



БЫТОВЫЕ СКВАЖИНЫ И КОЛОДЦЫ

ВВЕДЕНИЕ И ОБЗОР

Джон Дрейдж

Бытовые Скважины и Колодцы Введение и Обзор

The Groundwater Project

Джон Дрейдж

Гидрогеолог

Геологическая служба Новой Шотландии

Галифакс, Новая Шотландия, Канада

Бытовые Скважины и Колодцы
Введение и Обзор

The Groundwater Project
Guelph, Ontario, Canada

Проект «Groundwater» опирается на частные пожертвования для издания книг и управления проектом.

Пожалуйста, рассмотрите возможность спонсирования проекта «Groundwater», чтобы наши книги оставались в свободном доступе.

<https://gw-project.org/donate/> 

Пожалуйста, рассмотрите возможность пожертвования. Спасибо.

Все права защищены. Эта публикация защищена авторским правом. Запрещается размножение, распространение, перепечатка любой части этой книги в какой-либо форме или какими-либо средствами без письменного разрешения авторов (для запроса разрешения можно связаться по электронному адресу: permissions@gw-project.org). Коммерческое распространение и копирование строго запрещены.

Работы GW-Project можно бесплатно загрузить с сайта gw-project.org. Разрешается использовать и делиться ссылками gw-project.org для загрузки работ GW-Project. Не допускается размещение документов GW-Project на других веб-сайтах или отправка копий документов напрямую другим лицам. Пожалуйста, уважайте этот источник бесплатных знаний, который приносит пользу всем тем, кто хочет узнать о подземных водах.

Авторские права © 2022 Джон Дрейдж (Автор)

Опубликовано Groundwater Project, Гвельф, Онтарио, Канада, 2022.

Дрейдж, Джон

Бытовые Скважины и Колодцы Введение и Обзор

Гвельф, Онтарио, Канада, 2022.

68 страниц

ISBN: 978-1-77470-140-9

Пожалуйста, рассмотрите возможность подписки на рассылку GW-Project и будьте в курсе об издании новых книг, мероприятий и возможностей для участия в GW-Project. Подписка на нашу рассылку помогает нам создать глобальное сообщество по подземным водам. Зарегистрируйтесь. [Sign up](#).

Цитата: Джон, Дрейдж, 2022, «Бытовые скважины и колодцы введение и обзор» [Domestic Wells - Introduction and Overview](#). Проект «The Groundwater Project», Гвельф, Онтарио, Канада.



Редактор домена: Джон, Дрейдж

Совет: John Cherry, Paul Hsieh, Ineke Kalwij, Stephen Moran, Everton de Oliveira and Eileen Poeter

Руководящий комитет: John Cherry, Allan Freeze, Paul Hsieh, Ineke Kalwij, Douglas Mackay, Stephen Moran, Everton de Oliveira, Beth Parker, Eileen Poeter, Ying Fan, Warren Wood, and Yan Zheng.

Обложка: John Drage, 2022.

Перевод на русский язык: Хакимов Азиз, Проектный менеджер компании “Alterra-teams”
Ташкент, Узбекистан 2025.

Содержание

СОДЕРЖАНИЕ	V
ПРЕДИСЛОВИЕ К ПРОЕКТУ «ПОДЗЕМНЫЕ ВОДЫ»	VII
ПРЕДИСЛОВИЕ РУКОВОДИТЕЛЯ ПРОЕКТА «ПОДЗЕМНЫЕ ВОДЫ».....	VIII
БЛАГОДАРНОСТИ	X
1 ВВЕДЕНИЕ.....	1
2 ДЕМОГРАФИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ ПО СКВАЖИНАМ И БЫТОВЫМ КОЛОДЦАМ	3
2.1 Кто пользуется бытовыми скважинами и колодцами?	3
2.2 Оценка количества людей, использующих бытовых скважин и колодцев	6
3 СТРОИТЕЛЬСТВО БЫТОВЫХ СКВАЖИН ИЛИ КОЛОДЦЕВ.....	9
3.1 Пробуренные скважины	9
3.2 Вырытые колодцы.....	12
3.3 Другие типы скважин	16
3.4 Компоненты бытовой пробуренной скважины и системы водоснабжения.....	17
3.4.1 Компоненты пробуренной скважины	17
3.4.2 Компоненты системы водоснабжения	19
4 ОБЪЕМ ВОДЫ ДЛЯ БЫТОВЫХ НУЖД.....	22
5 КАЧЕСТВО ВОДЫ В БЫТОВЫХ КОЛОДЦАХ	24
5.1 Обзор	24
5.2 Загрязняющие вещества в бытовых колодцах.....	28
5.2.1 Микробные загрязнители	28
5.2.2 Мышьяк.....	29
5.2.3 Фтор.....	30
5.2.4 Нитрат.....	30
5.2.5 Марганец	31
5.2.6 Свинец.....	31
5.2.7 Пестициды и летучие органические соединения.....	31
5.2.8 Новые загрязняющие вещества	32
6 УЯЗВИМОСТЬ БЫТОВЫХ КОЛОДЦЕВ	34
6.1 Отсутствие контроля качества воды	34
6.2 Проблемы очистки воды.....	36
6.3 Уязвимость к загрязнению.....	38
6.3.1 Источники загрязнения вблизи бытовых колодцев и скважины.....	39
6.3.2 Бытовые скважины в неглубоких водоносных горизонтах.....	42
6.3.3 Микробные загрязняющие вещества в бытовых колодцах.....	43
6.4 Уязвимость к снижению уровня подземных вод	48
7 ЗАЩИТА БЫТОВЫХ СКВАЖИН	50
7.1 Правила.....	50
7.2 Образовательные и просветительские программы	53
7.3 Другие методы защиты	54
8 БЫТОВЫЕ СКВАЖИНЫ И ИССЛЕДОВАНИЯ.....	56
9 СВОДНЫЙ ОБЗОР И ДАЛЬНЕЙШИЕ ДЕЙСТВИЯ	59
9.1 Качество воды.....	59
9.2 Количество воды	60

9.3	Бытовые скважины и технологические достижения	60
10	УПРАЖНЕНИЯ	62
	УПРАЖНЕНИЕ 1	62
	УПРАЖНЕНИЕ 2	62
	УПРАЖНЕНИЕ 3	62
	УПРАЖНЕНИЕ 4	62
11	ССЫЛКИ	63
12	ПРИЛОЖЕНИЯ	77
	Приложение 1 - Сколько воды нужно из бытовой скважины?	77
	Приложение 2 - Обнаруженное загрязнение бытовых скважин по последствиям для здоровья	79
	Приложение 3 - Загрязнение бытовых колодцев и скважин вблизи места захоронения отходов	81
13	РЕШЕНИЯ УПРАЖНЕНИЙ	83
	РЕШЕНИЕ УПРАЖНЕНИЯ 1	83
	РЕШЕНИЕ УПРАЖНЕНИЯ 2	84
	РЕШЕНИЕ УПРАЖНЕНИЯ 3	85
	РЕШЕНИЕ УПРАЖНЕНИЯ 4	86
14	ОБ АВТОРЕ	87
15	О ПЕРЕВОДЧИКЕ	88

Предисловие к проекту «Подземные воды»

2022 год знаменует собой важный год для подземных вод, поскольку члены и партнеры Организации Объединенных Наций по водным ресурсам выбрали темой Всемирного дня водных ресурсов 22 марта этого года: «Подземные воды: делаем невидимое видимым». Цель проекта «Подземные воды» (GW-Project) соответствует этой теме. GW-Project, зарегистрированная благотворительная организация в Канаде, стремится внести свой вклад в развитие образования в области подземных вод и предлагает уникальный подход к созданию и распространению знаний для понимания и решения проблем. GW-Project управляет веб-сайтом <https://gw-project.org/> как глобальной платформой для демократизации знаний о подземных водах, основанной на принципе:

«Знания должны быть свободными, а лучшие знания должны быть бесплатными». Аноним

Миссия проекта GW-Project заключается в содействии обучению в области подземных вод. Это достигается путем предоставления доступных, увлекательных, высококачественных образовательных материалов, бесплатно онлайн на многих языках, всем, кто хочет узнать о подземных водах. Короче говоря, предоставление необходимых инструментов знаний для устойчивого развития подземных вод для человечества и экосистем.

Это новый тип глобального образовательного начинания, поскольку оно основано на волонтерстве профессионалов из разных дисциплин и включает ученых, консультантов и пенсионеров. Проект GW включает в себя многие сотни волонтеров, связанных с более чем 200 сотнями организаций из 27 стран и шести континентов, с растущим участием. Проект GW является постоянным начинанием и будет продолжаться с сотнями книг, опубликованных онлайн в ближайшие годы, сначала на английском, а затем и на других языках, для скачивания везде, где доступен Интернет. Важный принцип книг проекта GW - сильный акцент на визуализации с помощью четких иллюстраций, которые стимулируют пространственное и критическое мышление для облегчения усвоения информации. Публикации GW-Project также включают вспомогательные материалы, такие как видео, лекции, лабораторные демонстрации и учебные пособия, а также предоставляют или ссылаются на общедоступное программное обеспечение для различных приложений для подземных вод, поддерживающих образовательный процесс.

GW-Project — это живое существо, поэтому последующие издания книг будут публиковаться время от времени. Пользователям предлагается предлагать изменения. Мы благодарим вас за то, что вы являетесь частью сообщества GW-Project. Мы надеемся услышать от вас о вашем опыте использования книг и связанных с ними материалов. Мы приветствуем идеи и волонтеров!

Совет директоров проекта по подземным водам,

Январь 2022 г

Предисловие руководителя проекта «Подземные воды»

Бытовые колодцы, также известные как частные скважины и колодцы, обычно находятся на частной территории в отличие от общественных муниципальных колодцев. Бытовые колодцы должны давать достаточно воды только для одной семьи и в некоторых случаях для мелкого фермерства. По оценкам, сотни миллионов людей используют такие колодцы для удовлетворения своих основных потребностей в воде. В Соединенных Штатах и Канаде около 46 миллионов человек полагаются на бытовые колодцы.

Качество воды из домашнего колодца остаётся неизвестной из-за отсутствия требований к тестированию. Бытовые колодцы являются распространенной причиной вреда здоровью человека, хотя частота и степень вреда плохо документированы. Сотни миллиардов долларов были потрачены на исследования и восстановительные мероприятия на загрязненных промышленных объектах по всей Северной Америке и Европе для защиты здоровья людей от загрязненных подземных вод, но почти никаких средств не выделяется на оценку или снижение угроз для здоровья от воды из домашнего колодца, поскольку качество воды считается делом владельца частного колодца. Существуют прецеденты, которые свидетельствуют о том, что частная собственность не должна исключать ответственность правительства. Например, некоторые правительства регулируют расположение и конструкцию бытовых септических систем, стремясь защитить близлежащие бытовые колодцы.

Во всем мире исследования, в которых проверяют подземные воды, откачиваемые из бытовых скважин и колодцев, обнаружили, что многие из них содержат вредные компоненты из природных источников, такие как мышьяк, фторид, марганец и уран, и/или вредные компоненты, образующиеся в результате деятельности человека, такие как растворители, антипирены, дорожная соль и сельскохозяйственные химикаты. Исследования, в которых бытовые колодцы проверяются на наличие патогенных бактерий, обычно показывают, что у трети колодцев уровень небезопасен, но причина неизвестна. Эта вода из скважин или колодца также, вероятно, содержит вредные вирусы, но тестирование на вирусы проводится редко. Существуют строгие современные требования и проверки зданий для строительства домов, но требования по обеспечению безопасности бытовых колодцев не менялись более полувека, и проверки скважин на месте не требуются.

В этой книге основное внимание уделяется проектированию, строительству и эксплуатации бытовых колодцев. Хотя для владельцев бытовых скважин и колодцев эта книга будет интересной, она нацелена на профессионалов, работающих в сфере подземных вод, чтобы улучшить их понимание проблем, связанных с бытовыми колодцами. Безопасная вода из колодца имеет важное значение для общественного

благополучия и требует решений от многопрофильных групп, которые взаимодействуют с органами общественного здравоохранения.

Три другие книги проекта «Подземные воды» дополняют эту тему: «Содержание фтора в подземных водах», «Влияние септических систем на качество подземных вод» и «Базы данных о скважинах на воду и их использование». Джон Дрейдж, автор этой книги, является старшим гидрогеологом Геологической службы провинции Новая Шотландия, Канада, где более 40% населения пользуются бытовыми колодцами, что делает ее микромиром многих проблем, с которыми сталкиваются владельцы бытовых колодцев и правительство.

Джон Черри, руководитель проекта
«The Groundwater Project» (Подземные воды)
Гвельф, Онтарио, Канада, январь 2022 г.

Благодарности

Я хотел бы поблагодарить Джона Черри за возможность внести свой вклад в The Groundwater Project, а также за его поддержку и терпение во время подготовки этой книги. Я благодарен Аманде Силлс, Джулиане Аполонио из «Groundwater Project» за их надзор и редактирование этой книги. Я благодарю Эйлин Поэтер (Colorado School of Mines, Golden, Colorado, USA) за рецензирования, редактирования и издания этой книги. Я хотел бы поблагодарить следующих людей, которые значительно улучшили содержание этой книги своими содержательными отзывами и/или вкладом:

- ❖ Хизер Кросс, гидрогеолог (на пенсии), Новая Шотландия, Канада
- ❖ Гэвин Кеннеди, старший гидрогеолог, Геологическая служба Новой Шотландии, Новая Шотландия, Канада
- ❖ Стью Гамильтон, старший научный руководитель по геохимии, Геологическая служба Онтарио, Онтарио, Канада
- ❖ Брюс Миссир, доцент, Тринити-колледж в Дублине, Ирландия
- ❖ Кен Брэдбери, научный гидрогеолог, Геологическая и природоведческая служба Висконсина, Висконсин, США
- ❖ Эвертон де Оливейра, президент, директор “Hidroplan”, Институт устойчивого водоснабжения, Бразилия
- ❖ Инеке Калвей, президент и главный гидрогеолог, Kalwij Water Dynamics Inc., Британская Колумбия, Канада
- ❖ Тим Лотимер, президент “Tim Lotimer & Associates”, Онтарио, Канада
- ❖ Хью Симпсон, аналитик программ, Министерство сельского хозяйства, продовольствия и сельских дел Онтарио, Онтарио, Канада
- ❖ Питер Грей, вице-президент и старший гидрогеолог, “MTE Consultants Inc.”, Онтарио, Канада
- ❖ Клинт Коул, председатель, “Enniskillen Environmental Association”, Онтарио, Канада
- ❖ Даг Макдональд, редактор раздела Geoscience, Геологическая служба Новой Шотландии, Новая Шотландия, Канада
- ❖ Хью Уайтли, независимый специалист по гражданскому строительству и почетный профессор, Университет Гвельфа, Китченер, Канада

Наконец, я хотел бы поблагодарить владельцев и подрядчиков по строительству скважин и колодцев, с которыми я встречался за время своей карьеры и которые помогли мне узнать больше о скважинах и колодцах, поделившись со мной своим опытом в области строительства колодцев.

Джон Дрейдж

1 Введение

Частные бытовые колодцы (рисунок 1) снабжают водой сотни миллионов людей по всему миру. Они являются наиболее распространенным типом водоснабжения, используемым в сельской местности, где отсутствует общественное водоснабжение. Поскольку они находятся в частной собственности и часто расположены в малонаселенных районах, их трудно контролировать и защищать от загрязнения. Бытовые колодцы в значительной степени не регулируются, за исключением их первоначального строительства, и владелец колодца несет ответственность за сохранения своего колодца и обеспечение безопасности воды для питья. Хотя многие владельцы бытовых колодцев отлично справляются со своей работой, у многих других нет ресурсов для защиты своих колодцев или регулярной проверки качества воды. В результате бытовые колодцы являются наиболее распространенным способом для людей подвергаться воздействию загрязнителей подземных вод. Несмотря на эти риски, большинство бытовых колодцев обеспечивают безопасное и надежное водоснабжение. Там, где отсутствует общественное водоснабжение, бытовые колодцы, как правило, являются наилучшим вариантом водоснабжения, если они правильно построены, расположены вдали от источников загрязнения и регулярно обслуживаются, и контролируются.

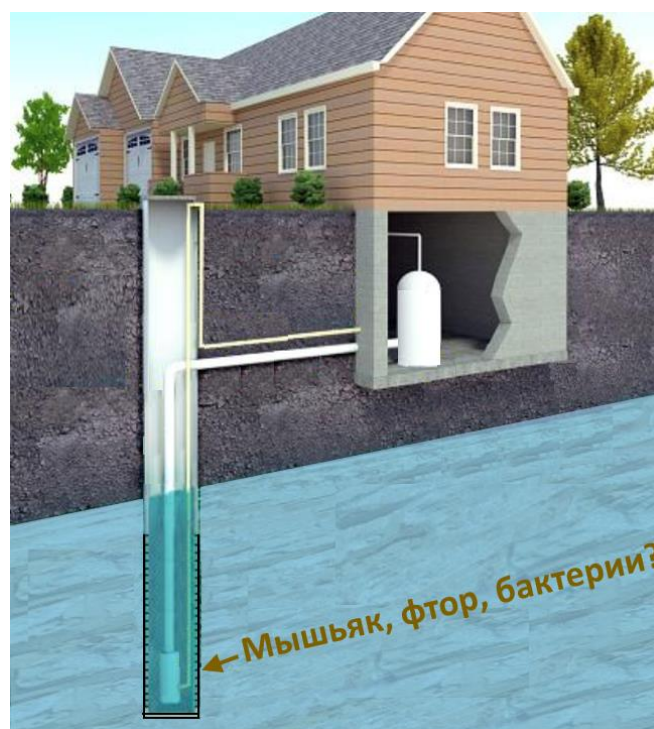


Рисунок 1 – Бытовая скважина или колодец, снабжающий водой частный дом (адаптировано из USEPA, 2019).

Эта книга представляет собой введение в бытовые колодцы, включая их конструкцию, регулирование, уязвимость, защиту и ценные данные, которые они могут предоставить для исследования подземных вод. Она является частью серии книг о бытовых колодцах, каждая из которых предоставляет более подробную информацию по темам бытовых колодцев, которые рассматриваются здесь на вводном уровне. Эта книга фокусируется на бытовых колодцах в Канаде и Соединенных Штатах, хотя представлена некоторая информация из других стран. Для получения информации о бытовых колодцах в других регионах мира, включая Африку, Азию и Латинскую Америку, [The Rural Water Supply Network](#)[↗] является прекрасным ресурсом.

Эта книга в первую очередь написана для студентов, специалистов по подземным водам и политиков с опытом работы в области водных наук и профессиональным интересом к бытовым колодцам.

Обсуждаемые вопросы, включают:

Сколько людей пользуются бытовыми скважинами и колодцами? Насколько загрязнение бытовых скважин и колодцев способствует болезням и расходам на здравоохранение? Как можно повысить безопасность бытовых скважин и колодцев? Как мы можем гарантировать, что качество и количество воды в бытовых скважинах и колодцах останутся устойчивыми?

В данной книге термин «бытовая скважина и колодец» используется для обозначения скважин и колодцев, находящихся в частной собственности частных лиц и используемых для обеспечения водой бытовых целей (т. е. воды для бытовых нужд, таких как питье, приготовление пищи, купание и уборка). Бытовой колодец обычно обслуживает одно домохозяйство или иногда несколько домохозяйств одновременно. Бытовые скважины и колодцы также обычно называют частными. В целях регулирования, бытовые скважины и колодцы часто отличаются от общественных скважин и колодцев на основе права собственности на скважину и колодец (т. е. частная собственность домовладельца по сравнению с государственной собственностью) или количества людей, обслуживаемых скважиной и колодцем. Например, в Соединенных Штатах общественные системы водоснабжения определяются как системы, которые обслуживают в среднем не менее 25 человек в течение не менее 60 дней в году или имеют не менее 15 подключений к услугам. Скважины и колодцы, которые обслуживают меньше этих пороговых значений, определяются как частные системы водоснабжения.

2 Демографические данные по бытовым скважинам и колодцам

2.1 Кто пользуется бытовыми скважинами и колодцами?

Около половины населения мира использует подземные воды для питья (Margat and van der Gun, 2013), но какая часть из них поступает из бытовых колодцев? К сожалению, точное количество неизвестно, поскольку точная информация об использовании бытовых колодцев доступна не для всех округов, включая некоторые округа с большим населением, такие как Китай. Однако имеющаяся информация указывает на то, что сотни миллионов людей во всем мире полагаются на бытовые колодцы. Sutton (2021) подсчитал, что более одного миллиарда людей во всем мире используют воду, поставляемую самостоятельно (т. е. домохозяйства обеспечивают себя водой своими собственными средствами). Эта оценка распространяется на все типы самостоятельного водоснабжения домохозяйств, включая те, которые используют поверхностные источники воды и цистерны с дождевой водой, но большая часть самостоятельного водоснабжения осуществляется из источников подземных вод.

Бытовые колодцы используются как в городских, так и в сельских районах, хотя они используются больше в сельской местности, где проживает примерно 45 процентов населения мира (Организация Объединенных Наций, 2018 г.). Исследование самостоятельного снабжения питьевой водой в Азиатско-Тихоокеанском регионе привело к выводу, что самостоятельное снабжение домохозяйств, в котором подземные воды являются доминирующим источником, составляет 20 процентов городского водоснабжения и 37 процентов сельского водоснабжения (Foster et al., 2021 г.). В таблице 1 представлена информация об использовании бытовых колодцев из ряда стран. В Канаде 4,2 миллиона человек (11 процентов населения) используют бытовые колодцы, а в Соединенных Штатах 42 миллиона человек (13 процентов населения) используют бытовые колодцы.

Хотя общее количество бытовых колодцев в Соединенных Штатах продолжает расти, процент населения, полагающегося на бытовые колодцы, снижается, поскольку население переезжает в городские центры, где доступно общественное водоснабжение. В густонаселенных европейских странах (например, в Англии, Германии) бытовыми колодцами пользуется менее 1 процента населения.

Таблица 1 - Расчетная численность населения, пользующегося бытовыми колодцами в отдельных странах и регионах.

Страна или регион	Общая численность населения (млн.) ¹	Население, использующее бытовые колодцы (млн.)	Процент населения, использующего бытовые колодцы (%)	Источник
Австралия	25	1,4	6%	Австралийское статистическое бюро, 2013 г.
Бангладеш ²	165	107	71%	Foster et al., 2021 г.
Канада	38	4,2	11%	Статистическое управление Канады, 2017а
Камерун	27	2,7	10%	Sutton and Butterworth, 2021 г.
Камбоджа	16	4,3	27%	Foster et al., 2021 г.
Конго	90	7,4	8%	Sutton and Butterworth, 2021 г.
Англия	56	0,06	<1%	Инспекция по питьевой воде (DWI), 2020 г.
Германия	84	0,7	<1%	Федеральное агентство по охране окружающей среды, 2012 г.
Индия ²	1,380	371	27%	Foster et al., 2021 г.
Ирландия	5	0,55	11%	Hynds et al., 2013 г.
Япония ³	126	3,7	3%	Министерство здравоохранения, труда и социального обеспечения Японии, 2020 г.
Новая Зеландия ³	4,8	0,8	17%	Министерство здравоохранения Новой Зеландии, 2020
Нигерия	206	14	7%	Sutton and Butterworth, 2021 г.
Норвегия ³	5.4	0,5	9%	Норвежский институт общественного здравоохранения, 2017 г.
Тихоокеанский регион ⁴	11	0,33	3%	Foster et al., 2021 г.
Пакистан ²	221	90	42%	Foster et al., 2021 г.
Южно-Азиатский регион ⁵	1,814	599	33%	Foster et al., 2021 г.
Регион Юго-Восточной Азии ⁶	618	142	23%	Foster et al., 2021 г.
США	332	42	13%	Dieter et al., 2018.

Примечания:

1. [Население 2020 г.](#) ↗

2. Эта оценка касается населения, обслуживаемого самостоятельными бытовыми источниками питьевой воды. Она включает источники из скважин и дождевой воды, однако доля дождевой воды, включенная в эти оценки, составляет менее 1 процента.

3. Эта оценка включает как бытовые колодцы, так и другие нерегулируемые небольшие источники воды и, следовательно, является завышенной оценкой бытового использования колодцев.

4. Тихоокеанский регион включает следующие страны: Фиджи, Кирибати, Маршалловы Острова, Микронезия, Папуа-Новая Гвинея, Самоа, Соломоновы Острова, Тонга, Тувалу и Вануату.

5. Регион Южной Азии включает следующие страны: Афганистан, Бангладеш, Бутан, Индия, Мальдивы, Непал, Пакистан и Шри-Ланка.

6. Регион Юго-Восточной Азии включает следующие страны: Камбоджа, Индонезия, Лаосская Народно-Демократическая Республика, Мьянма, Филиппины, Таиланд, Восточный Тимор и Вьетнам.

Трудно найти информацию о бытовом использовании колодцев в развивающихся странах. Недавно были опубликованы новые данные (например, Sutton and Butterworth, 2021; Foster et al., 2021), поскольку самообеспечение домохозяйств продвигается как подход к достижению «Цели Устойчивого Развития» Организации Объединенных Наций в отношении питьевой воды (т. е. к достижению всеобщего и равноправного доступа к безопасной и доступной питьевой воде для всех к 2030 году). Хотя информацию о бытовом использовании колодцев в развивающихся странах получить трудно, Бангладеш является исключением, поскольку бытовые колодцы там были тщательно изучены из-за опасений по поводу мышьяка в подземных водах. По оценкам, в Бангладеш насчитывается около 17 миллионов бытовых колодцев (Fischer et al., 2020; Shamsudduha et al., 2019), обслуживающих население численностью около 107 миллионов человек. Общее количество колодцев неуклонно растет, и большая часть этих колодцев в настоящее время являются частными бытовыми колодцами.

В 1992 году общее количество скважин в Бангладеш составляло 2,5 миллиона, 50 процентов из которых находились в частной собственности, а 50 процентов — в государственной. В 2017 году общее количество скважин оценивалось в 18,4 миллиона, 95 процентов из которых находились в частной собственности (Fischer et al., 2020). Около 15 процентов этих бытовых скважин находятся в городских районах, а остальные — в сельской местности.

Важно знать, сколько бытовых колодцев используется и где они расположены, чтобы определить, где люди подвергаются риску воздействия загрязнителей подземных вод. Понимание распределения бытовых колодцев позволяет проводить целевые вмешательства (например, программы повышения осведомленности, программы проверки качества воды из колодца) в районах с предполагаемым загрязнением подземных вод. Во многих случаях мы можем предсказать, какие районы с большей вероятностью будут подвержены риску от природных и антропогенных загрязнителей. Большинство природных загрязнителей подземных вод, таких как мышьяк и фторид, поступают из геологических источников, и связь между этими загрязнителями и определенными геологическими формациями указывает на то, что районы с большей вероятностью будут подвержены воздействию.

Антропогенные загрязнители подземных вод также могут быть связаны с определенными районами, где деятельность человека представляет опасность для подземных вод, такими как сельскохозяйственные районы, где подземные воды часто подвергаются воздействию микробных загрязнителей, нитратов и пестицидов. Также важно знать, где используются бытовые колодцы, чтобы забор воды из этих скважин

можно было включить в водные бюджеты. Это может быть особенно важно в водоносных горизонтах с высокой степенью нагрузки, где общий забор воды достиг предела устойчивости водоносного горизонта, или в районах, где существует риск того, что чрезмерная откачка может вызвать вторжение морской воды.

