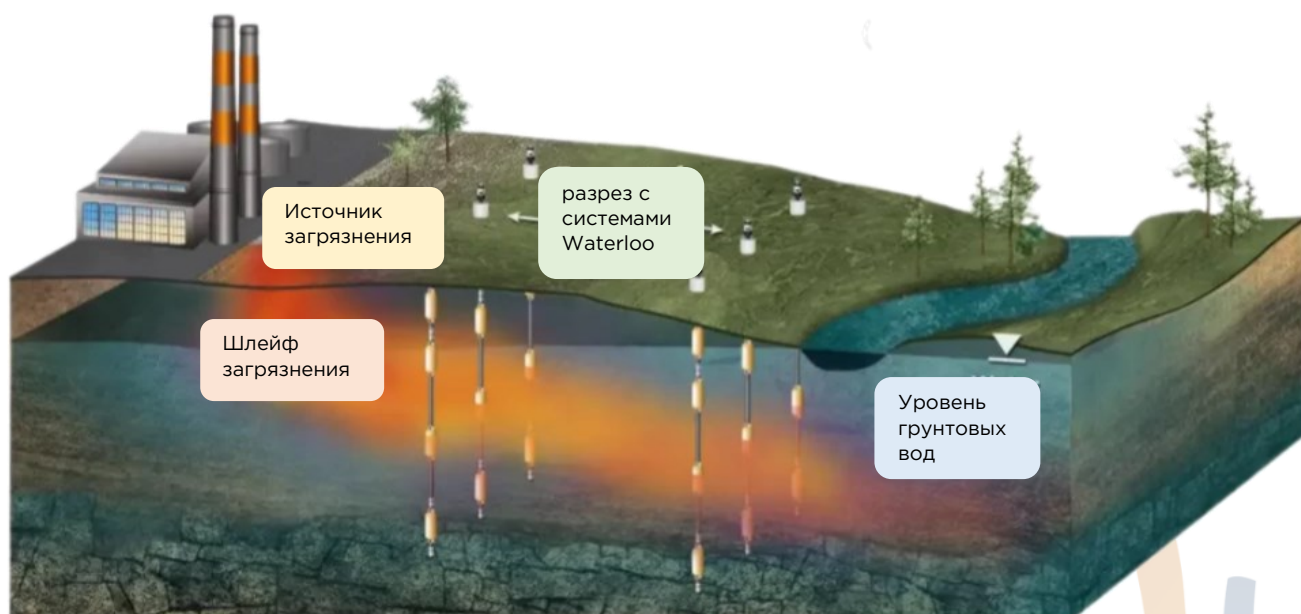


Многоуровневая система мониторинга

Solinst 401 Waterloo



Многоуровневая система Solinst Waterloo предназначена для отбора проб подземных вод, измерения пьезометрического уровня и гидропроводности в нескольких изолированных зонах одной скважины.

Система была разработана в 1984 году доктором Джоном Черри в Институте подземных вод Университета Ватерлоо. С тех пор компания Solinst постоянно развивает и совершенствует конструкцию по эксклюзивной лицензии Университета Ватерлоо.

Модульная конструкция системы обеспечивает гибкость при проектировании и позволяет точно размещать пакеры и порты на требуемых глубинах. Герметичные соединения и возможность установки отдельных систем отбора проб и уровнемеров позволяют использовать оборудование на глубинах до 300 м. Системы могут устанавливаться в скважины диаметром от 3-4 дюймов и более. Доступны различные конфигурации для бурения в коренных породах, в наносах или в комбинированных условиях.

Применение системы Waterloo позволяет значительно сократить затраты и время полевых работ за счёт уменьшения числа буровых скважин, снижения степени нарушения участка, уменьшения объёма прокачки и ускорения процесса отбора проб. Установка нескольких систем на объекте обеспечивает получение детализированной трёхмерной информации о состоянии подземных вод, что способствует принятию более обоснованных решений и повышает точность оценки риска и характеристик участка. Система позволяет отслеживать миграцию загрязняющих веществ, контролировать естественную самоочистку и оценивать эффективность мероприятий по ремедиации.

