

Система многоуровневого мониторинга подземных вод

Water Flute

Модель 405

С 1996 года система **Water Flute** зарекомендовала себя как надёжная технология для высокоточного многоуровневого мониторинга подземных вод. Она предназначена для точечного отбора проб воды и измерений пьезометрических уровней в скважинах, пробурённых как в рыхлых отложениях, так и в трещиноватых породах.

В конструкции **Water Flute** используется гибкий рукав, который герметизирует ствол скважины по всей длине, кроме специально заданных интервалов отбора проб. В зависимости от диаметра скважины рукав может включать пятнадцать и более портов мониторинга.



В каждый выделенный интервал встраивается система газового насоса с собственным портом для отбора проб. Пробы подземных вод отбираются непосредственно из пласта, поскольку рукав **Water Flute** полностью расправляется и прижимается к стенкам скважины, исключая возможность смешивания вод из разных горизонтов. В каждой точке можно проводить ручные измерения уровня воды или устанавливать погружные датчики (преобразователи давления) для постоянного мониторинга.

Систему **Water Flute** можно устанавливать в скважинах диаметром от 100 мм (4 дюйма) до более чем 480 мм (19 дюймов). Успешно выполнены установки на глубину до 425 метров. За почти 20 лет эксплуатации системы **Water Flute** были установлены в 48 штатах США, а также во многих других странах.

Преимущества системы Water Flute

- Позволяет организовать более 15 изолированных зон отбора проб в пределах одной скважины.
- Снижает затраты и сокращает время полевых работ при получении высокоразрешённых данных о подземных горизонтах.
- Одновременная продувка и отбор проб из всех зон существенно повышают эффективность мониторинга.
- Обеспечивает непрерывную герметизацию ствола скважины и предотвращает миграцию флюидов между пластами.
- Ствол скважины не остаётся открытым, что исключает риск перекрёстного загрязнения.
- Не требуется цементирование или установка пакеров между интервалами.
- Порты для отбора проб легко локализуются и устанавливаются точно на заданной глубине.
- Быстрая установка как в устойчивых открытых стволах скважин, так и в обсаженных скважинах с перфорированными фильтрами.
- Все элементы системы совместимы с отбором проб на летучие органические соединения (ЛОС) и перфторалкильные соединения (ПФС).
- Рукав изготавливается методом термосварки без применения клеевых составов.
- Производится по индивидуальным проектам для различных диаметров и материалов в зависимости от специфики применения.
- Способен продвигаться через извилистые и переменного диаметра участки ствола скважины, недоступные для жёстких труб или штанг.
- Имеет гарантию производителя и может быть полностью демонтирован при необходимости.

Система Water Flute от Solinst — это современное и надёжное решение для гидрогеологических исследований и экологического мониторинга, позволяющее получать высококачественные и детализированные данные о состоянии подземных вод без риска перекрёстного загрязнения и с минимальными затратами времени и средств в полевых условиях.

Гибкие рукава Flute для многоуровневого мониторинга скважин

Гибкие рукава Flute представляют собой эластичные трубчатые оболочки, изготовленные из плотной нейлоновой ткани и запаиваемые с одного конца. При установке в скважину и создании избыточного давления (водой, воздухом или буровым раствором) рукав плотно прижимается к стенкам ствола скважины, обеспечивая герметичное разделение интервалов.

Рукава Flute производятся из тонкого нейлона или более прочного армированного материала с прочностью до 840 ден. Возможны диаметры от 50 мм до свыше 480 мм,

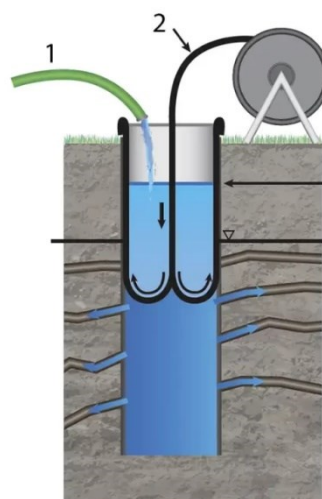


что позволяет использовать их в скважинах различного назначения и конструктивных особенностей.

Во время монтажа рукав разматывается с транспортной катушки, выворачиваясь наизнанку и образуя кольцевую полость. Эта кольцевая полость опускается внутрь обсадной колонны и фиксируется на устье скважины. Затем в полость заливают воду выше уровня грунтовых вод в скважине, создавая гидростатическое давление для начала процесса выворачивания.

Давление воды, обычно в диапазоне 1,5–3 м водяного столба, вызывает постепенное продвижение рукава вниз по стволу скважины с одновременным его выворачиванием. При этом рукав вытесняет воду из скважины в поровое пространство пласта или в трещины. В результате рукав плотно прилегает к стенкам скважины, обеспечивая надёжную герметизацию и исключая смешение воды из различных горизонтов.