В большинстве водоносных горизонтов забор воды в сельскохозяйственных, муниципальных и промышленных целях составляет большую часть забора подземных вод. Однако, в зависимости от местных условий, значительная доля забора подземных вод может поступать из бытовых колодцев. Расчеты бюджета подземных вод для провинции Новая Шотландия, Канада, показывают, что 32 процента забора подземных вод в провинции приходится на бытовые колодцы (рисунок 2). Относительная доля забора подземных вод для бытовых колодцев в провинции больше, чем для большинства водоносных горизонтов. Обычно заборы из бытовых скважин составляют небольшую долю от общего объема откачки. Кроме того, там, где используются бытовые септические системы, большая часть воды, откачиваемой из бытовых скважин, возвращается в неглубокий водоносный горизонт через сброс септической системы.



Рисунок 2 - Забор подземных вод по секторам в процентах от общего объема забора всех подземных вод в Новой Шотландии, Канада (Кеннеди, 2020).

2.2 Оценка количества людей, использующих бытовых скважин и колодцев

Данные переписи населения можно использовать для оценки использования бытовых колодцев, если тип водоснабжения, используемого каждым домохозяйством, включен в перепись. В Соединенных Штатах перепись 1990 года была последней переписью, которая собрала эту информацию на национальном

уровне. Однако Геологическая служба США (USGS) оценила количество и местоположение бытовых колодцев по всей стране, используя плотность домохозяйств на квадратный километр. После достижения порогового значения количество людей, использующих бытовых колодцев, снижается по мере увеличения плотности домохозяйств. Это согласуется с наблюдением, что в городских районах с высокой плотностью домохозяйств меньше бытовых колодцев, поскольку обычно доступно общественное водоснабжение. Используя этот подход, Геологическая служба США (USGS) подсчитала, что в 2010 году около 37 миллионов человек в Соединенных Штатах использовали бытовых колодцев (Johnson et al., 2019). Распределение людей, использующих бытовых колодцев в Соединенных Штатах, показано на рисунке 3.

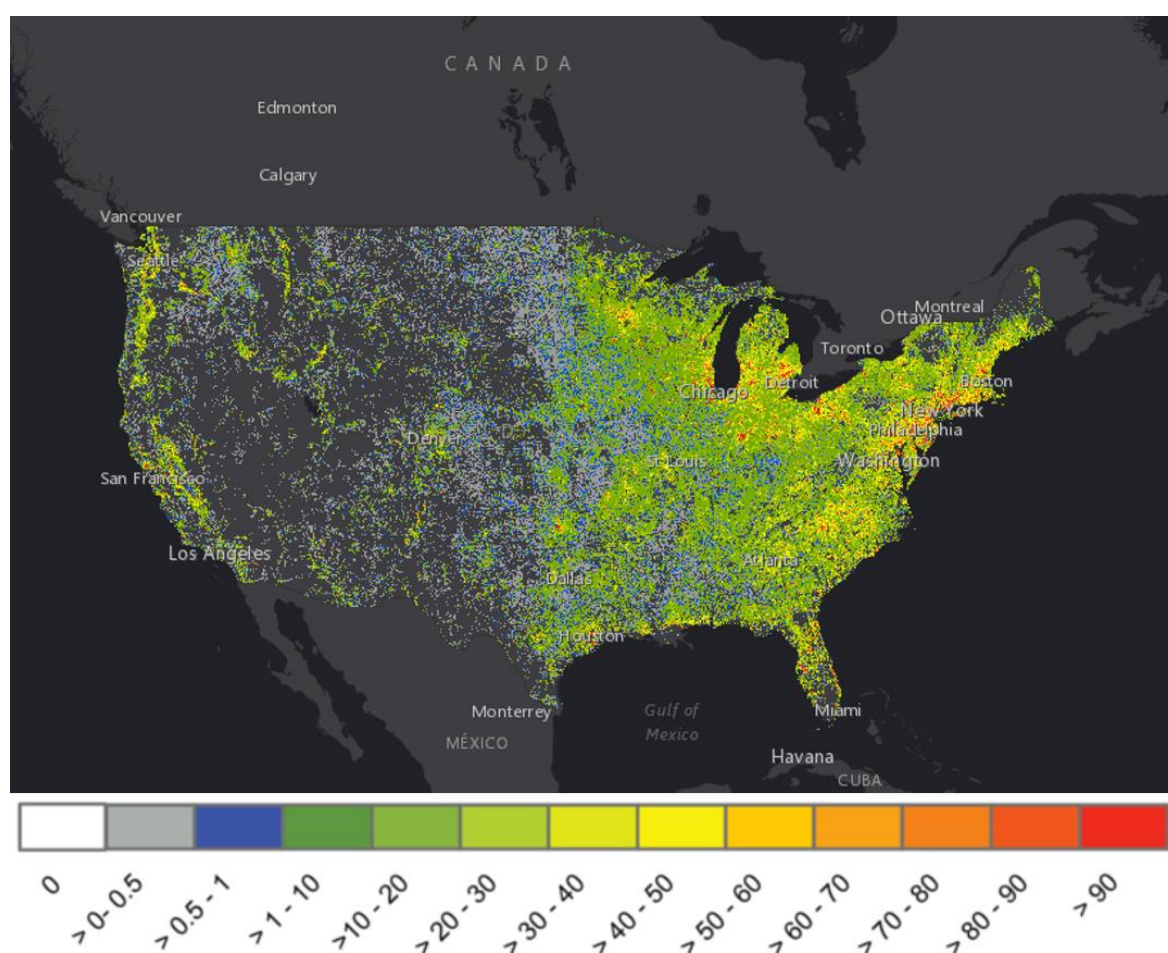


Рисунок 3 - Количество людей на км², которые пользовались бытовыми колодцами в Соединенных Штатах в 2010 году (изменено по данным Геологической Службы США "USGS", 2020).

Информация о водоснабжении в общественных местах в сочетании с другими данными также может использоваться для оценки того, сколько людей пользуются бытовыми колодцами. Поскольку водоснабжение в общественных местах обычно регулируется, информация о населении, которое оно обслуживает, и местоположении его распределительной системы часто доступна. Оценку

количества и местоположения пользователей бытовых колодцев можно сделать, вычитая население, обслуживаемое общественным водоснабжением, из общей численности населения данной области.

Этот подход предполагает, что любой, кто не обслуживается общественным водоснабжением, пользуется бытовым колодцем. Учитывая, что бытовые колодцы являются наиболее распространенным типом водоснабжения в районах без общественного водоснабжения, этот метод дает разумную оценку использования бытовых колодцев. Однако он не учитывает людей, использующих другие типы частных источников водоснабжения, такие как цистерны с поверхностной водой и дождевой водой. Этот метод использовался в Новой Шотландии, Канада, где информация о зоне распределения общественной воды была объединена с данными об адресах жилых домов и данными о плотности домохозяйств в географической информационной системе для исследования источников бытовой воды по всей провинции (Кеннеди и Полегато, 2017).

Исследование привело к выводу, что 42 процента населения использовали бытовые колодцы для своего водоснабжения. Во многих юрисдикциях имеются базы данных записей о скважинах, которые являются потенциальным источником информации о количестве и местоположении бытовых колодцев в данной области. Однако на практике базы данных записей о скважинах, как правило, не используются для этой цели, поскольку они обычно не содержат полный список всех скважин или не отслеживают заброшенные скважины. Например, в ранее упомянутом исследовании Новой Шотландии использовались адреса гражданских пунктов и информация о зонах общественного водоснабжения, чтобы определить, что 197 000 домохозяйств в провинции полагались на бытовые скважины. База данных о скважинах провинции Новая Шотландия содержала 113 000 записей о бытовых скважинах на момент проведения исследования, что указывает на то, что база данных не учитывала все бытовые скважины. Другая книга из серии “The Groundwater Project” о бытовых скважинах содержит больше [информации о базах данных записей о скважинах](#)  (Кеннеди, 2022).

3 Строительство бытовых скважин или колодцев

В этом разделе представлен обзор наиболее распространенных типов внутренних бытовых колодцев. Бытовые колодцы обычно классифицируются на основе метода их строительства, например, пробуренная скважина или вырытый колодец. Терминология, используемая для описания типа скважины, варьируется от региона к региону по всему миру, однако термины, используемые в этой книге, широко используются в Канаде и Соединенных Штатах.

Существует множество типов бытовых колодцев и методов строительства, каждый из которых подходит для определенных диаметров колодца, глубины и геологических условий. Стоимость строительства колодца и местная доступность оборудования для строительства колодца являются важными факторами для определения того, как строится бытовой колодец. В целом, чем глубже колодец, тем дороже ее строительство, поскольку бурение и обсадка скважины обычно оплачиваются по длине.

3.1 Пробуренные скважины

Пробуренные скважины (рисунок 4 и рисунок 5) являются наиболее распространенным типом внутренних скважин в развитых странах. Обычно они устанавливаются с помощью буровой установки, смонтированной на грузовике (рисунок 6), которая использует либо вращающееся, либо ударное буровое долото для создания скважины относительно небольшого диаметра (диаметром < 200 мм). Роторное бурение использует вращательную буровую штангу и буровое долото (или комбинацию вращения и ударного действия) для создания скважины. Существует несколько типов методов вращательного бурения, включая воздушно-вращательное, буровое бурение с буровым раствором и погружной молот. Роторные буровые установки достаточно мощные, чтобы бурить глубокие скважины (глубиной 100 м) через коренную породу за один день, в зависимости от условий бурения. Ударное бурение, также известное как бурение с использованием троса, является одним из старейших известных методов бурения и было разработано в Китае более 4000 лет назад. Тросовые буровые установки создают скважину, используя трос для многократного подъема и опускания тяжелой буровой штанги и долота в землю. Это намного медленнее, чем вращательное бурение, но все еще широко используется в некоторых областях, поскольку оборудование прост в эксплуатации и менее затратно, чем оборудование для вращательного бурения. В этом [видеоролике](#) показано, как устанавливается пробуренная скважина, а также обсуждаются основные компоненты скважины и системы водоснабжения.



Рисунок 4 - Пробуренная скважина для частного дома, на которой видны обсадка скважины, электрическая линия для погружного насоса и крышка скважины (фотография John Drage).

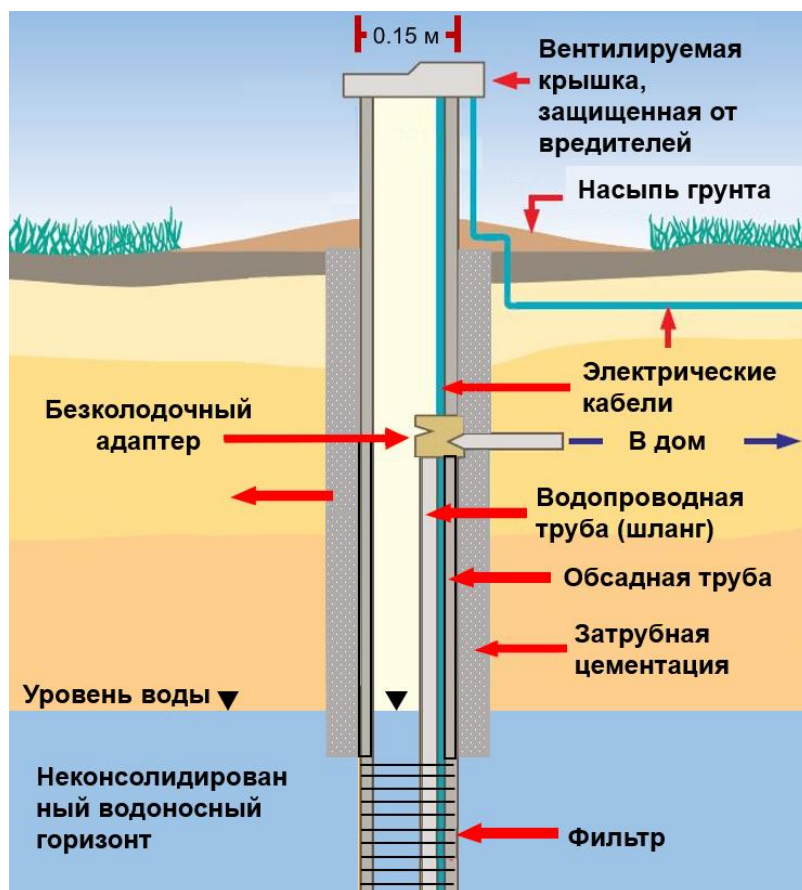


Рисунок 5 - Принципиальная схема пробуренной скважины (измененная версия из Simpson, 2016)



Рисунок 6 - Скважина для частного дома, пробуренная с помощью буровых установок, смонтированных на грузовиках. (Фотография а) John Drage и фотография б) Gavin Kennedy.)

Бытовые пробуренные скважины обычно строятся путем бурения скважины диаметром 200 мм или меньше и обсадной трубой диаметром 150 мм. Диаметр обсадной трубы 150 мм достаточно велик, чтобы позволить установить через обсадную трубу обычно используемый погружной насос диаметром 100 мм. В зависимости от метода бурения обсадная труба устанавливается либо по мере бурения, либо после завершения бурения. Открытое пространство между обсадной трубой и геологической формацией (т. е. затрубное пространство скважины) обычно герметизируется бентонитом или цементным раствором (или смесью этих двух материалов) для предотвращения попадания поверхностных загрязняющих веществ в скважину и водоносный горизонт. Скважина, пробуренная в рыхлых отложениях, обсаживается на всю глубину и имеет фильтр скважины или щелевую обсадную трубу по всей длине, где подземные воды должны попадать в скважину.

Бытовая скважина, пробуренная в коренной породе, обычно имеет обсадную трубу только в верхней части скважины, чтобы не допустить обрушения рыхлых отложений и обеспечить пространство для цементного раствора или бентонитового уплотнения. Обычно обсадная труба простирается от поверхности земли до коренной породы, хотя она может быть простирается глубже в коренную породу, чтобы обеспечить дополнительную защиту от загрязнения неглубоких подземных вод. Если коренная порода стабильна, коренная часть скважины останется открытой без обсадки и часто остается как открытое отверстие. Если в коренной породе есть участки с рыхлой, разбитой породой, которая может обрушиться в скважину, эти участки будут обсажены и экранированы.

Пробуренные скважины имеют несколько преимуществ по сравнению с другими типами скважин. Из-за своей большей глубины они менее уязвимы для загрязнений неглубоких подземных вод, возникающих в результате деятельности человека, и для снижения уровня подземных вод во время засух. Их можно устанавливать как в рыхлых водоносных горизонтах, так и в коренных водоносных горизонтах, и их можно использовать в условиях с глубокими уровнями подземных вод или глубокими водоносными горизонтами, которые недоступны для неглубоких скважин. Одним из главных недостатков буровых скважин является то, что они могут получить доступ к более глубоким, старым грунтовым водам, которые провели больше времени в недрах земли, растворяя природные материалы, что может привести к более высоким концентрациям растворенных компонентов, таких как мышьяк и фторид.

3.2 Вырытые колодцы

Вырытые колодцы (рисунок 7 и рисунок 8) имеют большой диаметр (обычно от 600 до 1500 мм) и обычно относительно неглубокие (от 3 до 10 м в глубину), простираясь всего на несколько метров ниже уровня подземных вод. Исторически

они были самым распространенным типом бытовых колодцев, поскольку их можно было построить вручную без необходимости использования тяжелой техники. В настоящее время они менее распространены, чем пробуренные скважины в развитых странах, но все еще используется много старых вырытых колодцев, а в некоторых районах продолжают устанавливать новые.



Рисунок 2 - Вырытый колодец в доме (фото: John Drage).

Вырытые колодцы по-прежнему широко используются в развивающихся странах, где вырытые вручную колодцы рекламируются как практичные, недорогие и низкотехнологичные источники бытового водоснабжения (Collins, 2000). По оценкам, в странах Африки к югу от Сахары 155 миллионов человек полагаются на вырытые колодцы и родники для получения бытового водоснабжения (Sutton and Butterworth, 2021).

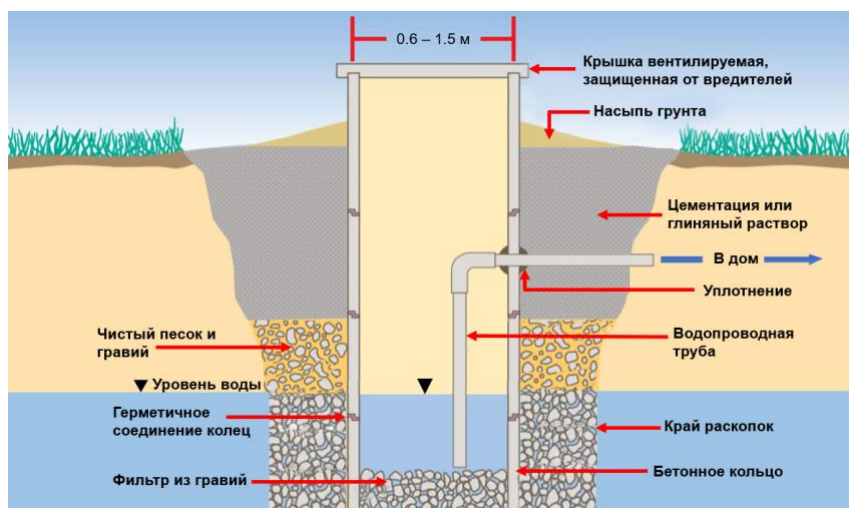


Рисунок 8 - Схематическая диаграмма вырытого колодца (измененная версия из Simpson, 2016).

Современные вырытые колодцы обычно устанавливаются с помощью техники, таких как экскаваторы или экскаваторы-погрузчики (рисунок 9), хотя в развивающихся странах их также все еще строят вручную. Вырытые колодцы строятся путем выкапывания ямы большого диаметра в земле и установки бетонных колец в качестве обсадных труб, чтобы предотвратить обрушение ямы. Обсадная труба обычно изготавливается из бетонных колец большого диаметра, но также может быть изготовлена из металла, пластика или стекловолокна. Старые вырытые колодцы обычно облицованы камнями или кирпичами. Засыпка вокруг внешней части обсадной трубы в вырытом колодце обычно включает чистый гравий на дне ямы, чтобы обеспечить дополнительный резервуар для хранения воды, за которым следует уплотнение с низкой проницаемостью (из глины, бентонита или цементного раствора) в верхней части ямы, чтобы предотвратить попадание поверхностных загрязняющих веществ в скважину.



Рисунок 9 - Колодец, вырытый с помощью экскаватора (фото Heather Cross)

Вырытые колодцы имеют то преимущество, что их можно установить с относительно низкой стоимостью без тяжелого оборудования. Другим преимуществом вырытых колодцев является то, что их большой диаметр создает значительный объем хранения воды. Это позволяет устанавливать вырытые колодцы в неконсолидированных водоносных горизонтах с низкой проницаемостью, поскольку краткосрочные пиковые потребности в воде могут быть удовлетворены за счет хранения в колодце, а не за счет дебита водоносного горизонта. В таких местах неглубокая пробуренная скважина потребует резервуара для хранения, поскольку расход скважины может быть недостаточным для удовлетворения краткосрочных пиковых потребностей в воде. Основными недостатками вырытых колодцев являются их уязвимость к засухе и поверхностным загрязнениям, а также то, что их можно устанавливать только в неконсолидированных водоносных горизонтах с неглубоким уровнем подземных вод. Вырытые колодцы обычно простираются на несколько метров или меньше ниже уровня подземных вод, следовательно, они имеют небольшой доступный спад и могут пересохнуть, когда уровень подземных вод снижается во время засухи.

Спад — это разница между статическим уровнем воды в скважине и уровнем воды, когда скважина откачивается. Уровень воды в скважине падает в ответ на откачку. Сначала снижение происходит быстро и замедляется, пока в большинстве случаев не достигнет стабильного уровня для заданной скорости откачки. Во время засухи 2016 года в Новой Шотландии, Канада, 93 процента колодцев, которые высохли, были вырытыми колодцами (Кеннеди и др., 2017). Вырытые колодцы берут

воду из неглубоких незамкнутых водоносных горизонтов, поэтому они уязвимы для неглубоких загрязняющих веществ подземных вод, возникающих в результате деятельности человека, таких как дорожная соль от противообледенительных работ или нитраты от удобрений и септиков. Подземные воды в вырытых колодцах часто содержат микробные загрязнители, поскольку короткие пути потока подземных вод, связанные с этими колодцами, не позволяют микробам удаляться путем естественной фильтрации в водоносном горизонте. Вырытые колодцы также подвержены естественным проблемам с качеством воды, которые могут возникать в неглубоких подземных водах, таким как повышенные концентрации гуминовых веществ (разложившихся растительных веществ в почве) или органического углерода.

3.3 Другие типы скважин

Другие распространенные типы скважин в домашних условиях включают пробуренные, забивные и ударно-вращательные скважины. Все эти методы используются для установки относительно неглубоких скважин (глубиной от 15 до 60 м) в неконсолидированных (или слабоконсолидированных) водоносных горизонтах.

- Пробуренные скважины строятся путем бурения отверстия в земле с помощью шнека и установки обсадной трубы. Существует несколько типов шнеков, которые можно использовать, включая ковшовые шнеки большого диаметра (обычно < 900 мм в диаметре), шнеки со сплошным стержнем (обычно от 350 до 600 мм в диаметре) и шнеки с полым стержнем (обычно от 160 до 330 мм в диаметре). Шнек может управляться вручную для скважин меньшего диаметра или приводиться в действие машиной для скважин большего диаметра и более глубоких скважин (т. е. электрические шнеки или буровые установки для шнеков, смонтированные на грузовиках). Пробуренные скважины обычно имеют глубину менее 45 м, но могут быть и глубже.
- Забивные скважины строятся с использованием направленной вниз силы для забивания обсадной трубы небольшого диаметра (обычно 50 мм или меньше) в неглубокие песчаные и гравийные водоносные горизонты. Фильтр скважины размещается на дне обсадной трубы, чтобы вода могла поступать в скважину. Их также обычно называют скважинами с иглофильтрами, или с забивными иглами. Забивные скважины могут использовать одновременно направленную вниз силу и методы струйной обработки для установки скважины. Их можно забивать ударно-канатным оборудованием или забивать вручную, используя тяжелую трубу (аналогично тому, как металлический столб забора забивается в землю). Забивные скважины обычно имеют глубину менее 15 м.

- Скважины путем ударно-вращательного бурения используют высокоскоростной поток воды для создания отверстия в земле. Этот метод наиболее подходит для установки скважин малого диаметра (диаметром от 50 до 100 мм) в рыхлых песчаных водоносных горизонтах. Строительство скважин с струйной обработкой может включать установку постоянной обсадной трубы и экрана, пока скважина продувается струей. В качестве альтернативы, временная обсадная труба продувается струей, что позволяет установить постоянную обсадную трубу и экран перед удалением временной обсадной трубы. Обсадная труба либо продувается струей, либо одновременно продувается струей и забивается в землю. Глубина скважин с струйной обработкой обычно составляет от 6 до 60 м.

3.4 Компоненты бытовой пробуренной скважины и системы водоснабжения

3.4.1 Компоненты пробуренной скважины

Основные компоненты бытовой скважины показаны и описаны ниже на рисунке 10. Они включают в себя корпус скважины (то есть обсадочная труба), фильтр скважины, безколодочный адаптер (для холодного климата), кольцевое уплотнение и крышка скважины. Основное назначение этих компонентов — обеспечить надлежащую работу скважины и предотвратить попадание в нее загрязняющих веществ. Не все компоненты присутствуют во всех скважинах, а материалы и конструкция компонентов могут различаться в зависимости от типа скважины, геологических условий, местных правил и местной практики.

- *Обсадная труба* — труба, используемая для поддержания грунта открытым и предотвращения попадания в скважину осадков и неглубоких подземных вод. Труба обычно изготавливается из стали или пластика. Башмак привода (закаленная часть трубы со скошенным краем) крепится к основанию обсадной трубы, чтобы действовать как режущая кромка и защищать обсадную трубу во время ее погружения в землю. В современных колодцах обсадная труба часто изготавливается из нескольких бетонных колец, соединенных вместе, в то время как старые колодцы могут быть облицованы камнями или кирпичами вместо обсадки.

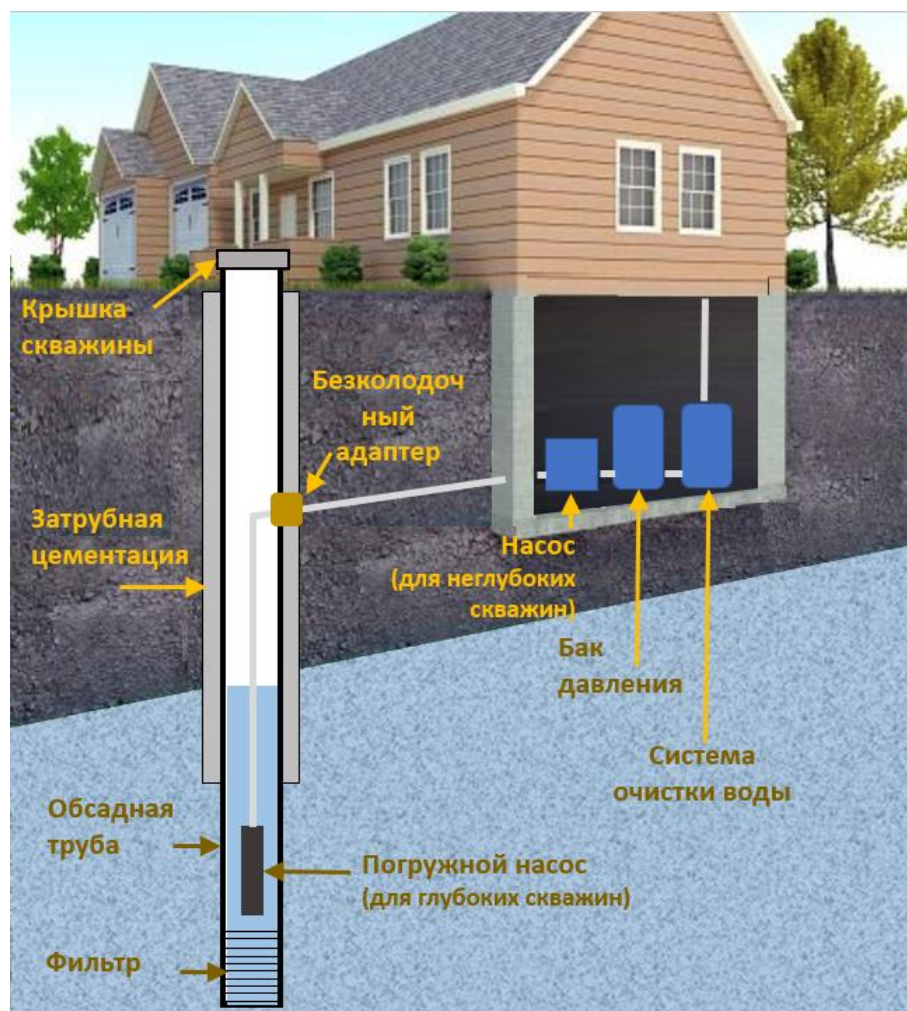


Рисунок 10 - Основные компоненты домашней скважины и системы водоснабжения. Здесь показаны два возможных типа насосов: погружной насос внутри скважины для глубоких скважин и струйный насос в доме для неглубоких скважин. Для работы системы водоснабжения требуется только один из этих насосов (изменено из USEPA, 2019).