Преимущества системы Waterloo

- Детализированные данные о глубинных потоках и концентрациях загрязнителей
- Снижение затрат на бурение и полевые работы
- Сокращение времени на отбор и откачку проб
- Меньшее количество буровых скважин
- Минимальные нарушения на площадке
- Широкий выбор конфигураций
- Изолированный отбор проб из отдельных загрязнённых зон
- Высокое разрешение при построении геологической модели участка

Производится по эксклюзивной лицензии Университета Ватерлоо. Патент Канады №1232836, патент США №5048605, международные патенты.

Трёхмерная детализация

Использование нескольких систем Waterloo на площадке позволяет получить подробную трёхмерную информацию о подземных водах при разумных затратах. Количество скважин сокращается, а время мониторинга значительно уменьшается.

Модульная конструкция позволяет адаптировать систему под конкретные условия участка, включая закладку зон мониторинга на нужных глубинах. Доступны варианты для коренных пород, наносов или их сочетания.

Мониторинг по дискретным интервалам — единственный способ получения точных данных для интерпретации условий участка. Системы, размещённые по трансекте, обеспечивают данные, необходимые для расчёта потока массы загрязнителя (mass flux) и достоверной оценки экологических рисков.

Независимый контроль каждой зоны

Система Waterloo предусматривает возможность использования как отдельных насосов, так и вибрационных датчиков давления на каждом порте. Это обеспечивает быстрое получение данных, исключает перекрестное загрязнение между зонами и гарантирует воспроизводимость измерений. Уменьшение объёма прокачки дополнительно снижает затраты времени и трудозатраты.

Почему стоит выбрать многоуровневый мониторинг:

Глубокое понимание геогидрологических условий

Использование многоуровневых систем мониторинга обеспечивает получение точной информации за счёт наблюдений за серией изолированных интервалов в пределах одной скважины. Такие системы позволяют:

- фиксировать горизонтальные и вертикальные потоки;
- выполнять отбор проб загрязняющих веществ по дискретным зонам;
- проводить комплексный анализ гидродинамических и гидрохимических процессов на участке.

Это критически важно для построения достоверной концептуальной модели участка и проведения объективной оценки рисков.

Повышение точности оценки и управления рисками

Многоуровневые данные высокой плотности служат надёжной основой для создания реалистичных, «динамичных» моделей участка.

Размещение систем по профилю потока подземных вод позволяет:

- проводить расчёт массового потока (Mass Flux) загрязняющих веществ;
- определять участки с максимальным риском воздействия;
- точно оценивать распределение загрязнений в объёме грунтового массива.

Оптимизация систем ремедиации

Благодаря высокой разрешающей способности, данные, полученные с помощью многоуровневых систем, позволяют:

- адаптировать параметры активной ремедиации под реальные условия на участке;
- точно отслеживать эффективность применяемых технологий;
- своевременно выявлять зоны, требующие дополнительного воздействия.

Экономическая эффективность

Применение многоуровневых систем позволяет существенно сократить:

- объёмы буровых работ и количество скважин;
- расходы на утилизацию бурового шлама;
- трудозатраты на обслуживание и отбор проб.

Небольшие объёмы прокачки и использование методов низконапорного пробоотбора обеспечивают быструю стабилизацию параметров и снижают общие затраты на мониторинг.

Исключение искажений, характерных для длинных фильтров

Использование скважин с длинными фильтрами приводит к следующим проблемам:

- смешение загрязнителей маскирует вертикальное распределение концентраций;
- реальный масштаб загрязнения занижается;
- возможен перенос загрязняющих веществ в незагрязнённые горизонты за счёт внутренних вертикальных потоков.

Многоуровневые системы позволяют изолировать интервалы и обеспечивают достоверность данных по каждому уровню.