Основные элементы процесса установки гибкого рукава Flute



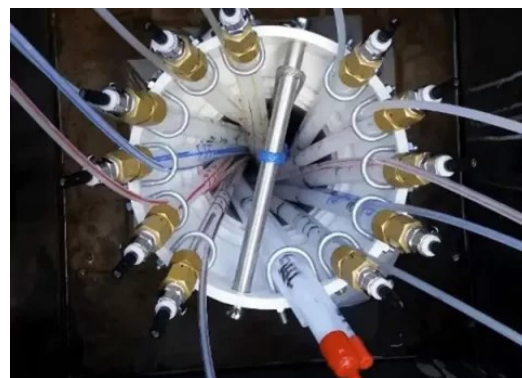
1. Подводящий шланг для подачи воды
2. Гибкий рукав Flute
3. Рукав на катушке (вывернутый наизнанку)
4. Уровень воды внутри рукава
5. Статический уровень грунтовых вод
6. Выдавливание скважинной воды в поровое пространство или её откачка из-под рукава

Такая технология позволяет создавать высокоэффективные системы многоуровневого мониторинга подземных вод, обеспечивая качественную изоляцию интервалов скважины и получение достоверных данных о состоянии подземных горизонтов.

Установка системы Water Flute

Система многоуровневого мониторинга подземных вод **Water Flute** обычно устанавливается в открытые скважины в трещиноватых породах методом выворачивания рукава, по технологии, аналогичной установке глухого рукава.

Также возможна установка в рыхлых отложениях с использованием скважин, оборудованных обсадной колонной с несколькими фильтрами.



Выбор метода установки и режим работы системы Water Flute зависит от следующих факторов:

- глубины и диаметра скважины;
- проницаемости пород в интервале установки;

- положения уровня грунтовых вод;
- скорости подачи воды для заполнения рукава при его развёртывании.

Если скважина слишком узкая, и давление внутри рукава не обеспечивает вытеснение воды в пласт, возможна установка вспомогательной трубки для откачки воды снизу до начала развёртывания. После завершения установки эта трубка удаляется, что позволяет сформировать непрерывный герметичный контакт рукава со стенками скважины.

Система также может применяться в условиях напорных скважин, где используется постоянное цементное уплотнение устья.

Учитывая габариты насосных линий и других конструктивных элементов системы, насосный блок полностью герметизируется, соединяется с рукавом и одновременно опускается в скважину в процессе его выворачивания.

Обустройство устья скважины

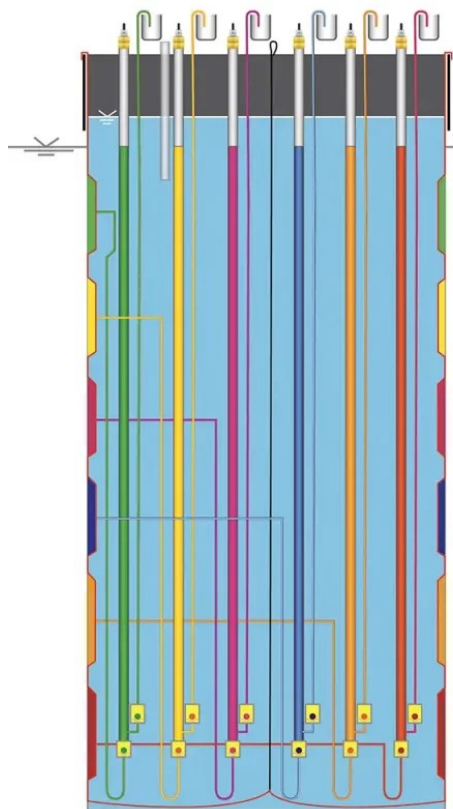


Дополнительной герметизации снаружи (цемент, песок, бентонит) не требуется. Рукав Water Flute обеспечивает полную изоляцию ствола скважины, а отбор проб осуществляется непосредственно из породы, минуя смешение вод.

Для защиты устья при наземном окончании скважины может использоваться запираемая герметичная крышка **Solinst Flute Locking Wellhead Cover**.

Количество зон мониторинга на одну скважину

Максимальное количество зон отбора проб определяется внутренним диаметром скважины. Примерное распределение числа портов для отбора по диаметрам следующее:



Диаметр скважины	Количество зон
102 мм (4")	6
127 мм (5")	10
152 мм (6")	15
203 мм (8")	20

Система отбора проб Water Flute с шестью портами

Отбор проб подземных вод с помощью системы Water Flute

После установки системы Water Flute вода из водоносного горизонта поступает через фильтр в отборный порт и поднимается по трубке внутри рукава. Далее вода проходит через первый обратный клапан и заполняет оба колена U-образной трубки — трубку насоса и трубку отбора пробы — до уровня, соответствующего пьезометрическому напору в водоносном горизонте.

Уровень воды в насосной трубке можно измерить с поверхности с помощью нивелира уровня воды. Подробную процедуру отбора проб можно найти на сайте производителя. Для продувки и отбора проб в системе Water Flute в насосные трубки подаётся давление газа. При подаче давления первый обратный клапан закрывается, и вода выдавливается через второй обратный клапан по трубке отбора пробы на поверхность.

Процедура повторяется несколько раз для продувки системы и последующего отбора проб. Все интервалы могут продуваться и отбираться одновременно. Объёмы пробы и продувки достаточно велики и обычно составляют около 4 литров за один цикл работы насоса.