- **Фильтр** — часть трубы в нижней части обсадной трубы с отверстиями, через которые вода попадает в скважину, не допуская попадания в нее водоносного материала (осадка или разрушенной породы). Распространенные типы фильтров включают непрерывные щелевые (также называемые сетчатыми фильтрами с проволоочной намоткой) и щелевые или перфорированные трубы с различными видами отверстий. Фильтр обычно не используется в скважинах, пробуренных в домашних условиях, если только скальная порода не нестабильна. В вырытых колодцах экранов нет, потому что вода поступает через стенки колодца (если обсадная труба или кольца не герметичны) и через дно скважины, которое часто заполняется слоем чистого гравия. В этом [видео](#) показан пример того, как выглядит сетчатый фильтр и как он устанавливается в скважине для воды.
- **Безколодочный адаптер** — обычно используемый в холодных регионах для обеспечения незамерзающего соединения с водопроводом, обеспечивая при этом удобный доступ к скважине. Он располагается ниже линии промерзания и

позволяет водопроводной трубе внутри скважины проходить через обсадную трубу и подключаться к бытовой системе водоснабжения. Безколодочный адаптер предназначен для обеспечения водонепроницаемого уплотнения через обсадную трубу для предотвращения попадания в скважину неглубоких, потенциально загрязненных подземных вод. Исторически вместо безколодочный адаптер использовались колодцы для предотвращения замерзания соединений водопровода. Колодцы строились над верхней частью скважины, с типичной глубиной от 2 до 3 м, и могли вмещать насос и напорный бак. Установка бытовых колодцев больше не разрешена во многих юрисдикциях, поскольку они уязвимы для затопления, что может привести к попаданию в скважину поверхностных вод и загрязняющих веществ. Тем не менее, они все еще могут использоваться в старых скважинах.

- *Кольцевое уплотнение* — такое уплотнение, помещается в кольцевое (если смотреть сверху) пространство между обсадной трубой и стенками скважины для предотвращения попадания в скважину загрязняющих веществ, поверхностных вод и неглубоких подземных вод. Уплотнение изготавливается с помощью цементного раствора, который представляет собой материал с низкой проницаемостью (например, бентонит или смесь бентонита и цемента). Обычно он устанавливается по всей длине обсадной трубы путем закачивания цементного раствора через трубу малого диаметра (бетонолитная труба) от дна обсадной трубы до поверхности земли. Не все юрисдикции требуют кольцевых уплотнений, а некоторые требуют, чтобы была герметизирована только часть обсадной трубы, а не вся ее длина. В этих случаях для герметизации кольцевого пространства полагаются на буровой шлам.
- *Крышка скважины* — это колпак на верхней части обсадной трубы скважины, который обеспечивает доступ для обслуживания скважины и предотвращает попадание в скважину мусора, животных и насекомых. Крышка обычно включает в себя экранированный вентиляционный клапан, позволяющий пассивно удалять природного газа и выравнивать давление внутри скважины с наружным атмосферным давлением. Это предотвращает образование вакуума внутри скважины во время заправки.

3.4.2 Компоненты системы водоснабжения

Основные компоненты системы водоснабжения бытового назначения показаны и описаны на рисунке 10. Они включают насос, напорный бак и, при необходимости, систему очистки воды. Пример системы водоснабжения бытового назначения показан на фотографии на рисунке 11. В этом примере система водоснабжения использует струйный насос для забора подземных вод из вырытого колодца с неглубоким уровнем подземных вод и ультрафиолетовое излучение для обработки микробных загрязнений.

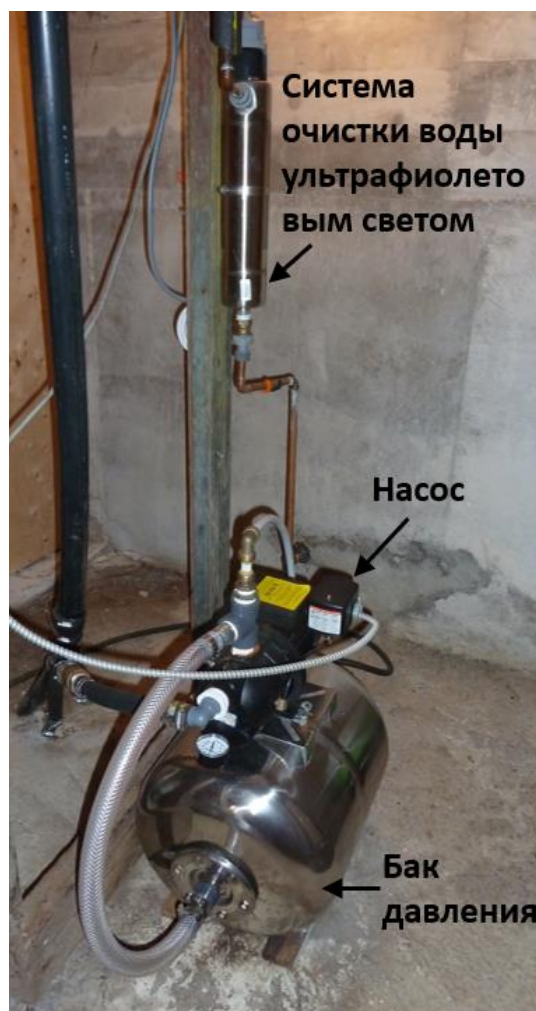


Рисунок 11 - Пример системы водоснабжения в домашних условиях, использующей воду из вырытого колодца (фотография John Drage).

- *Насос* — устройство, выкачивает воду из скважины и подает в дом по водопроводной линии, которая идет от скважины или колодца. Два самых популярных типа насосов для бытовых скважин — это погружные насосы и струйные насосы. В глубоких скважинах наиболее распространенным типом насоса является погружной насос, который помещается внутрь скважины и подключается к источнику питания с помощью силового кабеля. В неглубоких скважинах наиболее распространенным типом насоса является струйный насос, который располагается над землей, если в холодном климате, то располагается обычно внутри дома. Струйные насосы используют для выкачивания воды из скважины и, следовательно, могут получать воду только с глубины скважины меньше, чем восьми метров. Однако существуют глубинные струйные насосы, которые используют две водопроводные линии для забора воды с большей глубины (до глубины около 30 м). Независимо от типа насоса, обратный клапан (обратный клапан) обычно устанавливается на водопроводной линии в скважине,

чтобы предотвратить обратный поток воды в скважину при отключении насоса. Обратите внимание, что погружные и струйные насосы можно использовать как в глубоких, так и в неглубоких скважинах, хотя, как обсуждалось выше, струйные насосы ограничены мелководьем. Выбор типа насоса будет зависеть от условий на месте и предпочтений владельца скважины (например, стоимости, требований к установке и обслуживанию, устойчивости к шуму насосов, расположенных внутри дома).

- *Напорный бак* — резервуар, используемый для хранения воды и обеспечения давления воды в домохозяйстве. Бак обеспечивает хранение воды, что позволяет использовать некоторое количество воды без необходимости включения насоса. Это предотвращает работу насоса каждый раз при использовании воды и продлевает срок службы насоса. Чем больше бак, тем больший объем воды можно извлечь без включения насоса. Большинство современных напорных баков содержат баллон, заполненный воздухом, чтобы помочь регулировать давление воды. Для скважин с низким дебитом, которые не могут удовлетворить пиковые потребности домохозяйства в воде за счет дебита скважины и хранения скважины, система водоснабжения может включать дополнительный резервуар для хранения, который может обеспечить больше воды, чем напорный бак.
- *Система очистки воды* — устройство, используемое для улучшения качества воды. Очистные устройства могут быть «точкой входа», которые размещаются сразу после напорного бака и обеспечивают очищенную воду для всего дома. В качестве альтернативы они могут быть устройствами «точкой использования», которые размещаются у крана, где требуется очистка воды. Очистные устройства обычно используются для обеспечения питьевой водой для питья и приготовления пищи и обычно устанавливаются у кухонного крана. Такой подход обеспечивает экономически эффективный способ обеспечения питьевой водой и позволяет избежать очистки воды, которая будет использоваться для не питьевых нужд, таких как стирка и смыв туалета. Существует широкий спектр возможных загрязняющих веществ, которые, возможно, необходимо будет очистить воду в бытовом колодце, включая загрязняющие вещества, которые могут вызывать эстетические проблемы (например, жесткость, железо), и загрязняющие вещества, которые вызывают проблемы со здоровьем (например, микробные загрязняющие вещества, мышьяк, фторид, свинец, уран). Наиболее распространенные типы систем очистки включают в себя смягчители воды для снижения жесткости (и низкого содержания железа и марганца), адсорбционные среды и установки фильтров очистки воды обратного осмоса для удаления вредных веществ (например, мышьяка, фторида, свинца, урана), а также фильтрацию в сочетании с ультрафиолетовым излучением для удаления микробных загрязнений (например, бактерий, простейших, вирусов).

4 Объем воды для бытовых нужд

Сколько воды должен обеспечивать бытовая скважина для удовлетворения потребностей домохозяйства? Оценки сильно отличаются, от 70 до 300 л/день на человека, в зависимости от типа оборудования в доме, личных привычек и ожиданий, социально-экономических условий и культурных факторов. Нижняя оценка в 70 л/день на человека связана с бытовыми потребностями в воде во время чрезвычайных ситуаций, таких как лагерь для перемещенных лиц во время стихийного бедствия, из которых 30 л/день для питьевой воды и приготовления пищи (рисунок 12). Верхний предел представляет собой типичное водопользование в Северной Америке, где домохозяйства используют больше воды на душу населения, чем в большинстве других стран. В Соединенных Штатах среднее бытовое водопользование составляет приблизительно 300 л/день на человека (Dieter and Maupin, 2017). В Канаде среднее бытовое водопользование составляет приблизительно 215 л/день на человека (Statistics Canada, 2019). Средний показатель бытового потребления воды в европейских странах составляет 130 л/день на человека (EurEau, 2017), что примерно вдвое меньше, чем в Северной Америке.



Рисунок 12 - Потребности в воде для бытовых нужд во время чрезвычайных ситуаций (изменено по данным ВОЗ, 2011 г.).

Большая часть воды, необходимой для бытовых целей, используется не для питьевых целей, таких как стирка и смыв туалета. Типичное распределение бытового использования воды: 10 процентов на приготовление пищи и питье, 25 процентов на стирку и уборку, 30 процентов на смыв туалета и 35 процентов на купание (Environment Canada, 2011). Количество воды, необходимой не для питьевых целей, сокращается, поскольку новые водопроводные приборы изготавливаются с меньшим потреблением воды (например, водосберегающие туалеты, душевые лейки, стиральные машины). Это привело к снижению потребления воды на душу населения в последние десятилетия. Например, в Канаде среднее потребление воды

на душу населения в бытовых целях сократилось на 24 процента в период с 2005 по 2013 год (Statistics Canada, 2017b), а в Соединенных Штатах оно сократилось на 7 процентов в период с 2010 по 2015 год (Dieter and Maupin, 2017). Использование воды в домашнем хозяйстве может быть сконцентрировано в период одного или двух часов. Поэтому бытовая скважина или колодец должен быть в состоянии удовлетворить как долгосрочные средние ежедневные потребности домашнего хозяйства, так и краткосрочные пиковые потребности. Дебит бытовой скважины должен быть в состоянии удовлетворить долгосрочные ежедневные потребности домашнего хозяйства, но краткосрочные пиковые потребности могут быть обеспечены комбинацией дебита бытовой скважины и запаса воды, либо из воды, хранящейся в колодце, либо из резервуара для хранения, включенного в систему водоснабжения дома. Количество воды, доступной из хранилища скважины, можно рассчитать на основе глубины колодца, диаметра колодца, настройки всасывания насоса и статического уровня воды. [Приложения 1](#)  содержит примеры того, как выполняется этот расчет для определения того, может ли бытовая скважина обеспечить адекватное водоснабжение.

5 Качество воды в бытовых колодцах

5.1 Обзор

Полное представление о качестве воды из бытовых скважин и колодцев недоступно, поскольку большинство владельцев колодцев не проверяют свои колодцы регулярно, а предоставление результатов испытаний является добровольным в большинстве юрисдикций. Кроме того, когда владельцы бытовых скважин и колодцев проверяют свою воду, они часто анализируют только на наличие бактерий или ограниченного набора параметров (таких как бактерии, нитраты и мышьяк), а не на всеобъемлющую группу патогенов и химических веществ, которые могут присутствовать в воде из скважин и колодцев. Хотя информация о качестве воды для бытовых скважин и колодцев ограничена по сравнению с общественными колодцами, были проведены региональные и местные исследования, которые дают некоторое представление. Результаты этих исследований говорят нам, что большая часть бытовых скважин и колодцев не соответствует рекомендациям по качеству питьевой воды.

Данные о качестве воды из бытовых колодцев из ряда исследований приведены в Таблице 2. Эти данные указывают на то, что более 40 процентов бытовых колодцев обычно превышают один или несколько рекомендаций по качеству воды, основанных на здоровье.

Таблица 1 - Результаты исследований качества воды из бытовых скважин и колодцев.

Местоположение	Год	Тип обследования	Количество проверенных скважин	Параметр ^{1,2}	Процент скважин выше нормы ³	Ссылка
Огайо, США	2009	Сельско-хозяйственная зона	180	Бактерия	45	Won et al., 2013
Новая Шотландия, Канада	1989	Сельско-хозяйственная зона	200	Нитрат Бактерия	13 9	Moerman and Briggins, 1994
Онтарио, Канада	1991-1992	Сельско-хозяйственная зона	1,300	Нитрат Бактерия Всего превышений	14 34 40	Goss et al., 1998
Висконсин, США	2007-2010	Региональная	4,000	Нитрат Бактерия Всего превышений	10 18 47	Knobloch et al., 2013
Пенсильвания, США	2006-2007	Региональная	700	Нитрат Бактерия Всего превышений	2 33 41	Swistock et al., 2013
Северная Каролина, США	2011-2015	Региональная	16,200	Бактерия (n=9,400) Марганец Мышьяк	34 33 2	Lee Jackson Pow and Zarate-Bermudez, 2019
Вирджиния, США	2012-2013	Региональная	2,100	Свинец	20	Pieper et al., 2015
Вирджиния, США	2012	Региональная	800	Бактерия	42	Smith et al., 2014
Нью-Джерси, США	2002-2007	Региональная	51,000	Нитрат	2,7	NJDEP, 2008

				Бактерия	13	
				Мышьяк (n=17,700)	3,4	
				Свинец	18	
				Марганец	19	
Новая Шотландия, Канада	1991-1999	Региональная	10,500	Мышьяк	17	Dummer et al., 2015
				Нитрат	4	
США	1991-2004	Национальная	2,100	Бактерия	34	DeSimone et al., 2009
				Фторид	4	
США	1970-2013	Национальная	20,500	Мышьяк	11	Ayotte et al., 2017
Бангладеш	2009	Национальная	14,400	Мышьяк	32	Flanagan et al., 2012
Индия	2005-2014	Национальная	12,600	Фторид	14	Podgorski et al., 2018

1. Примечания:

2. 1. Бактерии = общее количество колиформных бактерий.

3. 2. Общее количество превышений = общий процент колодцев, которые превысили хотя бы один санитарный стандарт качества воды. Сюда могут входить другие проверенные параметры, но не показанные в этой таблице.

4. 3. Нормативы качества воды различаются в зависимости от юрисдикции и периодически пересматриваются. Представленные здесь нормативы используются в каждом из упомянутых исследований. Нормативы, используемые для определения превышений в этих исследованиях, были следующими: мышьяк = 10 мкг/л; бактерии = 10/100 мл (канадские исследования) и ноль обнаружений (исследования в США); свинец = 15 мкг/л (Вирджиния) и 5 мкг/л (Нью-Джерси); Марганец = 300 мкг/л (Северная Каролина) и 50 мкг/л (Нью-Джерси); Нитрат = 10 мг/л (нитрат-N); Фторид = 1,5 мг/л (исследования в Индии) и 2 мг/л (исследования в США).

Высокие показатели превышения санитарных норм качества воды в бытовых скважинах и зависимость от бытовых скважин и колодцев сотен миллионов людей во всем мире указывают на то, что эти скважины и колодцы могут оказывать существенное влияние на общественное здоровье. Однако важно отметить, что не все бытовые колодцы используются в качестве источников питьевой воды, поскольку некоторые владельцы бытовых скважин и колодцев используют бутилированную воду или другой источник питьевой воды и полагаются на свой колодец для всех других нужд. Таким образом, наличие загрязняющих веществ в бытовых скважинах и колодцах не обязательно означает, что владелец бытовых скважин и колодцев подвергается воздействию этих загрязняющих веществ через питьевую воду (хотя возможны и другие пути воздействия, такие как контакт с кожей и вдыхание, в зависимости от типа присутствующего загрязняющего вещества). Например, данные переписи населения в Австралии показывают, что 5,6 процента населения полагаются на бытовые колодцы для своего водоснабжения, но только 0,5 процента населения используют бытовые колодцы для своей питьевой воды (Австралийское бюро статистики, 2013 г.).

С точки зрения глобального воздействия на здоровье наиболее значимыми загрязнителями в бытовых колодцах являются микробные загрязнители, мышьяк и фторид. Эти три загрязнителя были определены как наиболее приоритетные для глобального мониторинга питьевой воды (ВОЗ и ЮНИСЕФ, 2017). Микробные загрязнители вызывают беспокойство во всех регионах мира, тогда как проблемы с мышьяком и фторидом в некоторых регионах более серьезны из-за местной геологии. Другие загрязнители и проблемы с качеством воды, часто встречающиеся в бытовых колодцах, включают те, которые могут вызывать проблемы со здоровьем (например, свинец, марганец, нитрат и радионуклиды, такие как уран, радий и радон), и те, которые вызывают эстетические проблемы (например, железо, хлорид, жесткость, сульфат, запах, цвет, мутность). Некоторые общие параметры качества воды имеют другие неблагоприятные последствия. Например, мутность может мешать системам очистки, используемым для дезинфекции, поэтому рекомендуется фильтрация перед системами дезинфекции. Хотя сам по себе показатель pH обычно не представляет опасности для здоровья, подземные воды с низким уровнем pH могут вызывать коррозию труб и сантехнического оборудования, что может привести к выделению в воду свинца и меди.

Загрязнители, обнаруженные в бытовых колодцах, могут быть естественного или антропогенного происхождения. Естественные проблемы с качеством воды обычно связаны с геологическими источниками, включая почвы, отложения и коренные породы. Примерами загрязняющих веществ, которые в первую очередь связаны с геологическими источниками, являются мышьяк, фторид, жесткость, железо, марганец, сульфат и радионуклиды (например, уран, радий, радон). Степень и объем этих природных загрязняющих веществ в подземных водах варьируются от

района к району, поскольку их возникновение контролируется местной геологией, путем потока подземных вод и временем пребывания подземных вод. Наиболее часто обнаруживаемые антропогенные загрязняющие вещества в бытовых колодцах связаны с септиками (например, микробные загрязняющие вещества, нитраты, соль), коммерческой/промышленной деятельностью (например, хлорированные растворители, нефтяные углеводороды) и сельскохозяйственной деятельностью (например, микробные загрязняющие вещества, нитраты, пестициды). Некоторые загрязняющие вещества имеют как естественное, так и антропогенное происхождение. Например, соль может поступать из геологических образований, содержащих соль, или из морских брызг вблизи береговой линии. Соль также может поступать из работ по очистке дорог от обледенения или борьбе с пылью, из-за проникновения морской воды, вызванного чрезмерной откачкой в прибрежные водоносные горизонты, и из-за сброса систем очистки смягчителей воды. Другим примером являются микробные загрязняющие вещества, которые могут поступать из естественной деятельности диких животных или из человеческих источников и видов деятельности, таких как септические системы, Бытовые животные и разбрасывание навоза.

5.2 Загрязняющие вещества в бытовых колодцах

Ниже приведены описания наиболее распространенных загрязняющих веществ, обнаруженных в бытовых скважинах и колодцах, которые могут влиять на здоровье человека. Дополнительную информацию о качестве подземных вод и здоровье человека можно найти в других книгах проекта “The Groundwater Project”.

5.2.1 Микробные загрязнители

Микробные загрязнители являются одними из наиболее распространенных типов загрязнителей, обнаруженных в бытовых скважинах и колодцах. Эта группа загрязнителей включает несколько типов патогенов, таких как бактерии, вирусы и простейшие (включая *Giardia* и *Cryptosporidium*). Патогенные микроорганизмы могут вызывать желудочно-кишечные заболевания и обычно встречаются в подземных водах, загрязненных отходами жизнедеятельности человека или животных. Поскольку тестирование на многие из этих микроорганизмов является сложным и дорогостоящим, бытовых скважины и колодцы обычно проверяются на наличие индикаторных организмов, таких как общие колиформные бактерии и *Escherichia coli* (*E. coli*). Обнаружение индикаторного организма, который сам по себе не обязательно вреден для здоровья человека, предполагает, что в колодце или в скважине могут находиться микробные патогены или колодец будет являться уязвимым для заражения патогенами.

По оценкам, микробные загрязнители в питьевой воде вызывают более миллиарда случаев желудочно-кишечных заболеваний в год во всем мире (Johnston

et al., 2001). Хотя эти случаи чаще связаны с поверхностными водами, в нескольких исследованиях рассматривалось воздействие этих загрязнителей в бытовых скважинах и колодцах на здоровье. В Канаде было подсчитано, что ежегодно 78 000 случаев заболеваний связаны с потреблением неочищенной питьевой воды из бытовых скважин и колодцев, содержащей микробные загрязнители (Murphy et al., 2016). Микробные загрязнители, включенные в эту оценку, включали *Giardia*, *Cryptosporidium*, *Campylobacter*, *E. coli* O157 и норовирус. По оценкам, норовирус является причиной около 71 процента этих заболеваний (55 000 случаев). В Соединенных Штатах исследование, проведенное в Северной Каролине, показало, что в период с 2007 по 2013 год 99 процентов посещений отделений неотложной помощи (29 200 случаев) по поводу острых желудочно-кишечных заболеваний, вызванных микробными загрязнителями в питьевой воде, были связаны с колодцами (DeFelice et al., 2016). Расчетная стоимость обращений жителей в отделение неотложной помощи, связанных с бытовыми скважинами и колодцами в исследовании Северной Каролины, составила 40 миллионов долларов США.

5.2.2 Мышьяк

Мышьяк считается вторым по значимости загрязнителем питьевой воды после микробных загрязнителей. Было подсчитано, что во всем мире более 140 миллионов человек пьют подземные воды с высоким содержанием мышьяка (VanDerwerker et al., 2018). В Соединенных Штатах, по оценкам, мышьяк влияет на более чем два миллиона бытовых колодцев (Ayotte et al., 2017). Длительное воздействие мышьяка в питьевой воде было связано со многими типами рака (мочевого пузыря, почек, легких, кожи) и нераковыми последствиями для здоровья (поражения кожи, сердечно-сосудистые заболевания, диабет, неврологические эффекты). Всемирная организация здравоохранения подсчитала, что мышьяк в подземных водах при концентрации выше 500 мкг/л вызывает смерть одного из десяти взрослых (van Halem et al., 2009). В Арайхазаре, Бангладеш, где питьевая вода поступает из 6000 отдельных колодцев, было подсчитано, что 21 процент всех смертей был связан с мышьяком в концентрации выше 10 мкг/л в воде из колодца (Argos et al., 2010). Также было подсчитано, что по крайней мере 100 000 случаев поражений кожи в Бангладеш были вызваны мышьяком в бытовых скважинах и колодцах (Smith et al., 2000). Как показано в Таблице 2, региональные исследования показывают, что для бытовых скважин и колодцев характерно было превышение нормативов качества воды по мышьяку. До 1980-х годов мышьяк обычно не проверялся в питьевой воде, из-за чего невозможно было обнаружить. Как обсуждалось в [Приложении 2](#), в некоторых случаях именно наблюдаемые последствия для здоровья впервые привели к обнаружению широко распространенного мышьяка и других загрязняющих веществ в бытовых скважинах и колодцах.

5.2.3 Фтор

Фтор считается полезным для здоровья зубов при низких концентрациях, но при высоких концентрациях ($> 1,5$ мг/л) в питьевой воде он может быть вреден для зубов и костей. При очень высоких концентрациях (> 10 мг/л) флюороз скелета может быть парализующим (ВОЗ, 2004). Было подсчитано, что 200 миллионов человек из 29 стран мира подвергаются воздействию высоких уровней фторида в подземных водах (Samal et al., 2015). В Индии стоматологические обследования в школах показали, что 62 миллиона человек страдают флюорозом зубов, вызванным высокими уровнями фторида в питьевой воде (Podgorski et al., 2018). Национальные обследования бытовых водозаборных скважин в Индии (таблица 2) показывают, что 14 процентов скважин превышают рекомендуемый ВОЗ уровень фторида в питьевой воде в 1,5 мг/л (ВОЗ, 2004). В ходе исследования в центральной части Малави были отобраны пробы 39 бытовых подземных вод и изучены результаты опроса 6804 домохозяйств на предмет выявления признаков флюороза зубов. Исследование обнаружило, что в 44 процентах скважин показатели питьевой воды превышали норму в 1,5 мг/л, а в 28 процентах домохозяйств в доме был кто-то с признаками флюороза зубов (Addison et al., 2020).

5.2.4 Нитрат

Нитрат в питьевой воде связан с несколькими последствиями для здоровья, включая меттемоглобинемию (или «синдром синего ребенка») у младенцев, нарушения работы щитовидной железы и рак. Нитрат встречается в природе, но концентрации выше примерно 1 мг/л обычно связаны с деятельностью человека (DeSimone et al., 2009). Наиболее распространенными источниками нитрата являются сельскохозяйственная деятельность (например, внесение удобрений и навоза) и утилизация сточных вод (например, септические системы). Как показано в Таблице 2, нитрат обычно встречается в более чем 10 процентах бытовых колодцев в сельскохозяйственных районах. Нитрат также часто встречается в бытовых колодцах в городских районах, часто связанных со сбросом сточных вод. Национальное исследование в США показало, что 7,1 процента бытовых колодцев в районах, где преобладает сельское хозяйство, превысили нормативы по содержанию нитратов в питьевой воде по сравнению с 3,1 процентами бытовых колодцев в городских районах (DeSimone et al., 2009).

Поскольку нитрат связан с некоторыми из основных источников загрязнения подземных вод, его присутствие в колодцах часто используется как индикатор уязвимости водоносного горизонта и индикатор того, что могут присутствовать другие загрязнители. Стоимость снижения содержания нитратов в подземных водах может быть высокой. Например, в Висконсине, США, сообщается, что нитрат является наиболее распространенным загрязнителем подземных вод, и, по оценкам, 10 процентов бытовых колодцев (т. е. 42 000 скважин) превышают нормативы по

содержанию нитратов в питьевой воде. Стоимость замены этих скважин более глубокими скважинами, которые получают доступ к подземным водам с низким содержанием нитратов, оценивается в 440 миллионов долларов США (Координационный совет по грунтовым водам Висконсина, 2020 г.).

5.2.5 Марганец

Марганец часто встречается в воде из бытовых колодцев и ассоциируется с проблемами со здоровьем. Например, исследование в Северной Каролине, США, изучало результаты качества воды из 73 000 бытовых колодцев и результаты лечения 17 000 детей (Langley et al., 2015). Исследование обнаружило связь между концентрацией марганца в воде из бытовых колодцев и неблагоприятным развитием нервной системы и потерей слуха у детей. Примерно в 8 процентах колодцев уровень марганца превышал рекомендуемый для здоровья Северной Каролины уровень (200 мкг/л).