Линейка многоуровневых систем Solinst

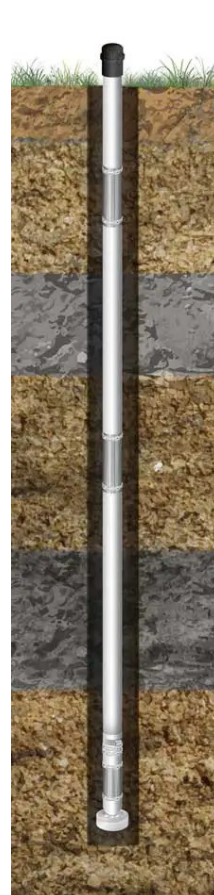
Помимо модели **401 Waterloo**, Solinst выпускает две дополнительные многоуровневые системы, каждая из которых адаптирована под различные задачи и геологические условия.



Забивной многоуровневый
пьезометр 615ML



Многоуровневая система
401 Waterloo



Многоуровневая система
мониторинга подземных вод
403 CMT

Забивной многоуровневый пьезометр 615ML

Оснащён стальными портами отбора проб, соединёнными трубами 3/4" NPT. Специальные патрубки позволяют подключать трубки для создания до 3 или 6 зон мониторинга (в зависимости от диаметра). Система устанавливается методом прямого погружения, включая использование ручного молота. Удобна для транспортировки и полевых работ.

Многоуровневая система мониторинга подземных вод Solinst 403 CMT

Представляет собой полиэтиленовую трубку с тремя или семью продольными каналами. Мониторинговые зоны формируются в полевых условиях, изолируются по одному на каждый канал. Система отличается низкой стоимостью, гибкостью в проектировании и простотой монтажа.

Модель с 7 каналами — Ø43 мм, с 3 каналами — Ø28 мм. Подходит для неглубоких скважин малого диаметра.

Области применения

- **Многозонный мониторинг** — позволяет вести наблюдение за несколькими водоносными горизонтами в пределах одной скважины
- **Монтаж в наносах или коренных породах** — применим как для водоносных, так и для ненасыщенных зон
- **Постоянные пакеры Waterloo** — предназначены для скважин в коренных породах или обсаженных стволах, обеспечивают надёжную герметизацию

Конструкция системы Waterloo



Устьевой коллектор
Multi-Purge



Постоянный
пакер Waterloo



Индивидуальный насос
для отбора проб и датчик
давления



Обсадная труба и
заглушка из ПВХ
2"

Система Waterloo использует модульные компоненты, формирующие герметичную колонну обсадных труб, включающую секции различной длины, пакеры, отборные порты, базовую заглушку и устьевой коллектор. Такая конструкция позволяет точно размещать порты в заданных интервалах наблюдения.

К каждому порту подсоединяется индивидуальная трубка отбора, идущая от устья до соответствующего интервала мониторинга. Стандартная система собирается на базе обсадных труб из ПВХ диаметром 50 мм (класс Sch. 80), предназначенных для установки в скважины диаметром 75–100 мм. Используются пакеры длиной 915 мм. По запросу доступны компоненты из нержавеющей стали и различные диаметры соединительных трубок.

Модульные герметичные соединения

Скользкие соединения обсадных труб выполнены с применением нейлоновой срезной проволоки и двойного уплотнительного кольца (о-ринга). Такая конструкция обеспечивает надёжную герметизацию и исключает проникновение пластовых вод в центральный канал обсадной колонны. Подземные воды могут поступать только через стебли портов и подключённое оборудование. Герметичность также предотвращает смешение воды, используемой для накачки пакеров, с природной водой за пределами колонны.

Устьевые коллекторы

Устьевой коллектор завершает систему на поверхности, обеспечивая организацию, маркировку и управление всеми трубками и/или кабелями, идущими от зон наблюдения. Он позволяет подключаться к каждому датчику давления поочерёдно и обеспечивает простое подключение насосов для отбора проб.

В случае использования индивидуальных насосов, система позволяет проводить прокачку как по отдельным интервалам, так и по нескольким зонам одновременно — это сокращает время полевых работ и повышает эффективность мониторинга.



