, мг-экв/л	0 – 1,05	Слабоагрессивная
Водородный показатель рН	5 – 6,5	Слабоагрессивная
	4 – 5	Среднеагрессивная
	0 – 4	Сильноагрессивная
Содержание агрессивной уг-	10 – 40	Слабоагрессивная

Показатели агрессивности	Количественное выражение показателя	Степень агрессивности
лекарственные кислоты, мг/л	свыше 40	Среднеагрессивная
Содержание магниевых солей, мг/л, в пересчете на Mg^{2+}	1000 – 2000 2000 – 3000 свыше 3000	Слабоагрессивная Среднеагрессивная Сильноагрессивная
Содержание аммонийных солей, мг/л, в пересчете на NH_4^+	100 – 500 500 – 800 свыше 800	Слабоагрессивная Среднеагрессивная Сильноагрессивная
Содержание едких щелочей, мг/л, в пересчете на Na^+ и K^+	50000 – 60000 60000 – 80000 свыше 80000	Слабоагрессивная Среднеагрессивная Сильноагрессивная
Суммарное содержание хлоридов, сульфатов, нитратов и других солей, мг/л, при наличии испаряющих поверхностей	10000 – 20000 20000 – 50000 свыше 50000	Слабоагрессивная Среднеагрессивная Сильноагрессивная

Наиболее опасным является воздействие вод с кислой реакцией воды (при pH менее 6,5 вода уже считается агрессивной по отношению к бетону) и сульфатных вод (при суммарном содержании солей более 10 г/дм³ вода приобретает агрессивность, а при содержании их более 50 г/дм³ – сильноагрессивной).

Для переходного слоя (дренажных обсыпок) следует использовать щебень и гравий изверженных пород или искусственный керамзитовый. Не допускать использования щебня из известняка или песчаника в условиях возможности воздействия кислых вод.

Обязательно необходимо учитывать при подборе материалов для использования в условиях подземного пространства городов реальность процессов биохимической коррозии бетона, приводящих к нарушению целостности конструкций, утечкам сточных вод из канализационных коллекторов и загрязнению подземных вод.

Формирование агрессивной эксплуатационной среды в сетях водоотведения

Коррозионное разрушение цементного бетона самотечных коллекторов характеризуется масштабностью процесса, его высокой скоростью и специфическим видом, когда поражается только сводовая часть трубопровода, а лотковая часть остается неразрушенной, как и трубопроводы в напорных участках

системы. Необходимо отметить, что по химическому составу сточные воды не агрессивны по отношению к бетону. Тем не менее, в настоящее время большинство специалистов рассматривает разрушение железобетонных трубопроводов систем водоотведения как результат сернокислотной агрессии (микробиологической коррозии). Как же создается агрессивная обстановка, которая приводит не только к разрушению бетонных трубопроводов, но и к загрязнению окружающей среды, в том числе подземных вод.

Самотечный канализационный коллектор можно рассматривать как техногенную экосистему, структура которой включает жидкую среду (сточные воды), газообразную (атмосфера коллектора), твердую (свод коллектора), их микробиоценозы. Главные биогенные элементы (углерод, азот и сера) попадают в экосистему коллекторов со сточными водами. Эти же воды, особенно хозяйственно-бытовые, приносят в трубопроводы микроорганизмы, которые являются главным двигателем трансформаций химических соединений и обеспечивают биогеохимический круговорот химических элементов.

Жидкая фаза экосистемы включает две экологические ниши: транспортируемые сточные воды с переменным видовым составом микробиоты и лоток, на поверхности которого формируется микробиоценоз, развивающийся в относительно стабильных условиях. Метаболизм бактерий второй экологической ниши определяет основные микробиологические превращения компонентов сточных вод, происходящие в канализационных сетях.

В результате гетеротрофной микробиологической деструкции углерод- и азотсодержащих загрязнителей, содержащихся в сточных водах, в анаэробных и микроаэрофильных условиях образуется ряд газообразных коррозионно-агрессивных соединений: H_2S , SO_2 , CO_2 , NO_x и др.

Газообразные продукты микробного метаболизма выделяются из сточных вод в атмосферу коллектора и частично растворяются непосредственно в конденсатной влаге на своде сооружения, либо в аэрозолях атмосферы трубопровода, которые затем конденсируются на своде.

Концентрация этих газообразных соединений в подсводовом пространстве, и как следствие, в выбросах из сетей в атмосферу прилегающих городских районов значительно превышает не только ПДК для населенных мест, но и для рабочей зоны.

Растворение газообразных серо-, углерод- и азотсодержащих соединений и продуктов их химического окисления в пленочной конденсатной влаге приводит к ее подкислению и формированию слабоагрессивной и агрессивной по отношению к бетону среды.