5.2.6 Свинец

Свинец — еще один загрязнитель, который часто встречается в бытовых колодцах и вызывает неблагоприятные последствия для здоровья. Свинец — это нейротоксин, который влияет на неврологическое развитие и поведение детей, а также вызывает высокое кровяное давление и проблемы с почками у взрослых. Результаты регионального исследования, представленные в Таблице 2, показывают, что в 20 процентах бытовых колодцев уровень свинца превышает рекомендуемые нормы качества воды. Присутствие свинца в бытовых колодцах обычно вызвано коррозией труб и сантехники в системе водоснабжения дома.

Большинство регулируемых общественных систем водоснабжения обязаны иметь программы контроля коррозии для предотвращения высоких уровней свинца, однако владельцы бытовых колодцев редко обрабатывают свою воду для контроля коррозии. Исследование, проведенное в Северной Каролине, США, показало уровень свинца в крови у 59 000 детей, 7700 из которых использовали питьевую воду из бытовых колодцев (Gibson et al., 2020). Исследование показало, что у детей в домах с бытовыми колодцами на 25 процентов выше вероятность повышения уровня свинца в крови по сравнению с детьми в домах, обслуживаемых регулируемым общественным водоснабжением.

5.2.7 Пестициды и летучие органические соединения

Пестициды часто обнаруживаются в бытовых фермерских колодцах, но они обычно не встречаются в концентрациях, которые превышают нормативы качества питьевой воды. Два исследования в Таблице 2 из Новой Шотландии и Онтарио, Канада, сообщили, что 41 процент и 11 процентов проверенных колодцев имели обнаруживаемые уровни пестицидов соответственно. Ни в одной из колодцев в исследовании Новой Шотландии концентрации пестицидов не превышали

нормативы для питьевой воды, а 0,5 процента колодцев в исследовании Онтарио превысили нормативы. Исследование, проведенное в сельскохозяйственных районах Висконсина, США, после того как 105 бытовых колодцев были изучены, было установлено, что в 88 процентах были определяемые уровни пестицидов, хотя ни один из них не был обнаружен в концентрациях, которые превышали бы стандарты обеспечения соблюдения (Министерство сельского хозяйства Висконсина, 2019). Важно отметить, что для многих пестицидов не установлены нормативы для питьевой воды, что затрудняет оценку значимости их обнаружения в водяных колодцах.

Например, для половины из 28 пестицидов, обнаруженных в исследовании в штате Висконсин, не было никаких нормативов. Летучие органические вещества (ЛОВ) являются распространенными компонентами и добавками во многих коммерческих, промышленных и бытовых продуктах. Их можно найти в нефтепродуктах (таких как бензин и дизельное топливо), коврах, красках, лаках, клеях, пятновыводителях, чистящих средствах и фумигантах. Исследования обнаружили ЛОВ в бытовых колодцах, но их концентрации нечасто превышают нормы для питьевой воды. В ходе национального исследования в Соединенных Штатах было проверено 55 ЛОВ в 2400 бытовых колодцах и было установлено, что в 14 процентах колодцев были найдены обнаруживаемые уровни ЛОВ (т. е. более 0,2 мкг/л), а менее чем в 2 процентах колодцев уровни ЛОВ превышали рекомендуемые для питьевой воды (Zogenici et al., 2006). Наиболее распространенными летучими органическими веществами, которые превысили нормативы в исследовании, были фумигант дибромхлорпропан и растворители перхлорэтилен и трихлорэтилен.

5.2.8 Новые загрязняющие вещества

Новые загрязняющие вещества — это еще одна группа загрязнителей, вызывающих беспокойство для бытовых колодцев. Это загрязнители, риск для здоровья человека, а также возникновение и распространение которых в подземных водах еще не полностью изучены. Они могут поступать из промышленных, сельскохозяйственных и канализационных источников, включая септические системы. Примерами являются фармацевтические препараты, средства личной гигиены, а также пер- и полифторалкильные вещества (ПФАВ). ПФАВ используются для многих целей, например, в качестве антипригарных покрытий для посуды и пены для пожаротушения. Они очень устойчивы к разложению в окружающей среде, их трудно лечить, и они связаны с такими проблемами со здоровьем, как рак почек и яичек, заболевания кишечника, высокий уровень холестерина и нарушение работы щитовидной железы (Lee and Murphy,, 2020). Мониторинг ПФАВ до настоящего времени был сосредоточен на общественном водоснабжении, и поэтому об их появлении в бытовых колодцах известно меньше. Однако ПФАВ были обнаружены в бытовых скважинах в Огайо и Западной Вирджинии, США, вблизи

производственных объектов; и в бытовых скважинах в Алабаме, США, вблизи сельскохозяйственных полей, где применялись биотвердые вещества с очистных сооружений сточных вод (Lee and Murphy,, 2020). Бытовые скважины могут быть более уязвимы для новых загрязняющих веществ, таких как ПФАВ, чем общественное водоснабжение, поскольку владельцы бытовых скважин с меньшей вероятностью проверяют свои скважины на наличие этих загрязняющих веществ.

6 Уязвимость бытовых колодцев

Существует несколько причин, по которым бытовые колодцы более уязвимы к проблемам качества и количества воды, чем общественные колодцы. Важно понимать эти уязвимости, чтобы можно было найти соответствующие решения для повышения безопасности и надежности бытовых колодцев.

6.1 Отсутствие контроля качества воды

Одной из самых сложных проблем, связанных с бытовыми колодцами, является обеспечение их безопасного качества воды. Это в основном связано с тем, что качество воды в бытовых колодцах не регулируется, и владелец колодца несет ответственность за обеспечение безопасности своей воды для питья. Большинство юрисдикций рекомендуют владельцам колодцев проводить регулярное техническое обслуживание колодцев и тестирование на наличие химических и микробных загрязнителей. Рекомендуемая частота тестирования и параметры, подлежащие тестированию, различаются, но многие юрисдикции рекомендуют владельцам колодцев проверять воду из своих колодцев либо ежегодно, либо каждые два года (Colley et al., 2019). Однако соблюдение этих рекомендаций является добровольным, и владельцы колодцев часто полагаются на свои собственные чувства (вкус, запах, внешний вид, личное недомогание), чтобы определить, является ли качество их воды удовлетворительным. К сожалению, большинство загрязнителей подземных вод с неблагоприятными последствиями для здоровья не имеют вкуса, запаха или визуальных индикаторов, поэтому они невидимы для владельцев скважин, которые не проверяют свою воду. Как указано в теме Всемирного Дня Водных ресурсов 2022 года «Подземные воды: делаем невидимое видимым», существуют значительные проблемы с управлением невидимым ресурсом, таким как подземные воды, и это вдвойне справедливо сказано, что качества воды в бытовых колодцах, является невидимой проблемой внутри невидимого ресурса.

Показатели проверки качества бытовой воды низкие. Как правило, менее трети владельцев скважин в Северной Америке проверяют качество воды в своих колодцах в соответствии с рекомендациями правительства, и менее половины проверяли свои колодцы в течение последних 10 лет (Colley et al., 2019). Решение владельца скважины проверить качество воды в своих колодцах может включать в себя множество соображений и зависит от уровня дохода и образования владельца скважины. Было представлено модель убеждений (Colley et al., 2019) в отношении здоровья, которая предполагает, что владельцы скважин с большей вероятностью будут проверять свои скважины, если они считают, что они подвержены угрозе, если угроза достаточно серьезна, если тестирование имеет явные преимущества, если препятствия и затраты на тестирование не слишком высоки, и если событие

побуждает их к действию (например, заметное изменение эстетики воды из колодца, сделка с недвижимостью или информация о загрязненных колодцах в их районе). Существует множество и сложных причин, по которым владелец скважины может не проверять качество своей воды из колодца (Chappells et al., 2015; Colley et al., 2019; Munene and Hall, 2019). Когда владельцев бытовых колодцев и скважин спрашивают об их привычках отбора проб для проверки качества воды, некоторые из наиболее распространенных причин отказа от тестирования включают:

- отсутствие беспокойства;
- неудобство тестирования; и
- стоимость тестирования (Рисунок 13).

Все эти потенциальные препятствия необходимо учитывать, чтобы добиться значительных улучшений в показателях тестирования скважин в стране, и не существует единого подхода для мотивации всех владельцев скважин (Morris et al., 2016). Отсутствие регулярного мониторинга качества воды делает колодцы и скважины в стране уязвимыми для необнаруженных загрязняющих веществ. В результате владельцы колодцев и скважин в стране могут неосознанно подвергаться воздействию загрязняющих веществ в течение длительных периодов времени.

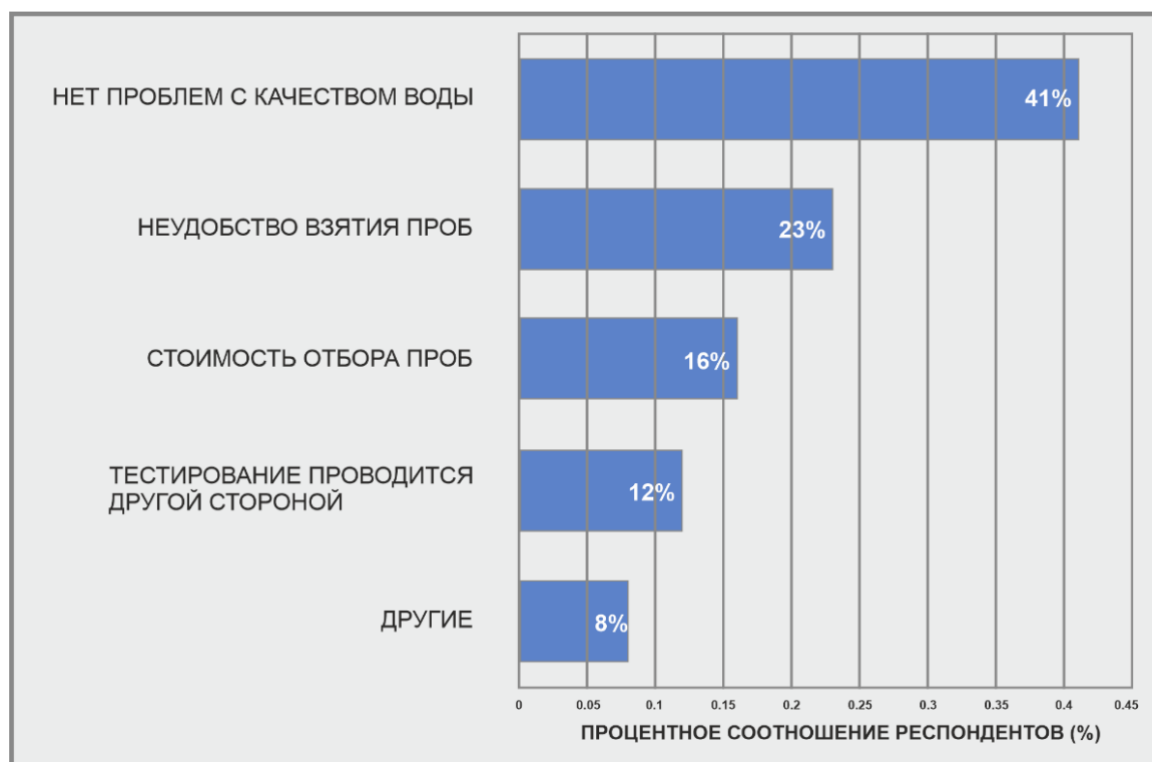


Рисунок 13 - Причины, по которым владельцы колодцев и скважин не проверяют воду. Данные получены из опроса 420 владельцев скважин в Новой Шотландии, Канада (изменено из Chappells et al., 2015).

6.2 Проблемы очистки воды

Выбор системы очистки воды может быть сложным решением, требующим знания химии воды и методов очистки. Не существует единой технологии очистки, которая очищает все загрязняющие вещества. Системы очистки должны выбираться на основе уникальной химии воды каждой скважины и должны учитывать, какие загрязняющие вещества необходимо уменьшить для достижения целевых показателей качества воды, а также требования к предварительной очистке для правильной работы выбранной технологии. Многие владельцы бытовых скважин и колодцев не обладают знаниями, необходимыми для выбора и установки собственных систем очистки, и поэтому они часто полагаются на образовательные веб-сайты для владельцев бытовых скважин и колодцев и компании по очистке воды за помощью. Отрасль очистки воды не регулируется в большинстве юрисдикций, хотя существуют профессиональные ассоциации, которые предлагают добровольную сертификацию для продвижения высоких профессиональных стандартов в отрасли. Отсутствие регулирования в отрасли очистки воды делает владельцев бытовых скважин и колодцев потенциально уязвимыми для плохих советов. Исследование в Пенсильвании, США, показало, что 10 процентам владельцев скважин и колодцев продали очистное оборудование, которое им не было нужно, а другие опросы сообщили, что получение беспристрастных советов по оборудованию для очистки воды является распространенной проблемой (Chappells et al., 2014).

После выбора и установки подходящей системы очистки воды требуется регулярный мониторинг и обслуживание, чтобы гарантировать эффективность очистки и безопасность воды для питья (рисунок 14). Как обсуждалось ранее, большинство владельцев скважин не контролируют качество своей воды регулярно и, следовательно, они уязвимы для воздействия загрязняющих веществ, если их система очистки выходит из строя. Обследования бытовых систем очистки мышьяка показывают, что отказы систем очистки являются обычным явлением. В одном исследовании, в котором проверялась сырая и очищенная вода в бытовых скважинах и колодцах в нескольких штатах США, сообщалось, что примерно 23 процента систем очистки мышьяка не соответствовали рекомендациям по содержанию мышьяка в питьевой воде (Zheng, 2017).

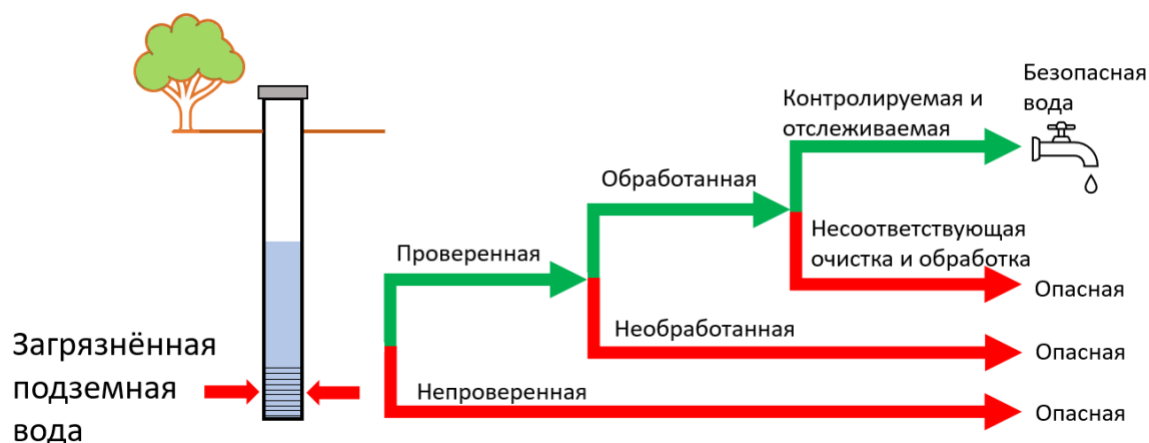


Рисунок 14 - Действия, необходимые для обеспечения безопасности воды из скважины для питья, включая первоначальное тестирование чтобы выявить загрязнения, установку соответствующей системы очистки, а затем техническое обслуживание и мониторинг системы очистки (изменено из Zheng and Flanagan, 2017).

В качестве примера проблем выбора и обслуживания системы очистки воды рассмотрим ультрафиолетовый свет, который является одним из наиболее часто используемых методов очистки микробных загрязнений в воде из бытовых скважин и колодцев. Эти системы просты в эксплуатации, поскольку они используют ультрафиолетовый свет для дезактивации микробных загрязнений, когда они протекают мимо светового луча. Однако при выборе системы очистки ультрафиолетом владелец скважины должен учитывать интенсивность ультрафиолетового света (для разных концентраций и типов патогенов требуются разные интенсивности), скорость потока воды (которая контролирует время контакта воды со светом и, следовательно, его эффективность) и требования к предварительной очистке для удаления мутности, цвета (которые уменьшают проникновение света) и растворенных твердых веществ (которые могут осаждаться на защитном стеклянном кожухе лампы и уменьшать интенсивность света). Методы предварительной очистки включают в себя осадочные фильтры для удаления мутности и смягчители воды для удаления жесткости, железа и марганца. После установки ультрафиолетовой системы ее необходимо обслуживать, ежегодно заменяя лампочку и регулярно очищая защитный стеклянный кожух, в котором находится ультрафиолетовая лампочка. Если владельцы скважин вряд ли будут проводить регулярный мониторинг качества воды, они также вряд ли будут проводить регулярное обслуживание системы очистки.

Ультрафиолетовая система для очистки от микробных загрязнений является относительно простой системой по сравнению с другими, такими как система очистки мышьяка. Для мышьяка в воде из бытовых скважин и колодцев существует несколько технологий очистки на выбор (например, обратный осмос, адсорбционная среда, анионный обмен), и не все технологии эффективны для всех типов мышьяка.

Растворенный мышьяк может присутствовать в виде мышьяка (III) и мышьяка (V) в зависимости от окислительно-восстановительных условий, которые могут меняться со временем (например, из-за сезонных колебаний) и/или при откачке. Владельцы скважин, как правило, не знают, какой тип мышьяка присутствует в воде из колодца и скважин, поскольку видообразование мышьяка не включено в стандартный анализ качества воды в воде из бытовых скважин и колодцев. Одним из наиболее распространенных методов бытовой обработки мышьяка является обратный осмос, и этот метод, как известно, плохо удаляет мышьяк (III). Чтобы компенсировать это, можно добавить блок предварительной обработки, который окисляет мышьяк (III) до мышьяка (V), который более эффективно удаляется обратным осмосом. Учитывая сложность очистки воды, понятно, что многие домовладельцы полагаются на компанию по очистке воды для выбора и установки системы очистки. Это может привести к тому, что владелец скважины не поймет, какой тип системы очистки у них есть или даже для чего она предназначена. Одно исследование, в котором было опрошено 99 владельцев бытовых скважин в штате Мэйн, США, показало, что 26 процентов ошибочно думали, что их фильтр осадка или смягчитель воды предназначены для очистки мышьяка (Zheng, 2017).

6.3 Уязвимость к загрязнению

Бытовые колодцы могут быть уязвимы к загрязнению, поскольку они часто расположены вблизи источников загрязнения, и они часто берут воду из неглубоких, незамкнутых водоносных горизонтов, которые подвержены загрязнению в результате деятельности человека на поверхности земли. Многие владельцы бытовых колодцев не обслуживают свои колодцы или не проверяют их состояние регулярно. Отсутствие обслуживания колодцев может привести к антисанитарным условиям и плохому качеству воды, как показано в примерах на рисунке 15.



Рисунок 15 - Примеры антисанитарных условий на бытовых скважинах и колодцах; а) паутина внутри скважины, указывающая на активность насекомых; б) мертвые грызуны, плавающие в колодце; в) вырытый колодец с обильными корнями, торчащими из кирпичных стен; г) затопленный колодец и отсутствие крышки колодца, из-за чего поверхностная вода попадает в колодец (фотографии Stew Hamilton).

6.3.1 Источники загрязнения вблизи бытовых колодцев и скважины

Бытовые колодцы и скважины часто располагаются вблизи источников загрязнения, таких как септическая система, масляный бак (рисунок 16), фермерский двор или дорога, на которую зимой наносят соль для удаления льда. Домашние животные являются еще одним потенциальным источником загрязнения, либо от фекалий домашних животных вблизи колодца, либо от захоронения умерших домашних животных на территории. По оценкам, популяция кошек и собак в Канаде в 2020 году составляла около 16 миллионов (САНІ, 2021), что составляет около 42 процентов населения Земли. Близкое расстояние этих многочисленных типов источников загрязнения к бытовым скважинам и колодцам делает их уязвимыми к загрязнению. В отличие от многих муниципальных, бытовые колодцы и скважины не имеют планов защиты устья и для управления рисками, которые представляют эти загрязнители.



Рисунок 16 - Две бытовые скважины, расположенные рядом с резервуаром для домашнего печного топлива. Этот пример показывает, как бытовые скважины могут быть подвержены множественным уязвимостям, включая засухи и источники загрязнения. Вырытый колодец (слева на переднем плане) был заменен на глубокий пробуренный колодец (справа, с синей крышкой колодца), потому что сезонные засухи часто приводили к тому, что этот неглубокий вырытый колодец высыхал. Оба колодца расположены рядом с резервуаром для печного топлива (серый резервуар рядом с домом), который может загрязнить колодцы, если произойдет утечка или разлив масла (фотография John Drage).

В сельской местности часто нет центрального общественного водоснабжения или центральной системы сточных вод, и поэтому у домовладельца на его участке будут как бытовой колодец, так и септическая система (рисунок 17). Хотя большинство правил строительства колодцев указывают минимальное расстояние между колодцами и септиками (обычно от 15 до 30 м), они обычно располагаются относительно близко друг к другу, поскольку они оба должны быть расположены на участке домовладельца и близко к дому. В микрорайонах может быть несколько септической системы, и поэтому даже если владелец скважины устанавливает усовершенствованную версию своей септической системы, она может оказаться ниже уровня септической системы соседа.

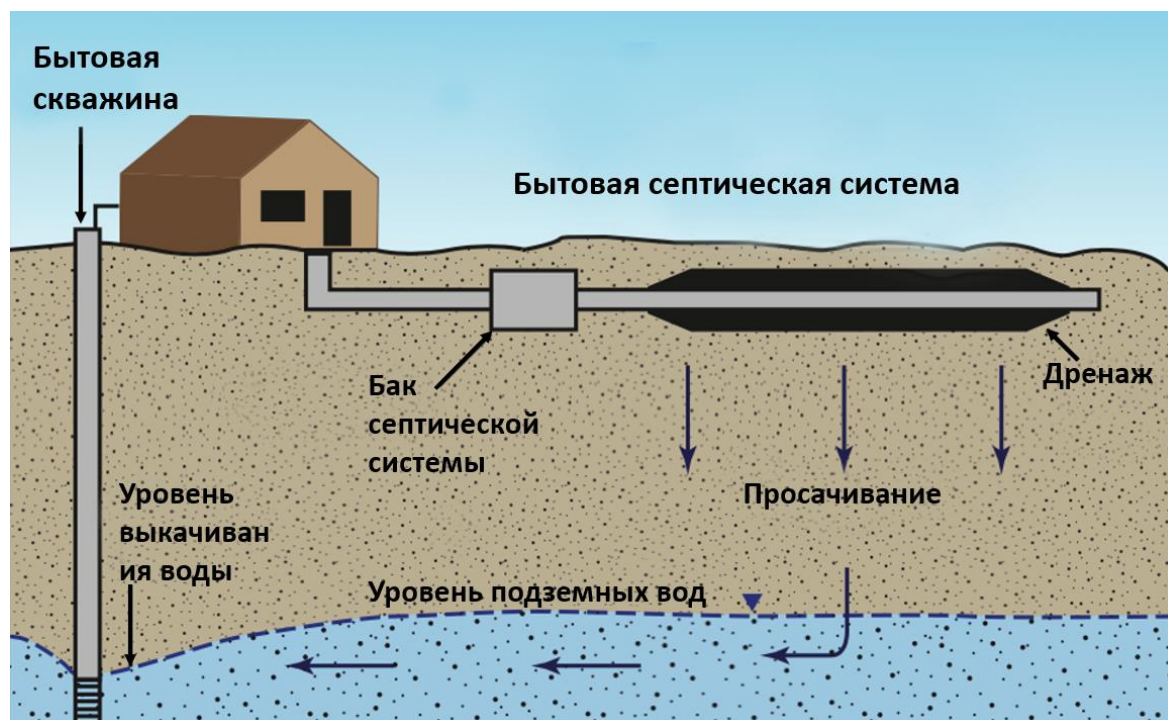


Рисунок 17 - Домохозяйство с бытовым скважина и септической системой, демонстрирующее потенциал для стока септической системы, направляющегося в колодец (изменено из Waller, 1994).

Правильно функционирующая септическая система может снизить концентрацию загрязняющих веществ, чтобы они не оказывали неблагоприятного воздействия на воду в скважине, при условии, что и септическая система, и скважина правильно расположены, спроектированы, построены и обслуживаются. Тем не менее, быстрый перенос загрязняющих веществ может происходить при определенных условиях. Исследование, в котором изучались 248 вспышек заболеваний (23 000 случаев заболеваний), связанных с неочищенными подземными водами, включая общественные системы подземных вод и бытовых скважина или колодцев, показало, что человеческие сточные воды были наиболее распространенным источником загрязнения (Wallender et al., 2014). Исследование также пришло к выводу, что в большинстве случаев (67 процентов), когда были известны способствующие факторы, загрязнению способствовало неправильное проектирование, обслуживание или расположение септических систем или воды в скважине.

Дополнительную информацию о влиянии септических систем на качество подземных вод можно найти в другой книге из серии [The Groundwater Project](#) (Robertson, 2021)[↗]. Помимо распространенных источников загрязняющих веществ, расположенных на собственной территории домовладельца, бытовые скважины или колодцы иногда располагаются вблизи коммерческих, промышленных или сельскохозяйственных источников загрязняющих веществ. Например, известно, что заправочные станции, химчистки, свалки и работы по внесению удобрений в сельскохозяйственные культуры стали причиной загрязнения бытовых колодцев. [В](#)

[приложении 3](#)↓ обсуждается пример бытового колодца, загрязненного в результате деятельности, проводимой на полигоне по утилизации отходов.

6.3.2 Бытовые скважины в неглубоких водоносных горизонтах

Бытовые скважины по своей природе более уязвимы к загрязнению в результате деятельности человека, поскольку они часто берут воду из неглубоких водоносных горизонтов, которые подвержены загрязнению в результате деятельности человека на поверхности земли. Бытовые скважины, как правило, неглубокие по экономическим причинам. Домовладельцы должны платить за строительство своих скважин, и, чтобы сохранить низкие расходы, они обычно прекращают бурение, как только скважина становится достаточно глубокой, чтобы обеспечить достаточное количество воды для удовлетворения их потребностей. Исследование в США, в котором были изучены более 1200 скважин различных типов по всей стране, показало, что средняя глубина бытовых скважин составила 49 м по сравнению со 130 м для общественных скважин (DeSimone et al., 2009).

Как указано на рисунке 18, время перемещения загрязняющих веществ от поверхности земли до водозабора неглубокой скважины может составлять от нескольких дней до нескольких лет. Это дает ограниченную возможность для загрязнения ослабнуть до того, как они доберутся до скважины. Напротив, более глубокие общественные скважины водоснабжения могут иметь время перемещения подземных вод от нескольких лет до нескольких столетий. Чем больше время перемещения подземных вод, тем больше возможностей для снижения концентраций антропогенных загрязняющих веществ, которые возникают на поверхности земли, путем естественного затухания. Глубокая скважина также с большей вероятностью будет защищена от загрязнения ограничивающими слоями, расположенными над зоной забора колодца.