Соединения с уплотнительными кольцами и срезной проволокой



Устьевой коллектор с возможностью многозонной прокачки

Мониторинговые порты системы Waterloo

Мониторинговые порты системы Waterloo изготавливаются из нержавеющей стали марки 316. Каждый порт изолируется с обеих сторон пакерами в заданном интервале мониторинга и соединяется с устьевым коллектором с помощью тонкостенной трубки малого диаметра. Подземные воды поступают в порт, проходят через стебель и поднимаются по трубке отбора до своего статического уровня. К стеблю порта может быть подключён индивидуальный насос для отбора проб или датчик давления.

Доступны варианты портов с двойным стеблем, что позволяет одновременно выполнять отбор проб и измерение пьезометрического уровня в одной зоне. Альтернативно, трубки мониторинга можно оставить открытыми — для работы с переносным оборудованием при проведении измерений и отбора проб.



Постоянные пакеры системы Waterloo

Постоянные пакеры предназначены для долговременной герметизации изолированных интервалов в скважинах, пробуренных в коренных породах, или в обсаженных стволах. Их конструкция обеспечивает высокую надёжность при длительной эксплуатации в сложных гидрогеологических условиях.

В качестве герметизирующего элемента используется оболочка, закреплённая на перфорированном корпусе и расширяющаяся при контакте с водой. Вода, поступающая внутрь обсадной колонны после монтажа, проходит через перфорации корпуса и равномерно распределяется по расширяющемуся материалу с помощью пористого пластикового слоя.

Оболочка снаружи усилена многослойной защитой: два слоя из мягкой резины обеспечивают эластичность и плотное прилегание к стенкам скважины, а промежуточный слой из кевлара придаёт прочность и позволяет компенсировать неровности и трещиноватость породы.

После установки в колонну обсадных труб внутрь подаётся вода. Она проникает через корпус пакера в расширяющуюся оболочку, вызывая набухание материала. В результате формируется надёжное долговечное уплотнение между пакером и стенками скважины.



Монтаж системы Waterloo

Монтаж системы Waterloo начинается с установки базовой заглушки и нижних секций обсадной колонны. Все элементы соединяются между собой в заданной последовательности, в соответствии с проектом расположения зон наблюдения.

При установке каждого очередного порта к нему подсоединяется соответствующая трубка мониторинга, а при необходимости — индивидуальный насос и/или датчик давления. По мере продвижения вверх компоненты обсадной колонны нанизываются на ранее подсоединённые трубки и кабели, формируя непрерывную обсадную колонну.

Полная сборка системы, как правило, выполняется за один рабочий день бригадой из 3-4 человек.

Гибкость системы Waterloo

Многоуровневая система Waterloo отличается высокой гибкостью и может быть адаптирована под индивидуальные задачи мониторинга с учётом геологических условий площадки. Конфигурация каждой системы подбирается индивидуально, в зависимости от:

- типа геологических пород (коренные или рыхлые отложения),
- целей мониторинга (подземные воды или зона аэрации),
- необходимых интервалов наблюдения.

Пакеры и отборные порты размещаются с высокой точностью, обеспечивая изоляцию отдельных зон и исключая перекрёстное загрязнение.

Мониторинг в рыхлых отложениях

Системы Waterloo применяются для наблюдения за несколькими зонами в неуплотнённых породах, а также в скальных массивах. Возможны следующие методы установки:

1. Внутри бурильной колонны или временной обсадки, с последующим обрушением рыхлых пород вокруг колонны системы.
2. С использованием стандартной методики тампонажа (tremie): при подъёме бурильной колонны или обсадки производится укладка песка вокруг портов и бентонитовых прокладок в затрубном пространстве.
3. Внутри постоянной обсадной колонны с фильтром, с изоляцией зон с помощью пакеров.