Намного более значимым для конструкций трубопроводов является инициирование микробиологических процессов окислительного метаболизма при растворении газообразных соединений в конденсатной влаге на своде с образованием кислых неорганических продуктов. Неорганические кислоты, наиболее коррозионно-агрессивные по отношению к бетону, могут образоваться в следующих процессах:

- окислении восстановленных соединений серы (сероводорода, оксидов серы, меркаптанов и др.) серными и тионовыми бактериями до серной кислоты;
- окислении аммония и оксидов азота бактериями-нитрификаторами с образованием азотистой и азотной кислот;
- окислении водорода и оксида углерода до угольной кислоты карбоксибактериями.

Химический состав пленочной конденсатной влаги варьируется в зависимости от глубины поражения бетона коррозионным процессом, причем при оценке агрессивности эксплуатационной среды необходимо учитывать не только ее кислотность, но и солесодержание. Химические характеристики пленочной конденсатной влаги на своде трубопровода представлены в табл. 15.

Табл. 15 – Химические характеристики пленочной конденсатной влаги

рН бетона	рН пленочной конденсатной влаги	Солесодержание (расчетное), г/дм³	ХПК, г/дм³
12,3	12,8	1,0 – 2,0	0
8,6	7,0	10,0 – 20,0	0,1
4,2	2,8	30,0 – 40,0	0,9
1,5	0,5	60,0 – 70,0	1,5

Согласно СНиП 2.03.11–85 среды с такими характеристиками солесодержания являются сильноагрессивными по отношению к бетону.

Для защиты от биохимической коррозии конструкций в сетях водоотведения сейчас используют полимерные материалы, в частности, полиэтилен.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ИСТОЧНИКОВ

1. Дегтярев Б. М. Дренаж в промышленном и гражданском строительстве / Дегтярев Б. М. – М. : Стройиздат, 1990. – 238 с.
2. Гігієнічні вимоги до якості води питної, призначеної до споживання людиною [Електронний ресурс] : Державні санітарні норми і правила № 2.2.4–171–10. – Офіц. вид. – К. : МОЗ України, 2010. – Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z0452-10>
3. Державні санітарні правила і норми планування та забудови населених пунктів [Електронний ресурс] : Державні санітарні правила і норми. – Офіц. вид. – К. : МОЗ України, 1996. – Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z0379-96>
4. Підтоплення у великих містах України (на прикладі м. Харків) / під ред. О. Ю. Чебанова – К. : Тов. «Знання» України, 1998 р. – 128 с.
5. Полимерные отходы в коммунальном хозяйстве города : уч. Пособие [авт. колл. : Бабаев В. Н., Коринько И. В., Шутенко Л. Н. и др.]. – Харьков: ХНАГХ, 2004. – 375 с.
6. Положение о порядке проектирования и эксплуатации зон санитарной охраны источников водоснабжения и водопроводов хозяйственно-питьевого назначения [Електронний ресурс] : Положення № 2640-82 від 18.12.1982 р. – Офіц. вид. – 1982. – Режим доступу: <http://zakon1.rada.gov.ua/cgi-bin/laws/main.cgi?nreg=v2640400-82>
7. Про правовий режим зон санітарної охорони водних об'єктів [Електронний ресурс] : Постанова Кабінету Міністрів України № 2024 від 18 грудня 1998 р. – Офіц. вид. – К., 1998. – Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/2024-98-%D0%BF>
8. Снижение норм водопотребления в Харькове: перспективы и оценка последствий : материалы II-го Международного водного форума “AQUA Украина – 2004” / [Свиренко Л. П., Серикова Е. Н.]. – Киев, 2004. – С. 315–316.

9. Фундаменты машин с динамическими нагрузками : СНиП 2.02.05–87. – [утвержд. 1988-07-01]. – Госстрой СССР, 1988.
10. Защита строительных конструкций от коррозии : СНиП 2.03.11–85. – [утвержд. 1986-01-01]. – Госстрой СССР, 1986.
11. Инженерная защита территории от затопления и подтопления : СНиП 2.06.15–85. – [утвержд. 1986-07-01]. – Госстрой СССР, 1986.
12. Подтопление в населенных пунктах Харьковской области / [Г. Г. Стрижельчик, Ю. П. Соколов, И. А. Гольдфельд и др.]. – Х. : УкрНИИИТИЗ, 2001. – 169 с.
13. Яковлев В. В. Питьевое водоснабжение городов на основе отдельного использования подземных вод (на примере города Харькова): дис. канд. техн. наук : 05.23.04 / Яковлев Валерий Владимирович. – Х., 1999. – 195с.
14. Jakovlev, V.V., Svirenko, L.P., Chebanov, O.JU., Spirin, O.I. (2002). Rising Groundwater Levels in North-Eastern Ukraine: Hazardous Trends in Urban Areas. In: Current Problems of Hydrogeology in Urban Areas, Urban Agglomerates and Industrial Centres. Eds. K.W.F.Howard and R.G. Israfilov. NATO Science Series. P.221–241. Kluwer Academic Publishers. Printed in the Netherlands.
15. Sheng Zhang, Ken Howard et al. (2004). Sources, Types, Characteristics and Investigation of Urban Groundwater Pollutants. Editor David N. Lerner / Urban Groundwater Pollution. International Contributions to Hydrogeology. UNESCO & IAH. Published by: A.A. Balkema Publishers
16. Urban groundwater – meeting the challenge (2007). Edited by Ken W.F. Howard. Selected Papers from the 32nd International Geological Congress (IGC), Florence, Italy, August 2004. Taylor & Francis Group, London, UK.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Русско-украинско-английский словарь основных терминов