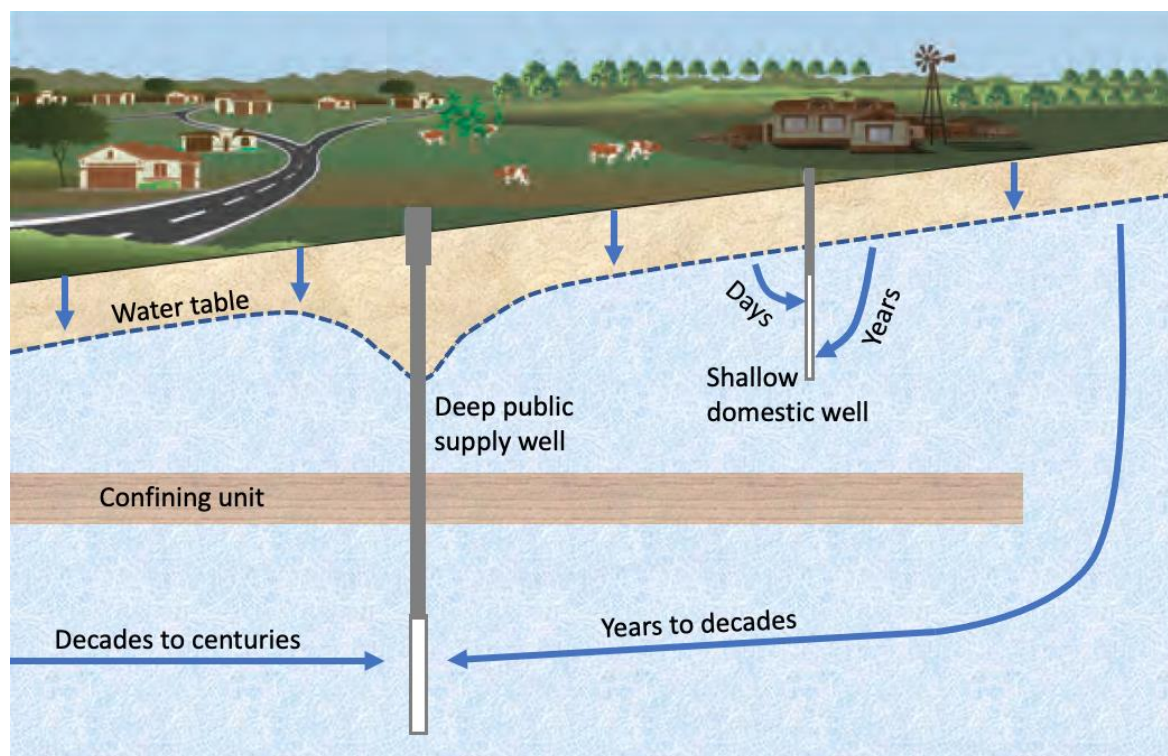


Рисунок 18 - Время перемещения подземных вод и загрязняющих веществ для неглубоких бытовых скважин и колодцев короче, чем для более глубоких общественных типов, что дает меньше времени для ослабления антропогенных загрязняющих веществ (изменено из Dubrovsky et al., 2010).

6.3.3 Микробные загрязняющие вещества в бытовых колодцах

Как обсуждалось в Разделе 5, Качество воды в бытовых скважинах и колодцах, микробные загрязняющие вещества являются одними из наиболее распространенных типов загрязняющих веществ, найденные в бытовых скважинах и колодцах. Региональные обследования бытовых колодцев (таблица 2) часто обнаруживают бактерии примерно в одной трети отобранных бытовых скважин и колодцев. Микробные загрязняющие вещества обнаруживаются во всех типах колодцев, не только в бытовых колодцах, но они обнаруживаются чаще в бытовых колодцах, чем в общественных. Например, в ходе национального исследования микробного качества воды в США было проверено 405 бытовых колодцев и 227 общественных колодцев, и было установлено, что колиформные бактерии были обнаружены в неочищенной воде в 33 процентах бытовых скважин и колодцев и 16 процентах общественных колодцев (Embrey and Runkle, 2006). Обзор вспышек инфекционных заболеваний, передающихся через воду, в Англии и Уэльсе показал, что в частных системах водоснабжения, большинство из которых поступает из бытовых скважин и колодцев, обслуживающих отдельные домохозяйства, вспышки наблюдались в 35 раз чаще, чем в общественных системах водоснабжения (Smith et al., 2006).

Почему бытовые скважины и колодцы более уязвимы для микробного загрязнения? Существует множество факторов, которые контролируют риск

микробного загрязнения в колодцах, включая характеристики микробных источников вблизи колодца (например, близость источника, качество строительства и обслуживания близлежащих септических систем) и пути миграции, которые позволяют микробным загрязнителям перемещаться от источника к колодцу. Пути миграции включают как гидрогеологические пути, так и пути, связанные со строительством бытовых скважин и колодцев. На рисунке 19 показаны примеры распространенных условий, которые могут вызвать микробное загрязнение в бытовых скважинах и колодцах.

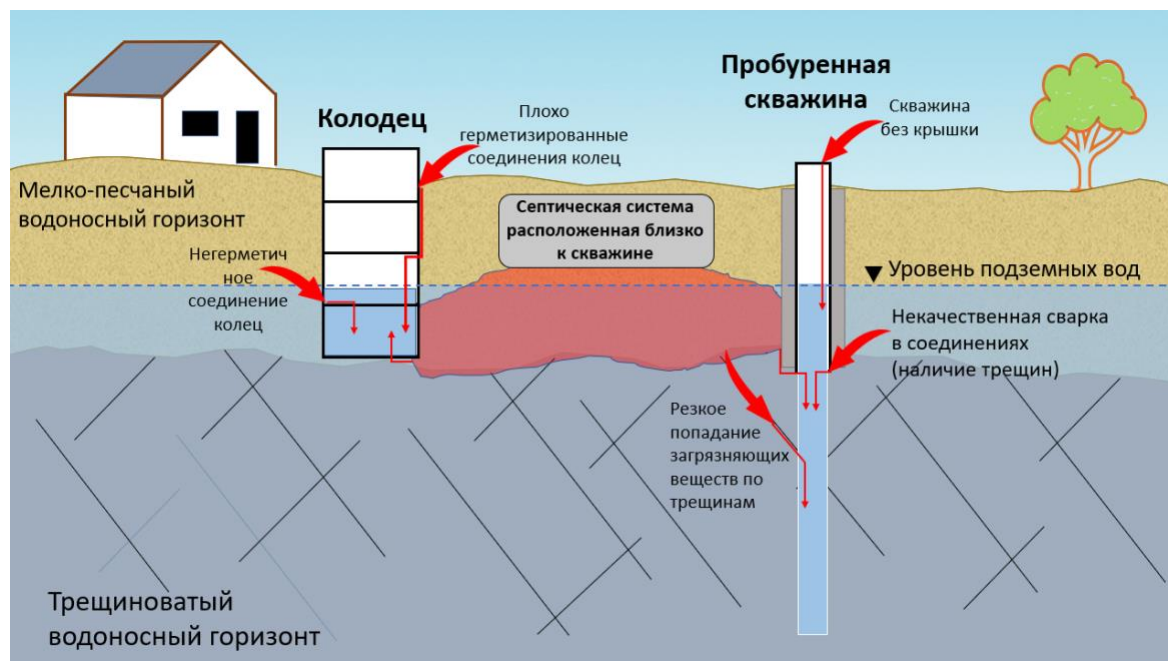


Рисунок 19 - Примеры распространенных условий, которые могут вызывать микробное загрязнение бытовых в скважинах и колодцах.

Исследования, которые изучают причины микробного загрязнения в бытовых скважин и колодцах, обычно изучают корреляции между загрязнением скважин и колодцев и их характеристиками, включая их близость к источникам загрязнения, гидрогеологические условия и конструкцию. Что касается источников загрязнения, септические системы, загоны для откорма скота и распространение навоза были связаны с микробным загрязнением. Отчет, в котором были объединены данные 55 исследований по заражению патогенами в системах подземных вод, показал, что септические системы были наиболее часто подтвержденным или вероятным источником загрязнения (Hynds et al., 2013). Исследование во Флориде, США, показало, что уменьшение расстояния между бытовыми колодцами и септиками коррелировало с увеличением концентрации фекальных колиформных бактерий в колодцах (Arnade, 1999).

Исследования бытовых колодцев в сельскохозяйственных районах показали, что колодцы, расположенные ближе к загонам для откорма животных и местам

разбрасывания навоза, имеют более высокий риск бактериального загрязнения (Goss et al., 1998; Conboy and Goss, 2000). Что касается гидрогеологических условий, в нескольких исследованиях сообщалось, что микробное загрязнение чаще встречается в колодцах, построенных в трещиноватых породах и карбонатных породах, по сравнению со скважинами в неконсолидированных водоносных горизонтах (Lee and Murphy, 2020; DeSimone et al., 2009; Embrey and Runkle, 2006; Kraus and Griebler, 2011). Это можно объяснить отсутствием естественного затухания микроорганизмов и быстрым переносом загрязняющих веществ, который может происходить в трещинах и каналах карстового раствора.

Исследование в Нью-Джерси, США, в ходе которого были проанализированы данные из 51 000 бытовых скважин, показало, что в колодцах с коренной породой в три раза чаще обнаруживаются колиформные бактерии по сравнению со скважинами в неконсолидированных водоносных горизонтах (Atherholt et al., 2013). В том же исследовании сообщалось, что бактерии чаще обнаруживались в скважинах в районах с тонкими слоями глинистых пёстрых образования (<6 м), залегающих над коренной породой, чем в скважинах с толстыми слоями глинистых пёстрых образования (от 6 до 60 м). Водоносные горизонты с коренной породой и тонкими вышележащими профилями почвы более уязвимы для микробного загрязнения, поскольку существует меньше возможностей для удаления загрязняющих веществ путем естественного затухания при просачивании воды через почву. Строительство скважин часто упоминается как причина микробного загрязнения воды из колодца и скважин.

Обзор 55 исследований патогенного загрязнения подземных вод в Канаде и США показал, что в плохо спроектированных и построенных скважинах на 50 процентов больше случаев патогенных микроорганизмов, чем в надлежащим образом спроектированных скважинах (Hynds et al., 2014). Факторы конструкции скважин, которые обычно связаны с микробным загрязнением в бытовых скважинах, включают неглубокую глубину скважин (или неглубокие зоны забора), вырытые скважины и старые скважины (Owusu et al., 2021; Lee and Murphy, 2020; Goss et al., 1998). Неглубокие скважины и колодцы получают доступ к неглубоким грунтовым водам с относительно коротким временем перемещения, что дает меньше возможностей для ослабления микроорганизмов. Важно отметить, что именно минимальная глубина зоны забора воды определяет, попадут ли неглубокие подземные воды в скважину, а не общая глубина скважины. Например, скважина глубиной 50 м с 6-метровой обсадной колонной и кольцевым уплотнением может позволить неглубоким грунтовым водам с глубины 6 м поступать в скважину.

Вырытые колодцы более подвержены микробному загрязнению, поскольку они неглубокие, и часто обсадные трубы и/или кольцевые уплотнения не являются непрерывными. Старые колодцы могут быть подвержены микробному загрязнению,

поскольку они могли со временем ухудшиться (например, в обсадной трубе образовались трещины или отверстия, или кольцевые уплотнения вышли из строя) или могли быть установлены с использованием устаревших методов строительства скважин. Распространенные проблемы целостности колодцев и скважин, которые могут вызвать микробное загрязнение, включают плохие поверхностные уплотнения на устье скважины (что позволяет поверхностным водам попадать в колодцы и скважин), отсутствие санитарной крышки скважины (что позволяет вредителям попадать в скважину) и неадекватные или неисправные обсадные трубы и кольцевые уплотнения. Что касается герметизации колец вырытых колодцев, исследователи заметили, что со временем в растворе могут образовываться трещины и пустоты, а испытания красителя показали, что эти нарушения уплотнителях могут привести к миграции красителя на значительную глубину (> 10 м) под поверхность земли.

Факторы риска, обычно связанные с микробным загрязнением, обобщены в таблице 3. В целом, колодцы имеют более высокий риск микробного загрязнения, если:

- они расположены вблизи микробного источника (например, септическая система, загон для откорма животных, разбрасывание навоза);
- они расположены в гидрогеологической обстановке, которая допускает быстрый микробный перенос (например, трещиноватая порода, карбонатная порода, области с тонкими почвенными профилями); и/или,
- они имеют характеристики или недостатки конструкции скважин, которые делают их восприимчивыми к микробному загрязнению (например, малая глубина забора, ненадлежащая обсадка и цементация, плохие санитарные условия устья скважины).

Таблица 3 - Примеры источников и путей, которые могут вызвать микробное загрязнение воды из скважины.

Источники и пути	Факторы риска	Объяснение
Источники	Септические системы	Септические системы, которые вышли из строя или находятся слишком близко к скважинам с водой, могут стать причиной заражения.
	Загоны для кормления животных	Сообщается, что скважины, расположенные близко к откормочным площадкам, подвержены более высокому риску бактериального заражения.
	Распространение навоза	Сообщается, что разбрасывание навоза вблизи скважин увеличивает риск бактериального заражения.
Пути: гидрогеологические	Трещиноватая порода	Трещиноватая порода обеспечивает меньшее естественное затухание, чем неконсолидированные водоносные горизонты, и может иметь большую скорость грунтовых вод, что приводит к быстрому перемещению микробов.
	Карбонатная порода	Карбонатная порода может иметь трещины и каналы карстовых растворов позволяя микробам быстро перемещаться и минимальным естественным затуханием.
	Тонкая рыхлая порода	Тонкие слои почвы и осадка обеспечивают меньшее затухание микроорганизмов, чем толстые слои уплотнённых материалов.
	Неглубокие уровни подземных вод	Неглубокие уровни подземных вод или тонкие уплотнённые зоны предоставляют меньше возможностей для затухания микроорганизмов.
	Неглубокие колодцы или скважины	Неглубокие подземные воды имеют меньшее время на пути к скважине и меньше возможностей для затухания микроорганизмов.
Пути: строительство скважин	Вырытые колодцы и пробуренные скважины	Эти скважины неглубокие и часто не имеют сплошной обсадной трубы и кольцевых уплотнений.
	Старые колодцы или скважины	Старые скважины могут иметь изношенные обсадные трубы и с имея разрушенные кольцевые уплотнения и могут не соответствовать современным стандартам.
	Некачественное уплотнение колец	Ненадлежащие или неисправные кольцевые уплотнения могут позволить мелководной воде проникнуть в скважину.
	Некачественная обсадка	Ненадлежащие или изношенные обсадные трубы могут позволить мелководной воде проникнуть в скважину.
	Плохое поверхностное уплотнение на устье скважины	Плохие поверхностные уплотнения, которые не имеют уклона от скважины и не обеспечивают низкопроницаемые уплотнения на поверхности земли, могут позволить поверхностным водам проникнуть в скважину.
	Отсутствие крышки колодца или скважины	Санитарные крышки скважин или колодца предотвращают проникновение вредителей в скважину.

Некоторые из этих факторов, особенно гидрогеологическая обстановка, не являются специфическими для бытовых скважин, но могут влиять на все типы скважин. Однако, как отмечалось ранее, бытовые скважины более подвержены микробному загрязнению, чем общественные скважины, поскольку они, скорее всего, будут неглубокими, расположены вблизи источника микробов и имеют недостатки в конструкции скважин.

Поскольку существует множество факторов риска, которые могут вызвать микробное загрязнение в скважинах, в системах общественного водоснабжения обычно используется много барьерный подход для снижения рисков. MacIer and Merkle (2000) объясняют, что много барьерный подход для систем водоснабжения подземных вод обычно включает:

- защиту исходной воды (т. е. контроль источников загрязнения в зоне захвата скважины);
- мониторинг и поддержание целостности устья скважины (т. е. контроль путей миграции в скважине);
- очистку воды (т. е. дезинфекцию воды для удаления патогенов); и
- мониторинг качества воды.

Большинство юрисдикций рекомендуют владельцам бытовых колодцев и скважин эти многобарьерные методы, включая защиту источника (т. е. поддержание септических систем, расстояния между колодцами и септиками), регулярный осмотр и обслуживание колодцев, а также регулярные проверки качества воды. Дезинфекция воды явно связана с уменьшением микробного загрязнения в системах общественного водоснабжения, и было бы разумно включить дезинфекцию в качестве стандартной практики для бытовых колодцев и скважин. Системы дезинфекции воды, такие как ультрафиолетовые лампы, эффективны, просты в эксплуатации и обслуживании и относительно недороги по сравнению со стоимостью строительства бытового колодца.

6.4 Уязвимость к снижению уровня подземных вод

Как обсуждалось ранее, строительство бытовых скважин, как правило, сооружаются максимально неглубокими, чтобы снизить затраты на строительство скважин. Часто они устанавливаются достаточно глубоко, чтобы удовлетворить бытовые потребности в воде, исходя из уровня подземных вод на момент строительства скважины. Это может сделать бытовых скважин уязвимыми к будущему снижению уровня подземных вод, вызванному сезонной засухой, изменением климата, вмешательством в работу скважин или истощением водоносного горизонта. Если снижение уровня подземных вод достаточно велико по сравнению с доступным снижением в скважине, владелец скважины может столкнуться с временной или постоянной нехваткой воды. Это может потребовать от

владельца скважины внести изменений в свою скважину, например, опускания насоса или углубления скважины. Если эти решения не сработают, ему, возможно, придется установить новую более глубокую скважину или получать воду из альтернативного источника.

Истощение водоносного горизонта происходит в большинстве основных месторождениях в засушливых и полузасушливых точках мира (Famiglietti, 2014). По мере снижения уровня подземных вод в этих водоносных горизонтах неглубокие бытовые колодцы оказываются одними из первых, которые пересыхают. Владельцы бытовых колодцев могут не иметь возможности забирать воду из новых более глубоких скважин из-за увеличившихся затрат, связанных со строительством более глубоких колодцев и скважин, энергии для откачки подземных вод с большей глубины и обработки потенциально более низкокачественных подземных вод, находящихся на глубине.

Сообщалось, что засуха в Калифорнии, США, в период с 2012 по 2016 год привела к тому, что почти 12 000 человек остались без воды (Cagle, 2020). Последствия этой засухи были особенно серьезными в Центральной долине Калифорнии, где, по оценкам, пересохла примерно каждая пятая скважина. Истощение водоносного горизонта уже привело к снижению уровня подземных вод здесь до 250 м ниже поверхности земли в некоторых местах (Stokstad, 2020). Бытовые скважины в Центральной долине пересыхают чаще, чем другие типы скважин, потому что они, неглубокие. Анализ истощенных скважин во время засухи в Калифорнии 2012–2016 годов показал, что 6 процентов сельскохозяйственных скважин и 19 процентов бытовых скважин высохли в этот период (Jasechko and Perrone, 2020). Сообщается, что бытовые скважины неглубокие чем сельскохозяйственных скважин в нескольких сельскохозяйственных районах по всему миру (Jasechko and Perrone, 2021), что указывает на то, что их уязвимость к снижению уровня подземных вод по сравнению с другими типами колодцев является глобальной проблемой. Проблема истощенных бытовых скважин не ограничивается Калифорнией. На западе Соединенных Штатов исследование оценило более двух миллионов записей о скважинах и подсчитало, что около 4 процентов бытовых скважин высохли в период с 2013 по 2015 год (Perrone and Jasechko, 2017). В Новой Шотландии, Канада, засуха 2016 года, как сообщается, привела к высыханию более 1000 скважин, 93 процента из которых были колодцами, вырытыми в домашних условиях (Kennedy et al., 2017). Многие муниципальные органы власти в Новой Шотландии теперь предоставляют кредиты, чтобы помочь владельцам скважин установить более глубокие скважины.

7 Защита бытовых скважин

7.1 Правила

В настоящее время используется несколько типов правил для защиты бытовых скважин. Наиболее распространенными являются правила строительства скважин, которые используются во многих юрисдикциях для обеспечения того, чтобы скважины были правильно построены и устойчивы к загрязнению от неглубоких подземных вод и загрязняющих веществ на поверхности земли. Цели большинства правил строительства скважин: защита здоровья и безопасности владельца скважины и окружающей среды, защита водоносных горизонтов и водных ресурсов, защита водоупоров (т. е. геологических образований с низкой проницаемостью, которые ограничивают поток подземных вод и загрязняющих веществ между водоносными горизонтами), а также защита качества и количества подземных вод. Правила строительства скважин обычно определяют, кто может построить скважину (например, лицензированный подрядчик по строительству скважин), методы и материалы, которые должны использоваться, расстояния отступа от потенциальных источников загрязнения, требования к разработке скважин, требования к герметизации заброшенных скважин (чтобы они не создавали путей для проникновения загрязняющих веществ в водоносные горизонты), тестирование дебита и отчетность (записи о скважинах). В некоторых юрисдикциях правила строительства скважин требуют получения разрешения до строительства бытовой скважины (например, Колорадо и Вайоминг, США).

Ключевые элементы правил строительства скважин, которые помогают защитить скважины от поверхностных загрязнений и загрязнения неглубоких подземных вод, включают требования к санитарной крышке скважины, адекватной обсадной колонне скважины и кольцевому уплотнению колодца. Правила строительства скважин обычно применяются к строительству всех типов скважин, включая бытовые. В большинстве случаев они применяются во время строительства скважины и являются единственными правилами, которым обязан следовать владелец бытовой скважины. Обычно они не включают никаких химических испытаний или требований по текущему обслуживанию и мониторингу. Конкретные примеры правил строительства скважин включают Положение 903 провинции Онтарио (провинция Онтарио, 1990 г.) и статью 30 штата Канзас (штат Канзас, 2013 г.).

Другие типы правил, используемых для защиты бытовых колодцев, — это те, которые требуют проверки качества воды во время строительства колодца или во время продажи недвижимости. Хотя эти типы правил не получили широкого распространения, ограниченное количество юрисдикций требуют первоначального тестирования при первой установке домашнего колодца (например, Нью-Брансуик,

Канада, и Северная Каролина, США) и во время сделок с недвижимостью (например, Нью-Джерси, Орегон и Род-Айленд, США). Примерами правил проверки качества воды для бытовых колодцев являются Положение о питьевой воде канадской провинции Нью-Брансуик (провинция Нью-Брансуик, 1993) и Закон штата Нью-Джерси о тестировании частных скважин (Atherholt et al., 2009). Эти требования к единовременному отбору проб могут быть эффективным способом выявления существующего загрязнения в определенный момент времени, но они не выявляют сезонные или будущие изменения качества воды, как это делают регулярные проверки. Исследование, в котором рассматривалась частота тестирования на мышьяк в бытовых скважинах и колодцах как в Соединенных Штатах, так и в Индии, пришло к выводу, что из-за временных колебаний уровня мышьяка в скважинах и колодцах одного теста недостаточно для обеспечения соответствия подземных вод рекомендациям по качеству воды в долгосрочной перспективе (Mailloux et al., 2021).

Исследование показало, что для того, чтобы в будущем вероятность превышения нормы составляла менее 5 процентов, колодцы и скважины должны проверяться каждый год, если концентрация воды составляет более половины норматива, и каждые пять лет, если концентрация составляет менее половины норматива. Исследование в Онтарио, Канада, проанализировало 700 000 результатов проб *E. coli* из более чем 200 000 бытовых колодцев и пришло к выводу, что из-за временных колебаний в обнаружении *E. coli* одного образца недостаточно для определения долгосрочной микробиологической безопасности бытовых колодцев (Latchmore et al., 2020). В некоторых юрисдикциях действуют правила защиты бытовых скважин в застройках с районированием (рисунок 20), которые требуют проведения гидрогеологической оценки до утверждения районирования. Эти оценки рассматривают как вопросы качества, так и количества подземных вод и оценивают вероятность возникновения будущих проблем и какие меры по смягчению последствий можно использовать для снижения рисков. Например, если оценка показывает, что предлагаемая плотность участков (земля, отведенная для одного дома) в разделе приведет к чрезмерному вмешательству в работу скважин или истощению водоносного слоя, количество утвержденных участков может быть сокращено.

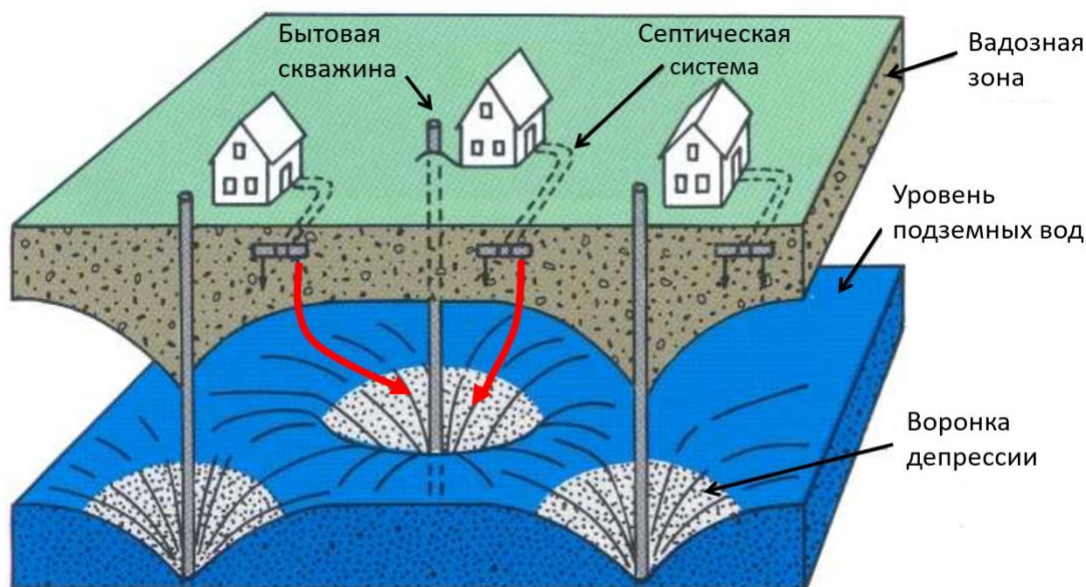


Рисунок 20 - Бытовые скважины в районировании, показывающие потенциал воздействия септической системы на колодцы и эффекты помех от множественных конусов депрессии (изменено из Waller, 1994).

Введение правил для защиты бытовых скважин в районированиях часто было ответом на исторические проблемы. Например, провинция Онтарио, Канада, ввела требования к гидрогеологическим исследованиям в подразделениях (Министерство окружающей среды и энергетики Онтарио, 1996) после того, как в ряде районирований с бытовыми скважинами были обнаружены проблемы с качеством подземных вод, включая высокий уровень нитратов из локальных септических систем. В Новой Шотландии, Канада, требования к гидрогеологическим исследованиям для развития районирований были введены после того, как проблемы в скважинах в районировании привели к высыханию многочисленных бытовых скважин и потребовали расширения централизованных муниципальных служб водоснабжения. Руководство Новой Шотландии по гидрологическим оценкам в районированиях теперь включает в себя инструмент электронных таблиц для оценки водного баланса для запланированного количества лотов и помех между скважинами на каждом лоте (Nova Scotia Environment, 2011).

Многие юрисдикции контролируют извлечение подземных вод с помощью системы разрешений и требуют одобрения для определенных видов промышленной деятельности (например, карьеры, шахты, свалки, нефтехимические предприятия). Примеры использования разрешений для регулирования откачки приведены в работе Nowlan (2005). Требование разрешений на откачку и одобрение деятельности не предназначено специально для защиты бытовых скважин, но иногда они требуют от инициатора определить близлежащие бытовые скважины и оценить потенциальное воздействие, которое предлагаемая деятельность может оказать на водные скважины. Разрешения на эти виды деятельности могут включать условия, которые защищают существующие бытовые скважины, такие как базовые

исследования (например, тестирование качества воды, измерение уровня воды), планы действий в чрезвычайных ситуациях для решения проблем в скважинах и требования по устранению любых воздействий на бытовые скважины, вызванных предлагаемой деятельностью. Примерами систем выдачи разрешений на забор подземных вод, которые учитывают воздействие на существующие скважины, являются правила штата Аризона по размещению скважин и их воздействию (Департамент водных ресурсов Аризоны, 2021 г.) и процесс утверждения забора подземных вод в канадской провинции Новая Шотландия (Министерство окружающей среды Новой Шотландии, 2010 г.).