Установка внутри фильтра / обсадной колонны

Постоянная обсадная колонна диаметром 3" или 4" (75 или 100 мм) с фильтром устанавливается буровой подрядной организацией с применением стандартной засыпки песком и бентонитом. После этого внутрь колонны монтируется система Waterloo с портами и постоянными пакерами.

Диаметр скважины

Пакеры системы Waterloo разработаны для установки в скважины диаметром 3"-4" (75-100 мм). Для более широких скважин возможны два варианта:

- Использование песка и бентонита для изоляции зон мониторинга.
- Установка обсадной колонны диаметром 3"-4" (75-100 мм) внутри более широкой скважины с последующей установкой системы Waterloo.

Положение портов и пакеров может уточняться по данным каротажа или кернового отбора.



Использование кернов для проектирования зон отбора и установки пакеров (слева). Многоуровневый коллектор с индивидуальными насосами и датчиками давления для четырёх зон (справа).

Стандартная система Waterloo 2" (50 мм)

Примерные конфигурации в зависимости от числа зон:

Вариант конфигурации	Количество зон
Индивидуальные насосы + открытые трубки	6
Индивидуальные насосы + датчики давления	8
Только индивидуальные насосы	12
Только открытые трубки (в зависимости от диаметра)	15
Только датчики давления	24

Максимальное число зон наблюдения

Максимальное число зон мониторинга в одной скважине определяется количеством трубок и/или кабелей, которые могут быть размещены внутри обсадной колонны. В зависимости от выбранной конфигурации, система может быть рассчитана на мониторинг от 2 до 24 изолированных интервалов.

Гибкие решения для мониторинга

Индивидуальные насосы для отбора проб и/или датчики давления

Каждый порт может быть оснащён индивидуальным насосом и/или датчиком давления. Это обеспечивает быструю и параллельную регистрацию данных по всем зонам, устраняя необходимость в повторном спуске переносного оборудования и его дезактивации. Насосы пригодны для отбора проб различных загрязняющих веществ, включая летучие органические соединения (ЛОС). Объёмы прокачки минимальны, а при использовании индивидуальных насосов возможно одновременное продувание всех зон. Порты с двумя стеблями позволяют установить насос и датчик давления на одном уровне.

Открытые трубки

Наиболее простой вариант предусматривает установку открытых трубок к каждому порту. Это решение позволяет проводить мониторинг с помощью переносного пробоотборника и измерителя уровня воды малого диаметра. Такой подход отличается низкой стоимостью и высокой гибкостью.

Комбинация открытых трубок и стационарного оборудования

Третий вариант — комбинированный, с установкой в одних зонах открытых трубок, а в других — индивидуальных насосов или датчиков. Это позволяет использовать недорогое переносное оборудование в верхних интервалах и более эффективное стационарное оборудование в глубоких.



Только измерение уровня воды

Система Waterloo может быть сконфигурирована только для мониторинга давления, с размещением датчиков в отдельных зонах (до 24). Такой вариант оптимален для задач, где требуется лишь контроль пьезометрического уровня.

Насосы для отбора проб



Применение стационарного оборудования существенно упрощает процесс получения данных и снижает трудозатраты, так как отпадает необходимость в повторном спуске оборудования в скважину, а объёмы прокачки минимальны. Это не только сокращает время работ и затраты, но и позволяет избежать перекрёстного загрязнения между зонами.

Для длительного или регулярного отбора проб в системе Waterloo обычно используются двухклапанные насосы Solinst 408, выполненные из нержавеющей стали и тефлона (PTFE). Каждый насос напрямую присоединяется к стеблю порта, а подающая и возвратная линии из полиэтиленовых или тефлоновых трубок соединяют насос с устьевым коллектором.

Блок управления насосом

Простая в использовании система управления насосами оснащена быстрыми соединениями и требует лишь одного подключения к коллектору, что ускоряет подготовку к работе. Встроенная функция multi-purge обеспечивает одновременную прокачку сразу из нескольких уровней, что повышает эффективность отбора проб.