Русский	Українська	English
атмосферные осадки	атмосферні опади	rainfall, precipitation
биоразложение	біодеградація	biodegradation
бурить	бурити	drill
водоносный горизонт	водоносний горизонт	aquifer
водоупор, слабопроницаемый пласт	водотрив, слабопроникний шар	aquitard, aquiclude
воздействие	вплив	impact
время выживания	термін виживання	survival time
грунтовые воды	грунтові води	shallow water
депрессионная воронка	депресійна воронка	cone of depression
дренаж	дренаж	drainage
дренажная труба (дрена)	дренажна труба (дрена)	drain pipe
загрязнение подземных вод	забруднення підземних вод	groundwater pollution (contamination)
зона насыщения	зона насичення	saturated zone
инфильтрация	інфільтрація	infiltration
истощение, ослабление	виснаження, послаблення	attenuation, exhausting
канализованный (город, поселок)	каналізоване (місто, селище)	sewed (city, settlement)
колодец (неглубокая скважина)	колодязь (неглибока свердловина)	well
моделирование	моделювання	simulation
обеспечивать, снабжать	забезпечувати, постачати	to provide
окружающая среда	довкілля, навколишнє середовище	environment
определение	визначення	detection
откачка	відкачка	pumping
оценка, оценивать	оцінка, оцінювати	assessment, assess
питание (пополнение) подземных вод	живлення (поповнення) підземних вод	groundwater recharge
поверхностные воды	поверхневі води	surface water
подземные воды	підземні води	groundwater
подтопление	підтоплення	underflooding
предельно-допустимая концентрация (ПДК)	гранично-допустима концентрація (ГДК)	maximum permissible concentration
просачивание, выход	просочування, вихід	seepage

Русский	Українська	English
противофильтрационный экран	протифільтраційний екран	screen, shield
пьезометрический уровень	п'єзометричний рівень	piezometric level
разгрузка подземных вод, сток	розвантаження підземних вод	discharge
размещение, захоронение (отходов)	розміщення, захоронення	disposal
решать (проблему)	розв'язувати (проблему)	solve
родник	джерело, криниця	spring
свалка твердых отходов	звалище твердих відходів	landfill
скважина	свердловина	borehole, well
снабжать	постачати	to supply
сточные воды (бытовые)	стічні води (побутові)	sewage
съёмка (геологическая, топографическая), обследование	зйомка (геологічна, топографічна), обстеження	survey
уровень (зеркало) грунтовых вод	рівень (дзеркало) ґрунтових вод	water table
утечка	витік	leakage
фильтрат из свалки отходов	фільтрат із звалища відходів	leachate

НАВЧАЛЬНЕ ВИДАННЯ

Дядін Дмитро Володимирович,

Свіренко Лідія Павлівна

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

з навчальної дисципліни

**«ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ПІДЗЕМНИХ ВОД
НА УРБАНІЗОВАНИХ ТЕРИТОРІЯХ»**

(для студентів 5 курсу денної і 6 курсу заочної форм навчання спеціальності 7.04010601 «Екологія та охорона навколишнього середовища» (7.070801 «Екологія і охорона навколишнього середовища»))

(Рос. мовою)

Відповідальний за випуск *к. т. н., доц. В. М. Ладизженський*

Редактор *К. В. Дюкар*

Комп'ютерне верстання *О. А. Балашова*

План 2010, поз. 45Л

Підп. до друку 14.12.2011

Друк на ризографі

Зам. №

Формат 60×84/16

Ум. друк. арк. 2,5

Тираж 50 пр.

Видавець і виготовлювач:

Харківська національна академія міського господарства,
вул. Революції, 12, Харків, 61002

Електронна адреса: rektorat@ksame.kharkov.ua

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:

ДК № 4064 від 12.05.2011 р.