7.2 Образовательные и просветительские программы

Образовательные и просветительские программы являются наиболее распространенным подходом к защите бытовых скважин и колодцев. Эти программы способствуют повышению осведомленности и добровольному управлению, включая регулярное обслуживание колодцев, проверку качества воды и использование оборудования для очистки воды. Во многих юрисдикциях есть правительственные веб-сайты, которые предоставляют советы и информационные бюллетени для владельцев бытовых скважин и колодцев. Примерами являются веб-сайт [«Private Drinking Water Wells» компании USEPA](#) [↗] (Агентство по охране окружающей среды США) и веб-сайт [«Be Well Aware» Министерства здравоохранения Канады](#) [↗]. Образовательные веб-сайты для владельцев бытовых колодцев также поддерживаются некоторыми неправительственными организациями, такими как [Wellowner.org](#) [↗] и [«The Private Well Class»](#) [↗].

Помимо информационных бюллетеней, образовательные веб-сайты иногда включают другую информацию и инструменты, которые могут помочь владельцам скважин и колодцев защитить свои колодцы, включая карты опасностей для распространенных загрязнителей воды из скважин и колодца (например, карты распространения мышьяка в подземных водах), онлайн-доступ к базам данных записей о скважинах и колодцах, а также карты историй, инфографики и вебинары. Инструменты для интерпретации также доступны онлайн, что позволяет владельцам скважин вводить результаты химического анализа воды из скважин для сравнения с рекомендациями по качеству питьевой воды.

К сожалению, образовательные усилия, такие как веб-сайты и информационные бюллетени, не обязательно вызывают изменение поведения или побуждают владельцев скважин проверять качество воды из скважин (Chappells et al., 2014; Morris et al., 2016). Неэффективность образовательных материалов в побуждении домовладельцев к тестированию также наблюдалась в программах по выявлению радонового газа, которые имеют схожие цели с программами по выявлению радонового газа в домашних условиях. Радон — это радиоактивный газ

естественного происхождения, который может накапливаться в воздухе помещений и вызывать рак легких. Как и в случае с домашними скважинами, тестирование радона в воздухе помещений домовладельцами является добровольным. В 2020 году Национальная программа по радону Канады разослала 1,5 миллиона открыток домовладельцам, проживающим в районах с высоким риском радона, чтобы побудить их проверить воздух в помещениях на наличие радонового газа. Последующие исследования показали, что эта образовательная инициатива повысила осведомленность о радоне, но мало повлияла на показатели тестирования домовладельцев, которые увеличились всего на 0,5 процента (Penstone and Howe, 2020). Программы обучения на уровне сообщества для владельцев бытовых колодцев, по-видимому, более эффективны, чем те, которые полагаются исключительно на веб-сайты и информационные бюллетени. Результаты образовательной программы «Well Aware» канадской провинции Онтарио показывают, что владельцы скважин и колодцев в пять раз чаще следовали рекомендациям и устраняли проблемы со своими домашними колодцами, если их дома посещал владелец скважин, по сравнению с получением советов из общих источников, таких как веб-сайт (Chappells et al., 2014).

Программа обучения на уровне сообщества по домашним колодцам в Пенсильвании, США, под названием «Master Well Owner Network», набрала и обучила более 200 местных волонтеров. Волонтеры участвовали в инициативах по обучению на уровне сообщества, включая общение с соседями, презентации на собраниях местного сообщества, размещение стендов на общественных мероприятиях и интервью в СМИ. Программа смогла охватить более 30 000 владельцев колодцев, и опросы показали, что 82 процента тех, с кем связался волонтер, предприняли действия по защите своего водоснабжения, включая тестирование воды и установку оборудования для очистки воды (Clemens et al., 2007). Хотя эти типы программ на уровне сообщества, включающие личный контакт с владельцами колодцев, эффективны, они более дороги в эксплуатации и сложнее в обслуживании, чем образовательные веб-сайты, и не получили широкого распространения в качестве долгосрочных стратегий защиты бытовых колодцев.

7.3 Другие методы защиты

Во время продажи недвижимости ипотечные кредиторы могут потребовать, чтобы бытовые скважины и колодцы прошли проверку качества воды, чтобы подтвердить, что вода соответствует нормам качества питьевой воды, и проверку на дебит, чтобы подтвердить, что скважина и колодец может иметь достаточно воды для удовлетворения бытовых нужд. Кроме того, некоторые местные органы власти требуют, чтобы скважины и колодцы проходили проверку в рамках своих строительных норм и процесса получения разрешений. Владелец бытовых колодцев в некоторых юрисдикциях предоставляется бесплатный или со скидкой

отбор и анализ воды. Например, эта услуга предлагается в Альберте, Манитобе и Онтарио, Канада. В этих юрисдикциях программа включает только анализ бактерий, а владелец скважины и колодца несет ответственность за сбор образца воды и доставку в лабораторию. Округ в Айове, США, предоставляют более комплексную услугу, которая включает бесплатный или со скидкой отбор образцов, анализ воды (может включать бактерии, нитраты, мышьяк), а также помощь в интерпретации результатов и выборе варианта смягчения последствий. Хотя программа Айовы обрабатывает до 7000 образцов воды каждый год, эта услуга используется недостаточно. Это говорит о том, что снижения затрат и неудобств, препятствующих проведению тестирования качества воды, недостаточно для поощрения повсеместного тестирования, и что необходимо также больше разъяснительной работы и обучения, чтобы убедить владельцев скважин в важности тестирования (ARHL, 2019).

Программы финансовой помощи также использовались для помощи владельцам скважин в решении других проблем, помимо тестирования качества воды. Программа компенсации за загрязнение скважин в Висконсине, США, предоставляет гранты владельцам загрязненных скважин, в том числе с высоким содержанием мышьяка. Программа помогает оплатить затраты новой скважины или колодца, реконструкцию существующего колодца, подключение к другому источнику водоснабжения или установку системы очистки (Департамент природных ресурсов Висконсина, 2005). В Новой Шотландии, Канада, некоторые местные органы власти предоставляют кредиты под низкие проценты, чтобы помочь владельцам в установке более глубоких скважин, которые более устойчивы к сезонным засухам, чем неглубоких скважин (провинция Новая Шотландия, 2016).

8 Бытовые скважины и исследования

Большая часть исследований, связанных с бытовыми скважинами, фокусируется на характеристике их уязвимостей и определении способов улучшения их управления и защиты (например, Chappells et al., 2014; Zheng and Ayotte, 2015; Colley et al. 2019; Jasechko and Perrone, 2020). Однако данные, собранные из внутренних скважин, использовались для нескольких других целей. Бытовые скважины чрезвычайно полезны для проведения региональных исследований и мониторинга подземных вод из-за больших и географически распределенных наборов данных, которые они могут предоставить. Данные о бытовых скважинах обычно используются в эпидемиологических исследованиях и оценках воздействия загрязняющих веществ при разработке рекомендаций по качеству питьевой воды. Химические данные и геологическая информация из внутренних скважин также использовались для программ разведки нефти и полезных ископаемых. Установка новых испытательных скважин и наблюдательных скважин часто является самой дорогостоящей частью региональных исследований подземных вод и характеристики водоносного горизонта. При правильном подходе и с учетом их ограничений использование данных, собранных из отечественных скважин, может помочь избежать или сократить расходы на установку исследовательских скважин.

В некоторых исследованиях отечественные скважины использовались в качестве исключительного источника данных, в то время как в других исследованиях они использовались для дополнения данных, собранных из исследовательских и контрольных скважин. Важно помнить, что отечественные скважины могут не отражать окружающие условия подземных вод, поскольку они активно откачиваются, что может повлиять на уровень воды и химию воды, а характеристики конструкции скважин (например, длинные открытые секции и большие диаметры по сравнению с контрольными скважинами) могут влиять на химию подземных вод. Длинные открытые секции позволяют грунтовым водам попадать в скважину из относительно длинного интегрированного интервала глубины, а иногда и из нескольких водоносных горизонтов, а не из отдельной точки в пределах одного водоносного горизонта. Одним из наиболее распространенных источников данных, предоставляемых отечественными скважинами, являются записи о строительстве скважин.

Во многих юрисдикциях требуется предоставлять запись о скважине при строительстве новой скважины, и они ведут онлайн-базы данных записей о скважинах, которые находятся в открытом доступе. Записи о скважинах включают информацию, которая представляет ценность для региональных исследований подземных вод, такую как стратиграфия, уровень подземных вод на момент строительства скважины и дебит скважины. Краткосрочные испытания дебита,

которые обычно проводятся при установке бытовой скважины, могут использоваться для оценки удельной емкости скважины и проницаемости водоносного горизонта. Следует отметить, что записи о бытовых скважинах могут быть недостаточно подробными и точными, поскольку они не собираются в исследовательских целях, и информация может быть собрана людьми без подготовки в области гидрогеологии. Однако, если имеется достаточно записей о скважинах для правильной оценки общих условий и тенденций для данной географической области, то ошибки в отдельных записях могут не оказать существенного влияния на выводы исследования. Другая книга из серии «The Groundwater Project» содержит больше информации о базах данных [записей о скважинах](#)  (Kennedy, 2021).

Бытовые скважины также использовались для региональных исследований качества подземных вод, исследований уровня подземных вод и долгосрочного мониторинга уровня подземных вод. В этих случаях исследователи подземных вод запрашивают разрешение у владельцев скважин на отбор проб или мониторинг уровня подземных вод, а данные собираются либо исследователями подземных вод, либо в месте с владельцами скважин (рисунок 21). Например, USGS (Геологическая Служба США) отобрала пробы воды примерно из 3670 скважин на территории страны в дополнение к скважинам общественного водоснабжения и контрольным скважинам для оценки качества воды основных водоносных горизонтов Соединенных Штатов (DeSimone et al., 2014). Бытовые скважины также использовались для создания сетей мониторинга уровня подземных вод на уровне общин, которые управляются либо неправительственными группами, либо в рамках партнерств между владельцами скважин на территории страны и государственными исследователями (Drage and Kennedy, 2020).



Рисунок 21 - Гидрогеолог устанавливает датчик уровня подземных вод в реальном времени в вырытом колодце для мониторинга подземных вод общественной сети (фотография John Drage).

9 Сводный обзор и дальнейшие действия

Бытовые колодцы являются источником воды для сотен миллионов людей по всему миру. Они являются одним из самых безопасных и надежных типов водоснабжения для домохозяйств, не имеющих доступа к общественному водоснабжению. Однако они могут быть уязвимы к проблемам с качеством и количеством воды по нескольким причинам, включая:

- качество их воды в основном не регулируется, и большинство бытовых скважин и колодцев не контролируются регулярно;
- они часто расположены близко к источникам загрязнения;
- они часто относительно неглубокие и уязвимы для поверхностных загрязнений, засух и истощения водоносных горизонтов; и,
- они находятся в частной собственности людей, у которых часто нет ресурсов, чтобы гарантировать, что их бытовые скважины и колодцы могут обеспечивать безопасное и надежное количество воды.

Нынешний подход к управлению и защите бытовых колодцев, который в первую очередь опирается на добровольные действия владельца бытовых скважин и колодцев, не позволяет эффективно устранить эти многочисленные уязвимости.

9.1 Качество воды

Что касается качества воды, исследования обычно показывают, что более 40 процентов бытовых скважин и колодцев превышают нормы питьевой воды, что указывает на то, что они по-прежнему представляют значительный риск для здоровья населения. Это предотвратимая проблема, которую можно исправить с помощью лучшей поддержки владельцев бытовых скважин и колодцев как для мониторинга качества воды, так и для ее очистки. Текущие исследования показывают, что для достижения этой цели необходимо сочетание действий, включая более подходящие уровни регулирования для тестирования бытовых колодцев и очистки воды, улучшение образовательных и информационно-просветительских программ, которые учитывают уязвимые социально-экономические группы населения и местное личное взаимодействие с владельцами бытовых скважин и колодцев, а также делают тестирование качества воды простым и недорогим.

Также необходимы дополнительные крупномасштабные долгосрочные инициативы по мониторингу качества воды для бытовых колодцев, чтобы лучше понять риск воздействия загрязняющих веществ и информировать о политике по повышению безопасности бытовых скважин и колодцев. Большинство исследований о качестве воды бытовых скважин и колодцев в настоящее время ограничены географическим охватом, периодом наблюдения и набором тестируемых загрязняющих веществ. Микробные загрязнители, мышьяк и фторид являются

одними из самых приоритетных загрязнителей в бытовых скважинах и колодцах из-за их значительного воздействия на здоровье и широкого распространения. Чтобы уменьшить воздействие этих загрязнителей, нам нужны новые надежные, удобные и недорогие способы их тестирования, мониторинга и обработки. Из-за масштабов кризиса общественного здравоохранения, вызванного мышьяком, исследователи призвали что все бытовые скважины и колодцы по всему миру должны пройти тестирование на мышьяк. Они также рекомендовали поощрять тестирование посредством изменений политики, таких как обязательное тестирование качества воды, и путем обеспечения простоты, доступности и бесплатности тестирования (Zheng, 2020; Zheng and Flanagan, 2017).

9.2 Количество воды

Проблемы с количеством воды в бытовых скважинах, вероятно, возрастут в будущем из-за участвовавших засух, связанных с изменением климата, и истощением водоносного слоя, вызванным увеличением откачки. По мере снижения уровня подземных вод первыми пересохнут мелкие бытовые скважины. В более экстремальных случаях уровень подземных вод станет слишком глубоким, чтобы к нему можно было получить доступ из бытовых скважин по доступной цене для домовладельцев. Исследователи предположили, что необходимы законодательство и инициативы по устойчивому планированию, которые специально включают защиту бытовых скважин от снижения уровня подземных вод. В случаях, когда происходит истощение водоносного слоя, это можно сделать, установив минимальные целевые показатели уровня подземных вод, которые поддерживают использование бытовых скважин. Это необходимо будет сделать в сочетании с эффективными системами разрешений на забор подземных вод, которые включают мониторинг объемов забора подземных вод и адекватный мониторинг уровня подземных вод. Владельцы бытовых скважин также могут быть защищены путем предоставления грантов, недорогих кредитов и налоговых льгот для замены пересохших скважин.

9.3 Бытовые скважины и технологические достижения

Технологические достижения могут помочь владельцам бытовых скважин тестировать и контролировать свои скважины, а также предоставлять доступ к данным в реальном времени и знаниям о подземных водах. Такие достижения включают в себя широкую доступность интернет-услуг, сотовых сетей, смартфонов, недорогих датчиков воды и технологий Интернета вещей (IoT). Примерно 50 процентов населения мира в настоящее время имеют доступ к интернет-услугам, а две трети населения мира пользуются мобильными телефонами, около половины из которых — смартфоны. В настоящее время исследователи работают над способами использования смартфонов для проверки наличия мышьяка в воде из колодца, либо в сочетании с биосенсорами, которые прикрепляются к телефонам (Doyle, 2019), либо

с использованием камеры телефона для анализа цвета и концентрации тест-полосок на мышьяк (Haque et al., 2018). Также разрабатываются новые интерактивные приложения для смартфонов, которые позволяют владельцам скважин на местах вводить данные о скважинах и имуществе на местах для проведения персонализированной оценки риска для своих скважин (O'Dwyer, 2018; Hoffman et al., 2019).

Устройства подключенные к интернет технологиям и недорогие датчики теперь используются для мониторинга уровня подземных вод в режиме реального времени в бытовых скважинах (Drage and Kennedy, 2020). Поскольку смартфоны и устройства подключены к Интернету, их можно связать с онлайн-платформами, которые позволяют владельцам бытовых скважин обмениваться данными и просматривать их в режиме реального времени в удобных для пользователя форматах. Правительства также все чаще предоставляют онлайн-интерактивные карты для определения риска загрязнителей подземных вод и базы данных в онлайн режиме, которые являются ценными источниками информации для владельцев бытовых скважин. Помимо технологических достижений, социальные сети имеют большой потенциал для использования в целях образования и информирования владельцев бытовых скважин. Исследователи подземных вод отметили, что, поскольку более 2,3 млрд человек по всему миру пользуются социальными сетями, эти сети могут позволить информации о подземных водах достичь широкой аудитории, включая владельцев скважин (Re и Misstear, 2017). Обнадуживает то, что новые технологии и методы коммуникации имеют потенциал для демократизации данных и знаний о подземных водах для владельцев скважин, которые в настоящее время фактически предоставлены сами себе, чтобы управлять своими запасами воды в изоляции.

10 Упражнения

Упражнение 1

Владелец дома устанавливает новый бытовую скважину для снабжения семьи из четырех человек. Скважина пробурена на глубину 50 м от поверхностью земли, а ее дебит составляет 2 л/мин. Владелец дома хочет узнать, может ли этот Скважина обеспечить достаточное количество воды для его дома или ему следует продолжать бурить глубже. Как вы думаете, этот колодец удовлетворит его потребности в водоснабжении? Дом находится в Канаде, где среднее бытовое потребление воды составляет 215 л/день на человека. Это пробуренная скважина диаметром 152 мм и статическим уровнем воды 5 м ниже поверхности земли. Вы можете предположить, что уровень воды над дном скважины составляет 5 м для настройки насоса.

[Нажмите для решения упражнения 1](#) ↓

Упражнение 2

Владелец домашнего колодца проверил воду из своего колодца и обнаружил, что концентрация мышьяка составляет 15 мкг/л. Безопасна ли вода из колодца для питья? Что бы вы порекомендовали сделать владельцу колодца? Используйте рекомендации Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) по содержанию мышьяка в питьевой воде, чтобы принять решение. Изменились бы ваши рекомендации, если бы вы использовали рекомендации по питьевой воде в месте вашего проживания?

[Нажмите для решения упражнения 2](#) ↓

Упражнение 3

Почему владелец домашнего колодца может не проверять качество воды в своем колодце? Какие политики или программы вы бы рекомендовали внедрить, чтобы побудить владельцев колодцев проверять свои колодцы?

[Нажмите для решения упражнения 3](#) ↓

Упражнение 4

Владелец дома планирует установить новый домашний колодец. Какие шаги он может предпринять, чтобы снизить уязвимость своего колодца к загрязнению и обеспечить безопасность воды для питья?

[Нажмите для решения упражнения 4](#) ↓

11 Ссылки

- Addison, M.J., M.O. Rivett, P. Phiri, P. Mleta, E. Mblame, M. Banda, O. Phiri, W. Lakudzala, и R.M. Kalin, 2020, Определение источника фторида в подземных водах в выветренном подвальном водоносном горизонте в центральной части Малави: последствия для здоровья человека и политики. Прикладные науки, том 10, выпуск 14, номер статьи 5006, [doi: 10.3390/app10145006](https://doi.org/10.3390/app10145006).
- APHL, 2019, Ассоциация лабораторий общественного здравоохранения, Отбор проб и тестирование частных скважин, Руководство для лабораторий общественного здравоохранения. 31 страница, <https://www.aphl.org/aboutAPHL/publications/Documents/EH-Nov2019-Private-Well-Water-Testing-Guide.pdf>.
- Argos, M., T. Kalra., P.J. Rathouz, Y. Chen, B. Pierce, F. Parvez, T. Islam, A. Ahmed, M. Rakibuz-Zaman, R. Hasan, G. Sarwar, V. Slavkovich, A. van Geen, J. Graziano и H. Ahsan, 2010, Воздействие мышьяка из питьевой воды и смертность от всех причин и хронических заболеваний в Бангладеш (HEALS): перспективное когортное исследование. The Lancet, том 376, выпуск 9737, страницы, [doi: 10.1016/S0140-6736\(10\)60481-3](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(10)60481-3).
- Департамент водных ресурсов Аризоны, 2021, Разрешения на подземные воды и скважины, <https://new.azwater.gov/permitting-wells/well-drilling-arizona> <https://new.azwater.gov/permitting-wells/well-drilling-arizona>.
- Arnade, L.J., 1999, Сезонная корреляция загрязнения скважин и расстояния до септика. Подземные воды, том 37, выпуск 6, страницы 920-923 [doi: 10.1111/j.1745-6584.1999.tb01191.x](https://doi.org/10.1111/j.1745-6584.1999.tb01191.x).
- Atherholt, T.B., R.T. Bousenberry, G.P. Carter, L.R. Korn, J.B. Louis, M.E. Serfes, и D.A. Waller, 2013, Колиформные бактерии в бытовых скважинах Нью-Джерси: влияние геологии, лаборатории и метода. Подземные воды, том 51, выпуск 4, страницы [doi: 10.1111/j.1745-6584.2012.00997.x](https://doi.org/10.1111/j.1745-6584.2012.00997.x).
- Atherholt, T.B., J.B. Louis, J. Shevlin, K. Fell, и S. Krietzman, 2009, Закон о частных испытаниях скважин в Нью-Джерси: обзор. Департамент охраны окружающей среды Нью-Джерси, Отдел науки, исследований и технологий, 8 страниц, <https://www.nj.gov/dep/dsr/research/pwta-overview.pdf>.
- Австралийское бюро статистики, 2013, 4602.0.55.003 - Экологические проблемы: использование и сохранение воды, март 2013 г., <https://www.abs.gov.au/AUSSTATS/abs@.nsf/DetailsPage/4602.0.55.003Mar%202013?OpenDocument>.

- Ayotte, J.D., L. Medalie, S.L. Qi, L.C. Backer, and B.T. Nolan, 2017, Оценка населения бытовых скважин с высоким содержанием мышьяка в соседних Соединенных Штатах. Экологическая наука и технологии, том 51, номер 21, страницы 12443-12454, [doi: 10.1021/acs.est.7b02881](https://doi.org/10.1021/acs.est.7b02881).
- Cagle, S., 2020, Потерянные сообщества: тысячи колодцев в сельской Калифорнии могут иссякнуть. The Guardian, <https://www.theguardian.com/environment/2020/feb/28/california-water-wells-dry-sigma>.
- CAHI, 2021, Канадский институт здоровья животных, Опубликованы данные о популяции домашних животных в Канаде за 2020 год, <https://www.cahi-icsa.ca/news/2020-canadian-pet-population-figures-released>.
- Chappells, H., N. Campbell, J. Drage, C.V. Fernandez, L. Parker и T.J.B. Dummer, 2015, Понимание трансляции научных знаний о риске воздействия мышьяка среди частных пользователей воды из колодца в Новой Шотландии. Science of The Total Environment, том 505, страницы 1259-1273, [doi: 10.1016/j.scitotenv.2013.12.108](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.12.108).
- Chappells, H., L. Parker, C.V. Fernandez, C. Conrad, J. Drage, G. O'Toole, N. Campbell и T.J.B. Dummer, 2014, Мышьяк в частных колодцах с питьевой водой: оценка юрисдикционных норм и руководств по устранению риска в Северной Америке. Журнал здоровья воды, том 12, номер 3, страницы 372-392, [doi: 10.2166/wh.2014.054](https://doi.org/10.2166/wh.2014.054).
- Clemens, S., B.R. Swistock, и W.E. Sharpe, 2007, Сеть владельцев основных скважин: волонтеры, обучающие владельцев скважин в Пенсильвании. Журнал расширения, том 45, страницы 1-7, <https://archives.joe.org/joe/2007august/rb7.php>.
- Colley, S.K., P. Kane, и J. M. Gibson, 2019, Информирование о рисках и факторы, влияющие на поведение частных специалистов по тестированию скважин: систематический обзор. Международный журнал исследований окружающей среды и общественного здравоохранения, том 16, номер 22, номер статьи 4333, [doi: 10.3390/ijerph16224333](https://doi.org/10.3390/ijerph16224333).
- Collins, S., 2000, Hand-Dug Shallow Wells. SKAT, Швейцарский центр развития сотрудничества в области технологий и управления, Санкт-Галлен, Швейцария, 102 страницы, <https://www.rural-water-supply.net/ressources/documents/default/256.pdf>.
- Conboy, M.J. и M.J. Goss, 2000, Естественная защита подземных вод от бактерий фекального происхождения. Журнал гидрологии загрязнений, том 43, выпуск 1, страницы 1-24, [doi: 10.1016/S0169-7722\(99\)00100-X](https://doi.org/10.1016/S0169-7722(99)00100-X).

- DeFelice, N. B., J.E. Johnston и J.M. Gibson, 2016, Сокращение посещений отделений неотложной помощи при острых желудочно-кишечных заболеваниях в Северной Каролине (США) путем расширения коммунального водоснабжения. *Environmental Health Perspectives*, том 124, номер 10, страницы 1583-1591, [doi: 10.1289/EHP160](https://doi.org/10.1289/EHP160).
- DeSimone, L.A., P.A. Hamilton и R.J. Gilliom, 2009, Качество воды из бытовых скважин в основных водоносных горизонтах Соединенных Штатов, 1991–2004 гг. — Обзор основных результатов. Геологическая служба США, циркуляр 1332, 48 страниц, <https://pubs.usgs.gov/circ/circ1332/>.
- DeSimone, L.A., P.B. McMahon и M.R. Rosen, 2014, Качество вод нашей страны — Качество воды в основных водоносных горизонтах Соединенных Штатов, 1991–2010. Геологическая служба США, Циркуляр 1360, 151 страница, [doi: 10.3133/cir1360](https://doi.org/10.3133/cir1360).
- Dieter, C.A. и M.A. Maupin, 2017, Общественное водоснабжение и водопользование в Соединенных Штатах, 2015. Геологическая служба США, Отчет открытого файла 2017-1131, 6 страниц, [doi: 10.3133/ofr20171131](https://doi.org/10.3133/ofr20171131).
- Dieter, C.A., M.A. Maupin, R.R. Caldwell, M.A. Harris, T.I. Ivahnenko, J.K. Lovelace, N.L. Barber и K.S. Linsey, 2018, Estimated use of water in the United States in 2015. Геологическая служба США, циркуляр 1441, 65 страниц, [doi: 10.3133/cir1441](https://doi.org/10.3133/cir1441).
- Doyle, S., 2019, Smartphone biosensor detects arsenic in drinking water. Журнал *Engineering and Technology*, март 2019, Институт инженерии и технологий, <https://eandt.theiet.org/content/articles/2019/03/smartphone-biosensor-detects-arsenic-in-drinking-water/>.
- Drage, J. и G.W. Kennedy, 2020, Building a low-cost, Internet-of-Things, real-time, level monitoring network. Мониторинг и восстановление подземных вод, том 40, номер 4, страницы 67-73, [doi: 10.1111/gwmr.12408](https://doi.org/10.1111/gwmr.12408).
- Dubrovsky, N.M., K.R. Burow, G.M. Clark, J.M. Gronberg, P.A. Hamilton, K.J. Hitt, D.K. Mueller, M.D. Munn, B.T. Nolan, L.J. Puckett, M.G. Rupert, T.M. Short, N.E. Spahr, L.A. Sprague и W.G. Wilber, 2010, Качество вод нашей страны — Питательные вещества в ручьях и подземных водах страны, 1992-2004. Геологическая служба США, Циркуляр 1350, 174 страницы, <https://pubs.usgs.gov/circ/1350/>.
- Dummer, T.J.B., Z.M. Yu, L. Nauta, J.D. Murimboh и L. Parker, 2015, Геостатистическое моделирование мышьяка в колодцах с питьевой водой и связанных с ними концентраций мышьяка в ногтях ног по всей Новой Шотландии, Канада. *Science of the Total Environment*, том 505, страницы 1248-1258, [doi: 10.1016/j.scitotenv.2014.02.055](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.02.055).