Прокачка и отбор проб с низким расходом

Объем прокачки минимален за счёт малого межтрубного пространства и узкого диаметра трубок, используемых в системе. Благодаря этому, даже при низких расходах пробоотбор осуществляется быстро, особенно при использовании стационарных насосов, позволяющих одновременно прокачивать все зоны.

Для таких задач идеально подходят стационарные диафрагменные насосы Модели 407 и двухклапанные насосы Модели 408, как стационарные, так и переносные.



Насосы Solinst: модель 407 (диафрагменный) и 408 (двухклапанный)

Гибкий пробоотборник для подземных вод



Двухклапанный микронасос 408М (Micro DVP) позволяет получать качественные пробы, совместим с ПФАС-безопасной коаксиальной трубкой из PTFE и достаточно компактен, чтобы работать в трубках с внутренним диаметром всего 13 мм. Уникальное сочетание гибкости и малого размера делает этот насос оптимальным решением для отбора проб на глубине в условиях ограниченного пространства.

Датчики давления для мониторинга уровня воды

Стационарные датчики давления позволяют быстро и точно измерять температуру и суммарное давление воды. Если уровень грунтовых вод не является мелким, такие датчики предпочтительны для измерения уровня воды как с точки зрения точности, так и эффективности.

В системах Waterloo обычно используются невентилируемые вибропроводочные датчики давления. Эти устройства отличаются высокой точностью, прочностью и стабильной работой в течение длительного времени с минимальным дрейфом показаний. Измерения могут проводиться с помощью портативного устройства или регистрироваться автономным регистратором данных, при необходимости с возможностью телеметрии. Датчики доступны в диапазоне давлений от 50 до 435 psi (от 350 кПа до 3 МПа).



Измерение уровня воды в изолированных зонах

Измерения уровня воды также можно проводить через открытые трубки, подключённые к портам системы Waterloo. Для этого используется уровнемер Модели 102 с коаксиальным кабелем и зондом Р4 (диаметр 4 мм, длина 38 мм).

Отбор проб в таких трубках может осуществляться с помощью мини-инерционного насоса, двухклапанного микронасоса или перистальтического насоса.

Насос и датчик давления в одном порте

В портах с двумя стеблями возможно одновременное размещение стационарного насоса и датчика давления на одном уровне, что позволяет получать данные об уровне воды и одновременно проводить отбор проб.



Области применения системы Waterloo:

- Определение направлений фильтрационного потока
- Контроль эффективности систем откачки и очистки
- Определение пространственного распределения загрязняющих веществ
- Системы раннего оповещения о миграции загрязнений

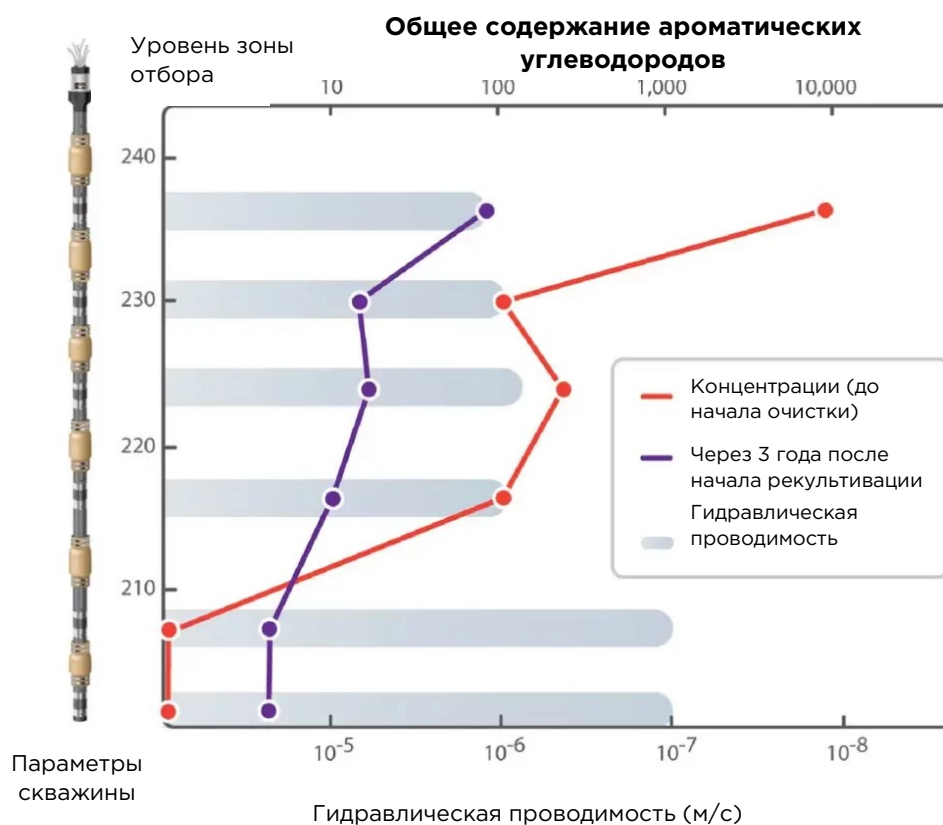
Типовые задачи:

- Мониторинг солоноватых вод
- Ликвидация последствий промышленных загрязнений
- Контроль утечек из трубопроводов
- Мониторинг и восстановление плотин
- Выявление и устранение источников загрязнений (в том числе DNAPL и LNAPL)
- Наблюдение за полигонами и свалками
- Проведение исследований почвенного газа

Эффективность системы Waterloo

Эффективность многоуровневой системы Waterloo подтверждается её способностью точно и многократно получать данные о давлении и составе грунтовых вод из нескольких изолированных зон одной скважины. На приведённом графике показано снижение концентрации общего ВТЕХ в результате продолжающихся мероприятий по откачке и очистке, проводимых после утечки нефти из трубопровода.

Оценка последствий утечки нефти из подземного трубопровода



Было выполнено три установки системы Waterloo глубиной по 45 м. В каждом интервале проводились испытания проницаемости методом двухточечного восстановления уровня.

Конфигурация системы Waterloo под ваши задачи

Система Waterloo может быть спроектирована индивидуально — в соответствии с особенностями объекта и техническими требованиями.

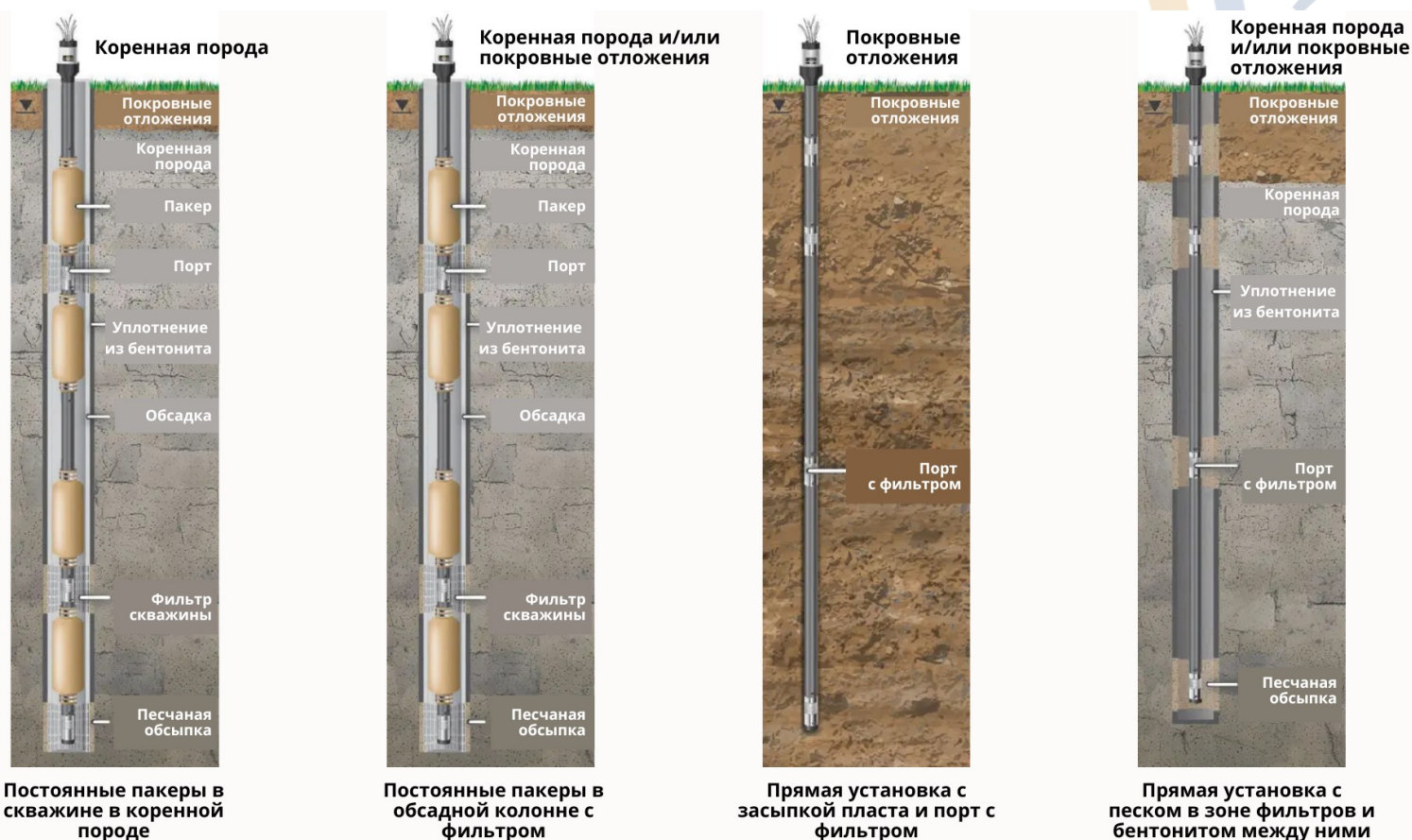
Проектирование может учитывать:

- используемый метод бурения;
- интересующие интервалы мониторинга;
- предпочтительный способ наблюдений;
- бюджет проекта;
- глубину, диаметр и тип скважины;
- геологическое строение участка.