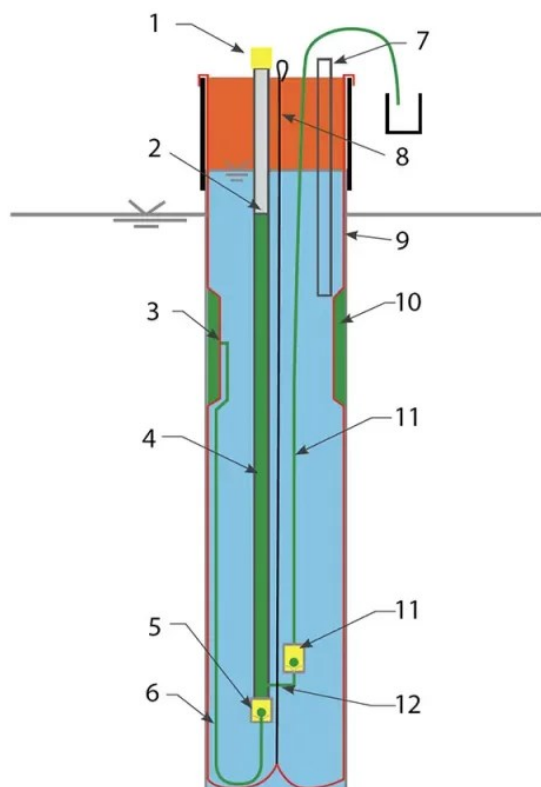
Система Water Flute идеально подходит для отбора проб на содержание летучих органических соединений (ЛОС), поскольку при её работе не происходит аэрирования пробы.

Для неглубоких скважин возможно также использование перистальтического насоса для отбора проб подземных вод. Для получения дополнительной информации рекомендуется связаться с представителями Solinst Flute.

Высококачественные дискретные пробы подземных вод отбираются непосредственно из водоносного горизонта, поскольку система Water Flute плотно прилегает к стенкам скважины по всей длине установки.

Система отбора проб Water Flute

(на иллюстрации показана конфигурация с одним портом для наглядного понимания компонентов системы)



1. Быстросъёмное соединение насоса
2. Пьезометрический уровень в насосной трубке
3. Порт в интервале за распоркой через рукав
4. Насосная трубка
5. Первый обратный клапан
6. Порт к насосной трубке
7. Контрольная трубка (Tag Tube)
8. Подвеска трубчатого пучка
9. Уплотняющий рукав
10. Распорка, задающая интервал наблюдения
11. Трубка отбора пробы
12. Второй обратный клапан
13. Нижняя точка U-образной системы

Применение системы Water Flute в полевых условиях

- Многоуровневый отбор проб и мониторинг уровней грунтовых вод в рыхлых отложениях и скальных породах
- Определение и оценка как вертикального, так и горизонтального распределения загрязнителей
- Выявление и анализ направлений и схем течения грунтовых вод
- Трёхмерная характеристика участка исследования
- Система раннего предупреждения и обнаружения миграции загрязнителей

- Мониторинг эффективности естественной биодegradации и мероприятий по рекультивации
- Контроль содержания летучих органических соединений (ЛОС), метил tert-бутилового эфира (MTBE) и перхлоратов на объектах с нелетучими органическими загрязнителями (NAPL)
- Выбор оптимального местоположения реактивных барьерных стен, установки Эмиттера Waterloo 703 и других методов очистки
- Помощь в оптимизации проектирования и оценке эффективности мероприятий по рекультивации



Значение многоуровневого мониторинга подземных вод

Многоуровневый мониторинг подземных вод предполагает создание серии изолированных интервалов на различных глубинах в пределах одной скважины. Этот метод высокоточного профилирования подземных горизонтов имеет ряд преимуществ:

- **Подробные данные о подземных условиях:** обеспечивает всестороннюю информацию для точной трёхмерной оценки участка, включая горизонтальное и вертикальное распределение концентраций загрязнителей и направление течений.
- **Преодоление проблем длинных фильтров:** короткие многоуровневые фильтры исключают смешивание химического состава воды вдоль всей длины фильтра, что характерно для длинных фильтров.
- **Предотвращение перекрёстного загрязнения:** надёжная изоляция уровней в многоуровневой скважине исключает возможность естественного перетока воды между зонами, предотвращая перекрёстное загрязнение и неконтролируемые потоки.
- **Экономическая эффективность:** установка многоуровневой скважины является более экономичной альтернативой бурению нескольких одиночных скважин, снижая воздействие на участок, уменьшая количество необходимых разрешений и сокращая время полевых работ.

- **Повышение эффективности полевых операций:** уменьшение объемов промывки, повышение скорости отбора проб и быстрое реагирование на изменения давления в трубках малого диаметра сокращают время на объекте и минимизируют количество отходов.
- **Улучшение стратегий рекультивации:** позволяет контролировать толщину загрязнённой зоны (**плу́ма**), динамику концентраций, перемещение и границы загрязнения во времени, что способствует разработке более эффективных мер очистки.