- DWI, 2020, Drinking Water Inspectorate, Питьевая вода 2019 — Частные системы водоснабжения в Англии. Drinking Water Inspectorate, 77 страниц, <https://cdn.dwi.gov.uk/wp-content/uploads/2020/12/07081721/PWS-2019-England-1.pdf>.
- Embrey, S.S. и D.L. Runkle, 2006, Микробное качество ресурсов подземных вод страны, 1993-2004. Геологическая служба США, Отчет о научных исследованиях 2006-5290, 34 страницы, <https://pubs.usgs.gov/sir/2006/5290/index.html>. Environment Canada, 2011, Все говорят о воде — пора действовать. Информационный бюллетень Environment Canada, 8 страниц, <https://pubs.usgs.gov/sir/2006/5290/index.html>.
- Environment Canada, 2011, Все говорят о воде — пора действовать. Информационный бюллетень Environment Canada, 8 страниц, http://publications.gc.ca/collections/collection_2011/ec/En4-119-2010-eng.pdf.
- EurEau, 2017, Вода Европы в цифрах — Обзор европейских секторов питьевой воды и сточных вод, издание 2017 года. Европейская федерация национальных ассоциаций служб водоснабжения, Брюссель, Бельгия, 22 страницы, <https://www.eureau.org/resources/publications/1460-eureau-data-report-2017-1/file>.
- Famiglietti, J., 2014, Глобальный кризис подземных вод. Nature Climate Change, том 4, страницы 945-948, [doi: 10.1038/nclimate2425](https://doi.org/10.1038/nclimate2425).
- Fischer, A., R. Hope, A. Manandhar, S. Hoque, T. Foster, A. Hakim, M.S. Islam и D. Bradley, 2020, Рискованные обязанности для сельских учреждений по обеспечению питьевой водой: случай нерегулируемого самоснабжения в Бангладеш. Глобальные изменения окружающей среды, том 65, номер статьи 102152, [doi: 10.1016/j.gloenvcha.2020.102152](https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2020.102152).
- Flanagan, S.V., R.B. Johnston и Y. Zheng, 2012, Мышь в воде из скважин в Бангладеш: воздействие на здоровье и экономику и последствия снижения содержания мышьяка. Бюллетень Всемирной организации здравоохранения, том 90, номер 11, страницы 839-846, [doi: 10.2471/BLT.11.101253](https://doi.org/10.2471/BLT.11.101253).
- Foster. Priadi, K.K. Kotra, M. Odagiri, E. Christensen Rand, и J. Willetts, 2021, Самостоятельное снабжение питьевой водой в странах с низким и средним уровнем дохода в Азиатско-Тихоокеанском регионе. Clean Water, том 4, номер 37, [doi: 10.1038/s41545-021-00121-6](https://doi.org/10.1038/s41545-021-00121-6).
- Gibson, J.M., M. Fisher, A. Clonch, J.M. MacDonald, и P.J. Cook 2020, Дети, пьющие воду из частных колодцев, имеют более высокий уровень свинца в крови, чем те, кто пьет городскую воду. Труды Национальной академии наук США, том 117, номер 29, страницы 16898-16907,

- [doi: 10.1073/pnas.2002729117](https://doi.org/10.1073/pnas.2002729117).
- Goss, M.J., D.A.J. Barry, и D.L. Rudolph, 1998, Загрязнение в бытовых колодцах фермерских хозяйств Онтарио и его связь с сельским хозяйством: 1. Результаты, полученные из колодцев с питьевой водой. Журнал гидрологии загрязнений, том 32, выпуски 3-4, страницы 267-293, [doi: 10.1016/S0169-7722\(98\)00054-0](https://doi.org/10.1016/S0169-7722(98)00054-0).
- Grantham, D.A., 1986, Наличие и значение урана, радия и радона в водоснабжении Новой Шотландии — Отчет о расследовании, проведенном провинциальной целевой группой по урану. Департамент здравоохранения Новой Шотландии, Департамент горнодобывающей промышленности и энергетики Новой Шотландии, Открытый отчет 1986-070, 256 страниц,, [https://novascotia.ca/natr/meb/data/ofr/OFR ME 1986-070 2.pdf](https://novascotia.ca/natr/meb/data/ofr/OFR_ME_1986-070_2.pdf).
- Grantham, D.A. и J.F. Jones, 1977, Загрязнение мышьяком скважин в Новой Шотландии. Журнал Американской ассоциации водопроводных сооружений, том 69, выпуск 12, страницы 653-657, [doi: 10.1002/j.1551-8833.1977.tb06844.x](https://doi.org/10.1002/j.1551-8833.1977.tb06844.x).
- Haque, E., B.J. Mailloux, D. de Wolff, S. Gilioli, C. Kelly, E. Ahmed, C. Small, K.M. Ahmed, A. van Geen, и B.C. Bostick, 2018, Количественные концентрации мышьяка в питьевой воде в полевых условиях с использованием фотометрии мобильных телефонов полевых комплектов, Science of The Total Environment, том 618, страницы 579-585, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.12.123>.
- Hoffman, T., P. Hynds, C. Schuster-Wallace, S. Dickson-Anderson и A. Majury, 2019, Использование интеллектуальных технологий для оценки рисков частных скважин и коммуникации. Water Security, том 6, номер статьи 100026, [doi: 10.1016/j.wasec.2019.100026](https://doi.org/10.1016/j.wasec.2019.100026).
- Hynds, P.D., B.D. Misstear и L.W. Gill, 2013, Нерегулируемые частные скважины в Республике Ирландия: осведомленность потребителей, восприимчивость источника и защитные действия. Journal of Environmental Management, том 127, страницы 278-288, [...doi: 10.1016/j.jenvman.2013.05.025](https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2013.05.025).
- Hynds P.D., M.K. Thomas и K.D.M. Pintar, 2014, Загрязнение систем подземных вод в США и Канаде кишечными патогенами, 1990-2013: обзор и объединенный анализ. PLoS ONE, том 9, выпуск 5, номер статьи e93301, [doi: 10.1371/journal.pone.0093301](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0093301).
- Japan MHLW, 2020, Министерство здравоохранения, труда и социального обеспечения, Водоснабжение в Японии. Министерство здравоохранения, труда и социального обеспечения Японии,, https://www.mhlw.go.jp/english/policy/health/water_supply/menu.html.

- Jasechko, S. и D. Perrone, 2020, Скважины подземных вод в Центральной долине Калифорнии пересыхают во время недавней засухи. Будущее Земли, том 8, номер статьи e2019EF001339, страницы 1-12, [doi: 10.1029/2019EF001339](https://doi.org/10.1029/2019EF001339).
- Jasechko, S. и D. Perrone, 2021, Глобальные скважины подземных вод под угрозой иссякания. Наука, том 372, выпуск 6540, страницы 418-421, [doi: 10.1126/science.abc2755](https://doi.org/10.1126/science.abc2755).
- Johnson, T.D., K. Belitz, и M.A. Lombard, 2019, Оценка расположения внутренних скважин и населения, обслуживаемого в смежных районах США в 2000 и 2010 годах. Наука об окружающей среде в целом, том 687, страницы 1261-1273 [doi: 10.1016/j.scitotenv.2019.06.036](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.06.036).
- Johnston, R., H. Heijnen, и P. Wurzel, 2001, Технология безопасной воды, Глава 6 в Сводном докладе Организации Объединенных Наций о мышьяке в питьевой воде. Всемирная организация здравоохранения, 390 страниц, https://www.ircwash.org/sites/default/files/UNACC_2001-United.pdf.
- Kennedy, G.W., 2020, Личное сообщение. Кеннеди, Г. В., 2022, Базы данных записей о скважинах для воды и их использование. Проект по грунтовым водам, Гвельф, Онтарио, Канада, <https://gw-project.org/books/>.
- Kennedy, G.W., J. Drage, и G. Check, 2017, Разработка индексов для оценки потенциального воздействия засухи на частные скважины в Новой Шотландии. Конференция GeoOttawa 2017, 1-4 октября 2017 г., Оттава, Онтарио, Канада, https://novascotia.ca/natr/meb/data/pubs/cs/cs_me_2017-005.pdf.
- Kennedy, G.W. и A. Polegato, 2017, Откуда берется наша водопроводная вода? Анализ демографических показателей источников и поставок бытового водоснабжения в Новой Шотландии. Департамент природных ресурсов Новой Шотландии, Геонауки и горнодобывающая промышленность, Открытый отчет ME 2017-004, https://novascotia.ca/natr/meb/data/pubs/17ofr04/ofr_me_2017-004.pdf.
- Knobeloch, L., P. Gorski, M. Christenson и H. Anderson, 2013, Качество питьевой воды в частном секторе в сельской местности штата Висконсин. J Environ Health, том 75, номер 7, идентификатор статьи PMID 23505770, страницы 16–20, <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23505770/>.
- Krauss, S. и C. Griebler, 2011, Патогенные микроорганизмы и вирусы в подземных водах. Acatech, 70 страниц, <https://en.acatech.de/publication/pathogenic-microorganisms-and-viruses-in-groundwater/>.
- Kundu, D.K., B.J.M. van Vliet и A. Gupta, 2016, The Consolidation of Deep Tube Well Technology Supply in Safe Drinking Water: the case of Arsenic mitigation in rural

- Bangladesh. Asian Journal of Technology Innovation, том 24, номер 2, страницы 254-273,
[doi: 10.1080/19761597.2016.1190286](https://doi.org/10.1080/19761597.2016.1190286)↗.
- Langley, R. L., Y. Kao, S.A. Mort, A. Bateman, B.D. Simpson и B.J. Reich, 2015, Adverse neurodevelopmental effects and the loud loss in children associated with margin in the well water, North Carolina, USA. Журнал «Экологическая и профессиональная наука», том 4, выпуск 2, страницы 62–69,
[doi: 10.5455/jeos.20150403060427](https://doi.org/10.5455/jeos.20150403060427)↗.
- Latchmore, T., P. Hynds, R. S. Brown, C. Schuster-Wallace, S. Dickson-Anderson, K. McDermott, и A. Majury, 2020, Анализ большого пространственно-временного набора данных о качестве подземных вод, Онтарио 2010–2017: Информирование об оценке риска для здоровья человека и руководство по тестированию для частных скважин с питьевой водой. Наука об общей окружающей среде, том 738, номер статьи 140382,
[doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.140382](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140382)↗.
- Lee, D. и H.M. Murphy, 2020, Частные колодцы и сельское здоровье: загрязнители подземных вод, вызывающие растущую обеспокоенность. Текущие отчеты об охране окружающей среды и здоровья, том 7, страницы 129–139,
[doi: 10.1007/s40572-020-00267-4](https://doi.org/10.1007/s40572-020-00267-4)↗.
- Lee Pow Jackson, C. и M. Zarate-Bermudez, 2019, Воздействие загрязняющих веществ среди пользователей частных колодцев в Северной Каролине: усиление роли общественного здравоохранения. Журнал охраны окружающей среды и здоровья, том 81, номер 8, страницы 36–38
<https://www.neha.org/sites/default/files/jeh/JEH4.19-Column-Direct-From-CDC-EHS.pdf>↗.
- Letman, M.M., J. Drage, A.M. Ryan, C. Lake, и R. Jamieson, 2018, Разработка процедуры выщелачивания для оценки риска выщелачивания урана из-за утилизации отходов строительства и сноса. Waste Management, том 78, страницы 144-150,
[doi: 10.1016/j.wasman.2018.05.038](https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.05.038)↗.
- Macler, B. и J. Merkle,, 2000, Современные знания о микробных патогенах подземных вод и их контроле. Hydrogeology Journal, том 8, страницы 29-40,
[doi: 10.1007/PL00010972](https://doi.org/10.1007/PL00010972)↗.
- Mailloux, B.J., N.A. Procopio, M. Bakker, T. Chen, I. Choudhury, K.M. Ahmed, M.R.H. Mozumder, T. Ellis, S. Chillrud, и A. van Geen, 2021, Рекомендуемые интервалы отбора проб на мышьяк в частных скважинах. Groundwater, том 59, выпуск 1, страницы 80-89,
[doi: 10.1111/gwat.13020](https://doi.org/10.1111/gwat.13020)↗.
- Margat, J. и J. van der Gun, 2013, Groundwater Around the World; Географический синопсис. CRC Press, Taylor and Francis Group, Бока-Ратон, 372 страницы,

https://www.un-igrac.org/sites/default/files/resources/files/Groundwater_around_world.pdf↗.

- Moerman, D. и D. Briggins, 1994, Исследование обеспечения качества воды в фермерских колодцах Новой Шотландии; Заключительный отчет. Департамент сельского хозяйства и маркетинга Новой Шотландии и Департамент окружающей среды Новой Шотландии, 79 страниц, <https://novascotia.ca/nse/groundwater/docs/NSFarmWellWaterQualityAssuranceStudy1994.pdf>↗.
- Morris, L., S. Wilson, и W. Kelly, 2016, Методы проведения эффективной работы с владельцами частных скважин — обзор литературы и модельный подход. Журнал Water Health, том 14, выпуск 2, страницы 167–182, [doi: 10.2166/wh.2015.081](https://doi.org/10.2166/wh.2015.081)↗.
- Munene, A. и D.C. Hall, 2019, Факторы, влияющие на восприятие качества частной воды в Северной Америке: систематический обзор. Систематические обзоры, том 8, номер 111, [doi: 10.1186/s13643-019-1013-9](https://doi.org/10.1186/s13643-019-1013-9)↗.
- Murphy, H., M. Thomas, P. Schmidt, D. Medeiros, S. McFadyen, и K. Pintar, 2016, Оценка бремени острых желудочно-кишечных заболеваний, вызванных Giardia, Cryptosporidium, Campylobacter, E. coli O157 и норовирусом, связанным с частными колодцами и малыми системами водоснабжения в Канаде. Эпидемиология и инфекции, том 144, выпуск 7, страницы 1355-1370, [doi: 10.1017/S0950268815002071](https://doi.org/10.1017/S0950268815002071)↗.
- NIPH, 2017, Норвежский институт общественного здравоохранения, Питьевая вода в Норвегии. Норвежский институт общественного здравоохранения, Отчет о состоянии общественного здравоохранения, 4 страницы,, <https://www.fhi.no/en/op/hin/infectious-diseases/drinking-water-in-Norway/>↗.
- NJDEP, 2008, Департамент охраны окружающей среды Нью-Джерси, Программа проверки частных скважин — Результаты проверки скважин за сентябрь 2002 г. — апрель 2007 г. Департамент охраны окружающей среды Нью-Джерси, 75 страниц,, https://www.state.nj.us/dep/watersupply/pwta/pdf/pwta_report_final.pdf↗.
- Nova Scotia Environment, 2010, Руководство по утверждению грунтовых вод. Департамент окружающей среды Новой Шотландии, 19 страниц <https://novascotia.ca/nse/water/docs/guideToGroundwaterWithdrawalApprovals.pdf>↗.
- Nova Scotia Environment, 2011, Руководство по оценке подземных вод для обслуживания подразделений частными скважинами. Департамент окружающей среды Новой Шотландии, 33 страницы,, <https://novascotia.ca/nse/groundwater/docs/Guide.to.Groundwater.Assessments.for.Subdivision.Developments.pdf>↗,

- Nova Scotia Environment и Labour, 2004, Прежде чем построить скважину для воды. Департамент окружающей среды и труда Новой Шотландии, Галифакс, Новая Шотландия, Канада, 40 страниц, <https://novascotia.ca/nse/water/docs/ConstructWell.pdf>↗.
- Nowlan, L., 2005, Buried Treasure: Groundwater Permitting и Pricing in Canada. Фонд Уолтера и Дункана Гордона, 118 страниц, https://waterbucket.ca/wcp/files/2006/12/Linda-Nowlan_Buried-Treasure_2005.pdf↗.
- NZMH, 2020, Министерство здравоохранения Новой Зеландии, Ежегодный отчет о качестве питьевой воды. Веллингтон: Министерство здравоохранения, 101 страница, <https://www.health.govt.nz/system/files/documents/publications/annual-report-drinking-water-quality-2018-2019-25june2020.pdf>↗.
- O'Dwyer, J., 2018, Применение риска подземных вод для местных оценок (GRAppLE). Департамент коммуникаций, изменения климата и окружающей среды Ирландии и Геологическая служба Ирландии, Исследовательская программа, Короткие вызовы, Заключительный отчет, 10 страниц, https://www.gsi.ie/documents/2017-sc-045_FinalReport_O%27Dwyer.pdf↗.
- Olafsen Lackey, S., W.F. Myers, T.C. Christopherson, и J.J. Gottula, 2009, Целевая группа по затирке Небраски, исследование на месте материала затирки 2001–2006 и испытания красителя 2007 года. Университет Небраски – Линкольн, Отдел охраны природы и обследования, номер 413, 39 страниц, <https://digitalcommons.unl.edu/conservationsurvey/413>↗.
- Министерство окружающей среды и энергетики Онтарио, 1996, Процедура D-5-5 Техническое руководство для частных скважин: Оценка водоснабжения. Онтарио, Канада, 11 страниц, <https://www.ontario.ca/page/d-5-5-private-wells-water-supply-assessment>↗.
- Owusu, C., G.S. Silverman, D.S. Vinson, R. Paul, K.M. Baker, и E.M. Delmelle, 2021, Прогнозирование присутствия кишечной палочки в частных колодцах в зависимости от характеристик колодца, размера участка и рейтинга почвы поля выщелачивания. Science of the Total Environment, том 758, номер статьи 143701, [doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.143701](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143701)↗.
- Penstone, K. и J. Howe, 2020, Национальная программа по радону: поведенческое исследование 2020 г., Заключительный отчет. Health Canada и Deloitte, 28 страниц, <https://www.canada.ca/en/health-canada/services/publications/science-research-data/compilation-research-abstracts-2019-2020.html#112>↗.
- Perrone, D. и S. Jasechko, 2017, Сухие подземные воды на западе США, Environmental Research Letters, том 12, номер 10, номер статьи 104002, [doi: 10.1088/1748-9326/aa8ac0](https://doi.org/10.1088/1748-9326/aa8ac0)↗.

- Pieper, K.J., L.A. Krometis, D.L. Gallagher, B.L. Benham, и M. Edwards, 2015, Распространенность свинца в частных системах питьевого водоснабжения в Вирджинии. Журнал «Вода и здоровье», том 13, выпуск 3, страницы 897–908, [doi: 10.2166/wh.2015.275](https://doi.org/10.2166/wh.2015.275)↗.
- Podgorski, J.E., P. Labhasetwar, D. Saha, и M. Berg, 2018, Прогнозное моделирование и картирование загрязнения подземных вод фторидом по всей Индии. Экологическая наука и технологии, том 52, выпуск 17, страницы 9889–9898, [doi: 10.1021/acs.est.8b01679](https://doi.org/10.1021/acs.est.8b01679)↗.
- Провинция Нью-Брансуик, 1993, Положение Нью-Брансуика 93–203 в соответствии с Законом о чистой воде (О.С. 93–979). Типография Queens для Нью-Брансуика, Канада, 8 страниц, <http://laws.gnb.ca/en/showfulldoc/cr/93-203//20201128>↗.
- Провинция Новая Шотландия, 2016 г., Пресс-релиз: Законодательные поправки помогут муниципалитетам поддержать жителей, испытывающих нехватку воды. Муниципальные дела Новой Шотландии, 3 страницы, <https://novascotia.ca/news/release/?id=20161103002>↗.
- Провинция Онтарио, 1990 г., Положение 903: Колодцы. Онтарио, Канада, 24 страницы, <https://www.ontario.ca/laws/regulation/900903#BK1>↗.
- Re, V. B.D.R. Misstear, 2017., Образование и развитие потенциала для управления ресурсами подземных вод в Advances in Groundwater Governance, редакторы К. Виллхолт, Лопес-Ганн, Конти, Гарридо. и ван дер Ган, Глава 11, CRC Press/Taylor and Francis, страницы 212-229, [doi: 10.1201/9781315210025](https://doi.org/10.1201/9781315210025)↗.
- Robertson, W., 2021, Влияние септических систем на качество подземных вод. Проект по грунтовым водам, Гвельф, Онтарио, Канада, 38 страниц, <https://gw-project.org/books/septic-system-impacts-on-groundwater-quality>↗.
- Samal, A.C., P. Bhattacharya, A. Mallick, M.M. Ali, J. Pyne, и S.C. Santra, 2015, Исследование по изучению загрязнения фторидом и оценке дозы воздействия фторида в латеритных зонах Западной Бенгалии, Индия. Environmental Science and Pollution Research International, том 22, номер 8, страницы 6220-6229 [doi: 10.1007/s11356-014-3817-4](https://doi.org/10.1007/s11356-014-3817-4)↗.
- Shamsudduha, M., G. Joseph, S.S. Haque, M.R. Khan, A. Zahid, и K.M.U. Ahmed, 2019, Многофакторные риски, связанные с грунтовыми водами, для водоснабжения с небольших глубин: проблемы достижения целей устойчивого развития в Бангладеш. Воздействие и здоровье, том 12, страницы 657-670, [doi: 10.1007/s12403-019-00325-9](https://doi.org/10.1007/s12403-019-00325-9)↗.
- Simpson, H., 2016, Частные сельские системы водоснабжения. Министерство сельского хозяйства, продовольствия и сельских дел провинции Онтарио, Информационный листок 15-047, 8 страниц, <http://www.omafra.gov.on.ca/english/engineer/facts/15-047.pdf>↗.

- Smith, A., M. Reacher, W. Smerdon, G.K. Adak, G. Nichols, и R.M. Chalmers, 2006, Вспышки кишечных инфекционных заболеваний, передающихся через воду, в Англии и Уэльсе, 1992-2003 гг. Эпидемиология и инфекции, том 134, выпуск 6, страницы 1141-1149, [doi: 10.1017/S0950268806006406](https://doi.org/10.1017/S0950268806006406).
- Smith, A.H., E.O. Lingas, и M. Rahman, 2000, Загрязнение питьевой воды мышьяком в Бангладеш: чрезвычайная ситуация в области общественного здравоохранения. Бюллетень Всемирной организации здравоохранения, том 78, номер 9, страницы 1093-1103, <https://www.who.int/bulletin/archives/78%289%291093.pdf?ua=1>.
- Smith, T., L.A. Krometis, C. Hagedorn, A.H. Lawrence, B. Benham, E. Ling, P. Ziegler, и S.W. Marmagas,, 2014, Связь между распространенностью фекальных индикаторных бактерий и демографическими данными в частных системах водоснабжения в Вирджинии. Журнал «Вода и здоровье», том 12, выпуск 4, страницы 824-834, [doi: 10.2166/wh.2014.026](https://doi.org/10.2166/wh.2014.026).
- Штат Канзас, 2013, Статья 30 — Лицензия подрядчика по скважинам; строительство скважин. Бюро водных ресурсов, Геологический отдел, Департамент здравоохранения и окружающей среды Канзаса, 33 страницы, https://sos.ks.gov/publications/pubs_kar_Regs.aspx?KAR=28-30.
- Статистическое управление Канады, 2017а, Обследование домохозяйств и окружающей среды, Основной источник воды в жилищах, <https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/en/tv.action?pid=3810027401>.
- Статистическое управление Канады, 2017b, Деятельность человека и окружающая среда 2016 — Деятельность человека и окружающая среда: Пресная вода в Канаде. Министр промышленности, 158 страниц, <https://www150.statcan.gc.ca/n1/pub/16-201-x/16-201-x2017000-eng.pdf>.
- Статистическое управление Канады, 2019 г., Потребление питьевой воды по секторам и среднесуточное потребление, <https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/en/tv.action?pid=3810027101>.
- Stokstad, E., 2020, Глубокий дефицит — Засухи выявили нерациональное использование грунтовых вод в Калифорнии — Теперь штат пытается пополнить свои водоносные горизонты. Наука, [doi: 10.1126/science.abc2671](https://doi.org/10.1126/science.abc2671).
- Sutton, S., 2021, Виртуальная презентация книги «Самоснабжение — заполнение пробелов в обеспечении общественного водоснабжения». Rural Water Supply Network — блог, <https://rwsn.blog/2021/04/21/virtual-launch-of-the-book-self-supply/>.

- Sutton, S. and J. Butterworth, 2021, Самоснабжение: заполнение пробелов в обеспечении общественного водоснабжения. Practical Action Publishing, 362 страницы,
[doi: 10.3362/9781780448190](https://doi.org/10.3362/9781780448190).
- Swistock, B.R., S. Clemens, W.E. Sharpe, and S. Rummel, 2013, Качество воды и управление частными колодцами питьевой воды в Пенсильвании. Журнал охраны окружающей среды, том 75, выпуск 6, страницы 60-66
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23397651/>.
- Umwelt Bundes Amt (Федеральное агентство по охране окружающей среды), 2012, Healthy water from private wells. Здоровая вода из частных колодцев. Umwelt Bundes Amt, пресс-релиз номер 13/2012, 2 страницы,
[https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/dokumente/pe12-013_healthy_water_from house wells1.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/dokumente/pe12-013_healthy_water_from_house_wells1.pdf).
- Организация Объединенных Наций, 2018, Перспективы мировой урбанизации: пересмотр 2018 года, Файл 1: Население городских и сельских районов в середине года (тыс.) и процент городского населения, 2018 год. Организация Объединенных Наций, Департамент по экономическим и социальным вопросам, Отдел народонаселения, <https://population.un.org/wup/Download/>.
- USEPA, 2019, Агентство по охране окружающей среды США, Узнайте о частных скважинах с водой. Агентство по охране окружающей среды США, <https://www.epa.gov/privatewells/learn-about-private-water-wells>.
- USGS, 2020, Геологическая служба США, Бытовые скважины в США, Где расположены бытовые скважины и сколько людей ими пользуются?
<https://ca.water.usgs.gov/projects/USGS-US-domestic-wells.html>.
- VanDerwerker, T., L. Zhang, E. Ling, B. Benham, and M. Schreiber, 2018, Оценка геологических источников мышьяка в воде из колодца в Вирджинии (США). Международный журнал исследований окружающей среды и общественного здравоохранения, том 15, выпуск 4, 787
[doi: 10.3390/ijerph15040787](https://doi.org/10.3390/ijerph15040787).
- Wallender, E.K., E.C. Ailes, J.S. Yoder, V.A. Roberts, and J.M. Brunkard, 2014, Факторы, способствующие вспышкам заболеваний, связанных с неочищенными грунтовыми водами. Подземные воды, том 52, выпуск 6, страницы 886-897,
[doi: 10.1111/gwat.12121](https://doi.org/10.1111/gwat.12121).
- Waller, R.M., 1994, Подземные воды и сельские домовладельцы. Геологическая служба США, 38 страниц, https://pubs.usgs.gov/gip/gw_ruralhomeowner/.
- ВОЗ, 2004, Всемирная организация здравоохранения, Фтор в питьевой воде — справочный документ для разработки руководящих принципов ВОЗ по качеству питьевой воды. Всемирная организация здравоохранения, Женева, 17 страниц
https://www.who.int/water_sanitation_health/dwg/chemicals/fluoride.pdf.