Система настраивается под конкретные параметры скважины — с обсадной колонной или без. Вы можете выбрать количество наблюдаемых интервалов и глубину их размещения, а также предпочитаемый тип мониторинга и, при необходимости, специальные материалы.

На этапе проектирования специалисты компании помогут подобрать оптимальную конфигурацию и адаптировать систему Waterloo под ваши задачи.

Ниже представлены четыре примера установки, которые могут быть актуальны для вашего проекта:





Мониторинг выброса хлорсодержащих соединений

Установлены четыре системы Waterloo для мониторинга выброса хлорорганических соединений. Глубины скважин составили от 131 до 229 м. Большинство систем осуществляют мониторинг по 7 интервалам, с использованием насосов с двойным клапаном и пьезодатчиков на вибрирующей струне.



Исследование загрязнений на авиабазе ВВС США

На военном объекте США проведено зондирование до 213 м с помощью систем Waterloo в отложениях покрова. Мониторинг осуществлялся по 6 зонам с применением индивидуальных насосов и пьезодатчиков.



Оценка гидравлических характеристик под промышленным объектом

Системы Waterloo использованы для исследования гидрогеологических условий под объектом захоронения отходов, с целью анализа качества воды и выявления зон с максимальной проницаемостью.



Характеристика исторического загрязнения хлорбензолом

На месте планируемой станции водоочистки были внедрены 5 систем Waterloo до глубины 33,5 м для детального исследования хлорбензольного шлейфа. Во всех четырёх интервалах мониторинга применяются пьезодатчики и насосы с двойным клапаном.