- ВОЗ, 2011, Всемирная организация здравоохранения, Сколько воды необходимо в чрезвычайных ситуациях. ВОЗ, Технические заметки о питьевой воде, санитарии и гигиене в чрезвычайных ситуациях, Техническая записка 9, Женева, 4 страницы, https://www.who.int/water_sanitation_health/publications/2011/tn9_how_much_water_en.pdf[↗].
- ВОЗ и ЮНИСЕФ, 2017, Всемирная организация здравоохранения и Детский фонд Организации Объединенных Наций, Прогресс в области питьевой воды, санитарии и гигиены: обновление 2017 года и исходные показатели ЦУР. ВОЗ и ЮНИСЕФ, Женева, 66 страниц, <https://www.who.int/mediacentre/news/releases/2017/launch-version-report-jmp-water-sanitation-hygiene.pdf>[↗].
- Департамент сельского хозяйства, торговли и защиты прав потребителей штата Висконсин, 2019 г., Отчет о целевом отборе проб, 2019 г. Департамент сельского хозяйства, торговли и защиты прав потребителей штата Висконсин, Отдел управления сельскохозяйственными ресурсами, Отдел качества окружающей среды, 23 страницы, <https://datcp.wi.gov/Documents/TargetedSamplingSummary2019.pdf>[↗].
- Департамент природных ресурсов штата Висконсин, 2005 г., Зона особой глубины обсадки скважин в округах Аутагаме и Виннебаго; Мышьяк в питьевой воде. Департамент природных ресурсов штата Висконсин и UW-Extension округ Виннебаго, 8 страниц <https://www.co.winnebago.wi.us/sites/default/files/uploaded-files/SpecCaseArsenic.pdf>[↗].
- Координационный совет по грунтовым водам Висконсина, 2020 г., Отчет законодательному органу, 2020 финансовый год. Штат Висконсин, 187 страниц, <https://dnr.wi.gov/topic/groundwater/documents/GCC/Report/FullReport.pdf>[↗].
- Van Halem, D., S.A. Bakker, G.L. Amy, and J.C. van Dijk, 2009, Мышьяк в питьевой воде. Всемирная проблема качества воды для компаний по водоснабжению. Питьевая вода и наука, том 2, страницы 29–34, [doi: 10.5194/dwes-2-29-2009](https://doi.org/10.5194/dwes-2-29-2009)[↗].
- Won, G., A. Gill ,and J. LeJune, 2013, Микробное качество и патогенные бактерии в частных скважинах, используемых для питьевой воды на северо-востоке Огайо. Журнал «Вода и здоровье», том 11, выпуск 3, страницы 555–562, [doi: 10.2166/wh.2013.247](https://doi.org/10.2166/wh.2013.247)[↗].
- Zheng, Y., 2017, Уроки, извлеченные из мер по снижению воздействия мышьяка в частных домохозяйствах с колодцами. Текущие отчеты об охране окружающей среды и здоровья, том 4, страницы [doi: 10.1007/s40572-017-0157-9k](https://doi.org/10.1007/s40572-017-0157-9k).

- Zheng, Y., 2020, Глобальные решения для тихого яда. Наука, том 368, выпуск 6493, страницы 818–819, [doi: 10.1126/science.abb9746](https://doi.org/10.1126/science.abb9746)↗.
- Zheng, Y. and J.D. Ayotte, 2015, На перекрестке: Оценка опасности и снижение рисков для здоровья от мышьяка в частных водах из колодца северо-востока США и Атлантической Канады. Наука об окружающей среде в целом, том 505, страницы 1237-1247 [doi: 10.1016/j.scitotenv.2014.10.089](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.10.089)↗.
- Zheng, Y. and S.V. Flanagan, 2017, Аргументы в пользу всеобщего скрининга качества воды из частных колодцев и скважин в США и требования к испытаниям для его достижения: доказательства от мышьяка. Перспективы охраны окружающей среды и здоровья, том 125, номер 8, номер статьи 085002, [doi: 10.1289/EHP629](https://doi.org/10.1289/EHP629)↗.
- Zogorski, J.S., J.M. Carter, T. Ivahnenko, W.W. Lapham, M.J. Moran, B.L. Rowe, P.J. Squillace, and P.L. Tocalino, 2006, Качество воды нашей страны, Летучие органические соединения в подземных водах страны и скважинах питьевого водоснабжения. Циркуляр Геологической службы США 1292, 101 страница, <https://pubs.usgs.gov/circ/circ1292/pdf/circular1292.pdf>↗.

12 Приложения

Приложение 1 - Сколько воды нужно из бытовой скважины?

В Соединенных Штатах среднее потребление воды для бытовых нужд составляет около 300 л/день на человека (Dieter and Maurin, 2017). Используя это количество в качестве примера, бытовая скважина, обслуживающий односемейное домохозяйство из четырех человек, должен обеспечивать 1200 л/день и должен быть в состоянии обеспечить это в течение двух часов, чтобы удовлетворить пиковые потребности в воде. Этого можно достичь с помощью комбинации дебита скважины и хранения воды. Компонент хранения может поставляться как из непроточной воды в скважине, так и/или из резервуара для хранения. Скважины с более высоким дебитом нуждаются в меньшем количестве воды для удовлетворения потребностей в количестве воды по сравнению со скважинами с более низким дебитом. Количество доступной воды, хранящейся в скважине, можно рассчитать на основе глубины колодца, диаметра скважины, статического уровня воды и допуска настройки всасывания насоса от дна скважины. Например, рассмотрим пробуренную скважину глубиной 20 м и диаметром 152 мм со статическим уровнем воды 5 м ниже поверхности земли, допуском настройки всасывания насоса 5 м (т. е. доступной высотой водяного столба 10 м и радиусом 0,076 м) и дебитом скважины 9 л/мин, что удовлетворит потребность в 1200 л/день, как показано на рисунке 1-1, и с использованием расчетов, описанных в таблице 1-1. Однако, если бы та же скважина имела более низкую производительность 6 л/мин, то она должна была бы быть не менее 40 м в глубину, чтобы удовлетворить потребность в 1200 л/день. Дополнительная вода, хранящаяся в обсадной колонне скважины глубиной 40 м, компенсирует более низкую производительность скважины во время пикового спроса. На рисунке 1-1 показаны примеры производительности и глубины скважин, которые могут удовлетворить потребность в 1200 л/день, а в таблице 1-1 показаны расчеты, использованные для подготовки рисунка.

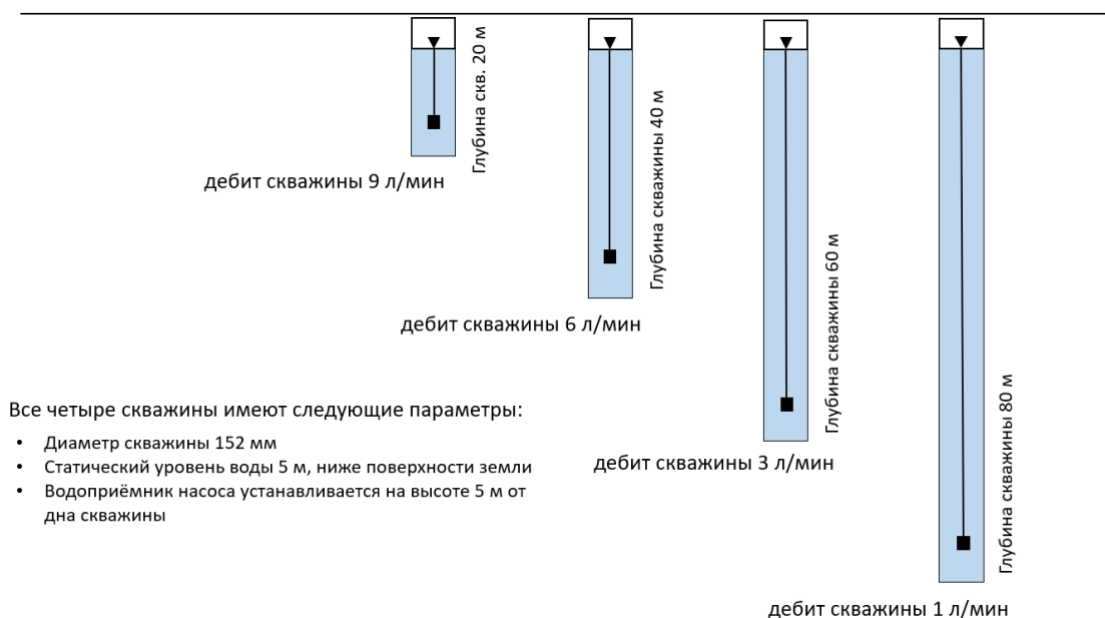


Рисунок 1-1. Скважины с различной производительностью и глубиной, которые могут удовлетворить потребности в бытовом количестве воды (измененная версия из Nova Scotia Environment and Labour, 2004).

Таблица 1.1 Расчеты объема воды для скважин, представленных на рисунке 1.1.

Глубина скважины (м)	Дебит скважины (л/мин)	Объем воды из суточного дебита скважины (л)	Объем воды из 2-часового дебита скважины (л)	Объем воды из хранения воды в скважине (л)	Общий объем воды, доступный из 2-часового дебита скважины и хранения воды (л)
20	9	12,960	1,080	181	1,261
40	6	8,640	720	544	1,264
60	3	4,320	360	907	1,267
80	1	1,440	120	1,270	1,390

Примечание:

1. Целевой объем подачи воды 1200 л/день предполагает, что домохозяйство состоит из четырех человек, каждый из которых потребляет 300 л/день.
2. Предполагается, что весь объем воды 1200 л/день необходимо будет поставлять в течение двух часов, чтобы удовлетворить пиковый спрос. Кроме того, дебит скважины должен быть в состоянии восполнять этот объем в 1200 л в течение 24 часов на постоянной ежедневной основе. Чтобы удовлетворить эти требования, столбцы в этой таблице под названием «Объем воды из дебита скважины за 24 часа» и «Общий объем воды, доступный из дебита скважины за 2 часа и хранения скважины» должны соответствовать или превышать целевой объем 1200 л/день.
3. Расчет «Объема воды из хранилища скважины» предполагает, что диаметр скважины составляет 152 мм, а доступный сброс в скважине равен глубине скважины минус 10 м (т. е. статический уровень воды в скважине составляет 5 м ниже поверхности земли, а допуск 5 м на дне скважины используется для настройки насоса на 3 м от дна и погружения насоса на 2 м). Формула выглядит следующим образом:

$$\text{Объем воды из хранилища скважины (л)} = (\text{Глубина скважины (м)} - 10 \text{ м}) \pi r^2 (1,000 \text{ Л/м}^3) = (\text{Глубина скважины (м)} - 10) (3.146) (0.152/2)^2 (1,000).$$

[Вернуться, где находится ссылка](#) ↑

Приложение 2 - Обнаруженное загрязнение бытовых скважин по последствиям для здоровья

В Бангладеш и Индии мышьяк в подземных водах был впервые обнаружен в бытовых колодцах в 1980-х годах после того, как у пациентов были диагностированы поражения кожи, вызванные мышьяком (Рисунок 2-1). Источник мышьяка в конечном итоге был обнаружен путем анализа воды из колодца и скважин, используемой пациентами. Последующее региональное обследование колодцев, включающее 200 деревень с предполагаемым загрязнением мышьяком, было проведено для определения масштабов проблемы мышьяка. Примерно в 62 процентах из 33 000 отобранных колодцев концентрация мышьяка превышала 100 мкг/л (Smith et al., 2000). После этого открытия Бангладеш внедрила программы по снижению воздействия мышьяка в воде из скважин, которые в первую очередь включают бурение более глубоких скважин, что позволяет избежать высоких уровней мышьяка, обнаруженных в местных неглубоких водоносных горизонтах (Kundu et al., 2016).

В Новой Шотландии, Канада, загрязнение мышьяком подземных вод было впервые обнаружено в 1976 году после того, как у пациента местной больницы была обнаружена хроническая интоксикация мышьяком. Было обнаружено, что источником мышьяка был домашний колодец пациента. Исторически колодцы в Новой Шотландии иногда строились путем облицовки стенок колодца богатой арсенопиритом пустой породой с мест золотодобычи. Концентрация мышьяка из колодца пациента составляла 5000 мкг/л (Grantham and Jones, 1977), что в 500 раз превышает действующие канадские нормы по питьевой воде (10 мкг/л). Это открытие привело к исследованию уровней мышьяка в подземных водах в бывших золотодобывающих районах по всей провинции. Исследования показали, что мышьяк не ограничивался золотодобывающими районами, а был проблемой всей провинции, связанной с естественным мышьяком, особенно в метаморфических и плутонических коренных водоносных горизонтах. По оценкам, около 20 процентов колодцев в провинции содержат мышьяк, превышающий нормативы качества питьевой воды, и в настоящее время в Новой Шотландии анализ воды из колодцев на наличие мышьяка является обычной практикой.



Рисунок 2-1. Поражения кожи, вызванные мышьяком в воде из колодца и скважин (фотография Всемирной организации здравоохранения (фотография Smith и др., 2000 г.).

Похожая ситуация произошла в Новой Шотландии, Канада, в 1978 г. В этом случае ранее неизвестное загрязнение подземных вод было обнаружено случайно, когда исследовательский проект в Университете Далхаузи изучал уровни различных металлов у населения в целом. Исследование обнаружило высокие уровни урана в образцах волос, взятых у одного из участников исследования. Дальнейшие исследования обнаружили источник урана до бытовой пробуренной скважины, где человек получал питьевую воду (Grantham, 1986.). В результате этого открытия в 1980-х годах были проведены региональные исследования воды из колодца и скважин, которые показали, что природный уран в подземных водах является проблемой всей провинции, особенно в плутонических и осадочных водоносных горизонтах. По оценкам, более 6 процентов бытовых скважин в провинции превышают норматив качества питьевой воды по урану (20 мкг/л). В настоящее время в Новой Шотландии стало обычным делом проводить анализ на наличие урана в воде из бытовых колодцев и скважин.

[Вернуться, где находится ссылка на текст 2](#) ↑

Приложение 3 - Загрязнение бытовых колодцев и скважин вблизи места захоронения отходов

Пример бытового колодца, загрязненного в результате промышленной деятельности, показан на рисунке Рисунок 3-1. Этот колодец расположен рядом с местом захоронения строительного и сносного мусора в Новой Шотландии, Канада. Место использовалось для хранения и транспортировки строительных отходов, таких как стеновые панели, бетон и кровельная черепица. Концентрация урана в этом колодце увеличилась примерно с 200 до 1400 мкг/л в течение восьмилетнего периода мониторинга, показанного на рисунке Вставки 3-1, что в 70 раз превышает канадский стандарт питьевой воды для урана (20 мкг/л).

В этом случае в фильтрате или отходах на месте нет урана. Однако предполагается, что фильтрат из отходов мигрировал в недра и вызвал мобилизацию природного урана в подстилающем коренном водоносном горизонте (Letman et al., 2018). Фильтрат содержит высокие уровни растворенного кальция из-за растворения гипса в отходах стеновой плиты, и это, как предполагается, привело к образованию подвижных комплексов кальция-уранил-карбоната. Этот пример демонстрирует, как антропогенная деятельность может вызвать неожиданную мобилизацию загрязняющих веществ, которая может повлиять на бытовые колодцы

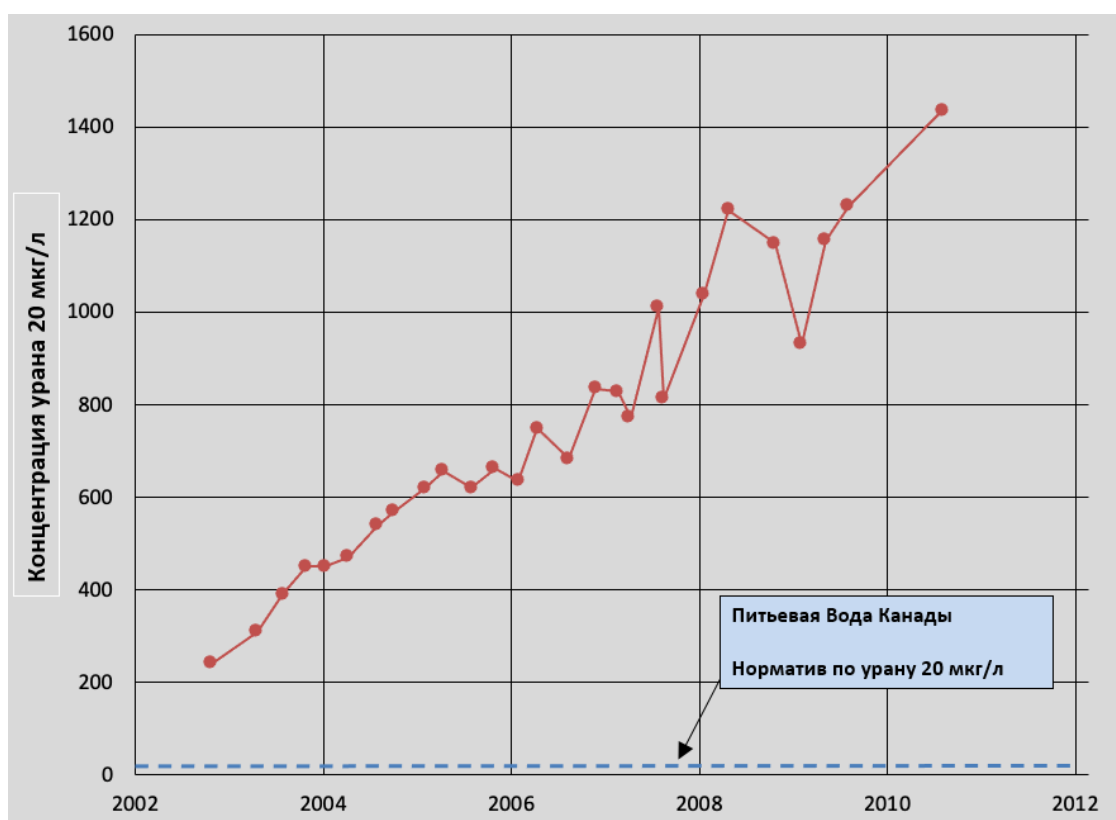


Рисунок 3-1. Концентрация урана в бытовой скважине, расположенной рядом с местом сноса зданий и захоронения мусора (изменено из Letman et al., 2018).

[Вернуться, где находится ссылка на текст Box 3](#) ↑

13 Решения упражнений

Решение упражнения 1

Определите, может ли скважина обеспечить ежедневный целевой объем водоснабжения для домохозяйства, следуя примеру расчетов в блоке 1. Целевой объем водоснабжения составляет 860 л/день из расчета на четырех человек, использующих 215 л/день на человека.

$$\text{Целевой объем воды} = 4 \text{ человек} * \frac{215 \frac{\text{Литр}}{\text{в сут}}}{\text{человек}} = 860 \text{ Л/сут}$$

Таким образом, скважина должна быть способна обеспечить 860 л/день и должна быть способна обеспечить это количество как на постоянной ежедневной основе, так и в течение двухчасового периода для удовлетворения пикового спроса на воду. Этого можно достичь с помощью комбинации дебита скважины и хранения воды. Объем воды, который может быть поставлен из двухчасового и суточного дебита скважины, составляет 240 л и 2880 л соответственно.

$$2 \text{ часовой дебит скважины} = 2 \text{ час} * 2 \frac{\text{Л}}{\text{мин}} * 60 \text{ мин/час} = 240 \text{ Л}$$

$$24 \text{ часовой дебит скважины} = 24 \text{ час} * 2 \frac{\text{Л}}{\text{мин}} * 60 \text{ мин/час} = 2,880 \text{ Л}$$

Количество доступной воды, хранящейся в скважине, рассчитывается на основе глубины скважины (50 м), диаметра скважины (152 мм), статического уровня воды (5 м) и допуска настройки насоса (5 м) и составляет 726 л.

$$\text{Объем скважины} = (\text{глубина скважины} - \text{статический уровень} - \text{установка насоса}) * \pi r^2 = (50 \text{ м} - 5 \text{ м} - 5 \text{ м}) * \pi \left(\frac{0.152 \text{ м}}{2}\right)^2 * 1,000 \text{ Л/м}^3 = 726 \text{ Л}$$

Общее количество воды, которое эта скважина может предоставить в течение двухчасового периода, составляет 966 л (т. е. путем сложения двухчасового дебита скважины (240 л) и объема скважины (726 л) вместе).

$$\begin{aligned} \text{Общее количество воды в течении 2 часа} &= 2 \text{ часовой дебит скважины} + \\ &\quad \text{хранение скважины} \\ &= 240 \text{ Л} + 726 = 966 \text{ Л} \end{aligned}$$

Сделан вывод, что колодец может удовлетворить потребности этого домохозяйства, поскольку целевой показатель водоснабжения 860 л/день

превышается как суточным дебитом колодца (2880 л/день), так и двухчасовым дебитом в сочетании с объемом колодца (966 л).

[Вернуться к упражнению 1](#) ↑

Решение упражнения 2

Найдите в Интернете рекомендации ВОЗ по содержанию мышьяка в питьевой воде. Например, на этой [веб-странице ВОЗ](#) ↑ указано, что текущий рекомендуемый предел содержания мышьяка в питьевой воде составляет 10 мкг/л. Концентрация мышьяка в колодце превышает этот предел, и поэтому вода не считается безопасной для питья. Владелец колодца должен либо очистить воду, чтобы снизить уровень мышьяка до уровня ниже 10 мкг/л (предпочтительно снизить уровень мышьяка до минимально возможного, чтобы минимизировать воздействие мышьяка), либо использовать другой источник питьевой воды, который соответствует рекомендациям по качеству питьевой воды (например, бутилированная вода, другой колодец, дождевая вода, очищенная поверхностная вода). Чтобы определить, соответствует ли концентрация мышьяка в этом колодце рекомендациям по питьевой воде в месте вашего проживания, найдите в Интернете рекомендации по питьевой воде, используемые в вашей юрисдикции.

[Вернуться к упражнению 2](#) ↑

Решение упражнения 3

Распространенные причины, по которым владельцы скважин не проверяют качество воды в своих скважинах, включают:

- отсутствие беспокойства;
- неудобство тестирования;
- стоимость тестирования.

Владельцы скважин также могут не знать о необходимости тестирования качества воды или не иметь знаний для проведения тестирования (например, где взять бутылки для образцов, по каким параметрам тестировать воду, где проанализировать образцы воды).

Примеры политик, которые могут побудить владельцев скважин в частном секторе проверять свои скважины, включают:

- обязательное тестирование при строительстве новой скважины; и,
- обязательное тестирование во время продажи недвижимости.

Примеры инициатив, которые могут устранить распространенные препятствия для тестирования качества воды, включают:

- программы обучения и информирования владельцев скважин, которые помогают повысить осведомленность о рисках, связанных с качеством воды в скважинах, и предоставляют информацию о том, как проверить качество воды в скважине (например, очные мероприятия по работе с общественностью и образовательные веб-сайты);
- сделать тестирование более удобным, предоставляя услуги по отбору проб воды из скважин,
- услуги по забору образцов, местные пункты сдачи образцов или варианты отправки образцов по почте;
- и, предоставление бесплатных или субсидируемых программ тестирования воды.

[Вернуться к упражнению 3](#) ↑

Решение упражнения 4

Несколько шагов можно предпринять во время планирования, строительства и эксплуатации скважины, чтобы защитить ее от загрязнения и обеспечить безопасность воды для питья.

1. На этапе планирования важно определить потенциальные источники загрязнения (такие как септические системы, нефтяные резервуары, фермерские и деятельность по разбрасыванию навоза) и держать скважину подальше от этих источников и, если возможно, поднять ее выше них.
2. Во время строительства скважины важно соблюдать местные правила строительства скважин (если применимо), включая использование надлежащих материалов для строительства скважин, надлежащую конструкцию скважин и лицензированного подрядчика по строительству скважин. Особенности конструкции скважины, которые помогают снизить риск загрязнения, включают в себя соответствующую обсадную трубу, кольцевое уплотнение и санитарную крышку скважины.
3. После того, как скважина введена в эксплуатацию, ее следует регулярно обслуживать (например, обсадную трубу и крышку скважины следует регулярно проверять, чтобы убедиться, что они в хорошем состоянии), а воду следует регулярно проверять. Владельцы скважин также должны поддерживать свою септическую систему и держать источники загрязнения подальше от своей скважины. Это включает в себя обеспечение надлежащего хранения нефти, красок и бытовых растворителей и их удаление от колодца, а также неиспользование газонных удобрений, пестицидов и противообледенительной соли для дорог вблизи колодца. Если используется оборудование для очистки воды, его следует обслуживать в соответствии с рекомендациями производителя и регулярно проверять, чтобы убедиться, что оно обеспечивает эффективную очистку.

[Вернуться к упражнению 4](#) ↑

14 Об авторе



Джон Дрейдж - старший гидрогеолог Геологической службы Новой Шотландии в Новой Шотландии, Канада. Он имеет степень бакалавра наук в области геологии в Университете Далхаузи и степень магистра наук в области гражданского строительства в Университете Нью-Брансуика. Джон работает над проектами по грунтовым водам и геологическим опасностям и фокусируется на предоставлении научных консультаций для поддержки управления и защиты подземных вод в Новой Шотландии. Его работа по геологическим опасностям включала картирование и повышение осведомленности о радоновом газе в воздухе помещений и карстовых воронках. Его работа по грунтовым водам включала исследования природных загрязнителей подземных вод, таких как мышьяк, уран и радионуклиды. Джон работал над улучшением регионального мониторинга подземных вод и разработал сеть на уровне сообщества в режиме реального времени для мониторинга уровня подземных вод с использованием недорогих датчиков в бытовых скважинах. Он внес вклад в несколько книг и журнальных статей и работал консультантом по геологическим и экологическим проектам в Канаде, Новой Зеландии, Австралии и на Филиппинах.

150 переводчике



Азиз Хакимов – в 2025 году он присоединился к инженерно-консалтинговой компании «Alterra Teams» Ташкент, Узбекистан, где координирует проекты по подготовке технико-экономических обоснований для стратегий модернизации орошения, сокращения энергопотребления и адаптации к изменению климата, направленных на повышение благосостояния сельских общин в Узбекистане. Имея прочную академическую базу, включая степень магистра в области управления водными ресурсами и обширный опыт полевых работ, он увлечен внедрением устойчивых методов в сельском хозяйстве, устойчивом развитии, изменении климата и управлении водными ресурсами. Азиз Хакимов также является выпускником университета "Aeres Hogeschool Dronten" в Дронтене (Нидерланды). Имея обширный опыт в управлении ресурсами подземных вод, системах орошения в сельском хозяйстве и экологической дипломатии, Азиз стремится содействовать устойчивым решениям для водных и климатических проблем. Его карьера охватывает роли в руководстве техническими проектами, исследовании подземных вод и международном сотрудничестве, работая вместе с глобальными организациями и экспертами над разработкой инновационных подходов к эффективному использованию и сохранению водных ресурсов. В ГУ «Узбекгидрогеология» он также участвовал в общественных инициативах, организовывал семинары, тренинги и конференции, на которых обучал политиков, специалистов по гидрогеологии и местные сообщества сохранению подземных вод. Одним из его ключевых вкладов было проведение мониторинга подземных вод и гидрогеологических исследований, гарантируя, что решения по управлению ресурсами основываются на точных данных. В течение своей карьеры он активно подчеркивал защиту подземных вод как жизненно важное действие, выступая за их устойчивое использование и повышая осведомленность общественности об их значимости. В сотрудничестве с коллегами из Геологической службы Финляндии он смог внести свой вклад в исследование, целью которого было определение гидрогеологической характеристики водоносного горизонта вдоль реки Ахангаран в Узбекистане.

Пожалуйста, рассмотрите возможность подписки на рассылку GW-Project и будьте в курсе об издании новых книг, мероприятий и возможностей для участия в GW-Project. Подписка на нашу рассылку помогает нам создать глобальное сообщество по подземным водам.

[Зарегистрируйтесь](#) .

