

Онлайн-платформа Baltic Smart Water Hub



Baltic Smart Water Hub — это онлайн-платформа, направленная на поддержку непрерывного обучения в сфере водных ресурсов на макрорегиональном уровне. Данная платформа создана Комитетом по устойчивому развитию городов Союза Балтийских городов для распространения передовых практик в области использования и охраны водных ресурсов. Платформа ориентирована на широкий круг пользователей, включая городские администрации, водные ассоциации, организации по управлению водоснабжением и водоотведением, предприятия водопроводно-канализационного хозяйства (ВКХ), проектные и научно-исследовательские организации, учебные заведения, частные компании.

Baltic Smart Water Hub — это интерактивное пространство для обмена информацией и развития транснационального диалога в сфере водных ресурсов в регионе Балтийского моря. Здесь пользователи могут найти данные о технологических решениях и практических инструментах продвинутого управления водными ресурсами, существующих в регионе, или поделиться своим передовым опытом. Онлайн-ресурс предполагает возможность консультации с экспертами в одной из фокусных водных областей: платформа ориентирована на поверхностные, питьевые, ливневые и сточные воды.

Baltic Smart Water Hub нацелен на международную аудиторию и функционирует на английском языке. Данная публикация содержит примеры передовых практик и технологических решений, размещенных на платформе, в переводе на русский язык в целях развития потенциала русскоговорящих специалистов в регионе Балтийского моря.

www.balticwaterhub.net

Данная публикация подготовлена Комитетом по устойчивому развитию городов Союза Балтийских городов в рамках проекта «Disseminating Smart Water Competence» (Распространение знаний о рациональном использовании водных ресурсов) при финансировании Совета государств Балтийского моря.

Срок реализации проекта: декабрь 2017 – декабрь 2018 гг.

www.ubc-sustainable.net

Права на использование изображений принадлежат Комитету по устойчивому развитию городов Союза Балтийских городов.

Оглавление

Передовые практики 4

1	Осадок сточных вод становится источником «зеленой энергии» в г. Брауншвайге, Германия.....	5
2	Организация процесса обращения с осадком на ОСК г. Любека (Германия)	7
3	Оптимизация удаления азота и фосфора на ОСК г. Юрмалы (Латвия)	10
4	Сокращение сброса фосфора с ОСК г. Риги (Латвия)	12
5	Очистка сточных вод на биологических прудах в г. Сёдерхамне (Швеция).....	14
6	Экологическая адаптированная очистка поверхностных сточных вод в г. Кальмаре (Швеция).....	18
7	Регулирование отвода поверхностных сточных вод в г. Стокгольм (Швеция).....	20
8	Централизованная очистка сточных вод на ОСК г. Хельсинки (Финляндия)	21
9	Оптимизация энергопотребления на ОСК г. Марселисборг (Дания)	24
10	Модернизация и расширение ОСК г. Варшавы (Польша)	26

Технологические решения 28

1	Глубокое удаление биогенных элементов с помощью биофильтров на ОСК г. Ростока (Германия)	29
2	Энергетическая автономия на ОСК г. Реда-Виденбрюк (Германия).....	33
3	Процесс термического гидролиза на ОСК г. Векшё (Швеция)	37
4	Снижение концентраций фосфора путем химического осаждения и доочистки на песчаных фильтрах на ОСК г. Векшё (Швеция).....	39
5	Экспериментальная передвижная установка для исследования новых методов очистки сточных вод в Гданьске	42
6	Новая канализационная насосная станция в г. Санкт-Петербурге (Россия).....	44
7	Химическое осаждение фосфора на ОСК г. Бреста (Беларусь).....	47
8	Уплотнение избыточного ила на центрифуге-декантере на ОСК г. Риги (Латвия)	49
9	Биофильтрация в парке Маунуланпуйсто в г. Хельсинки (Финляндия).....	51

Передовые практики



Осадок сточных вод становится источником «зеленой энергии» в г. Брауншвайге, Германия

Какая проблема решается:

Обработка осадка сточных вод, образующегося на очистных сооружениях канализации, — это актуальная задача, стоящая перед городами. Одним из путей ее решения является организация получения биогаза путем термического гидролиза и анаэробного сбраживания осадка.

Период реализации: 2005 г.

Техническое состояние:

Мощность очистных сооружений Штайнхоф составляет более 385 000 единиц эквивалентной численности жителей. Сточные воды перекачиваются на ОСК с помощью 86 канализационных насосных станций. Среднесуточный расход поступающих сточных вод составляет 60 000 м³/сут. Сточные воды проходят многоступенчатый процесс механической и биологической очистки. Образующийся осадок утилизируется в качестве удобрения на сельскохозяйственных угодьях.

Осадок сточных вод используется в двух формах:

- орошение: очищенная вода смешивается со сброженным осадком и используется для орошения в период, когда растения способны поглощать питательные вещества;
- осадок сточных вод, который не используется для орошения, обезвоживается на очистных сооружениях и распределяется по поверхности почвы сельскохозяйственных угодий, где также служит в качестве удобрения.

Для обработки осадка сточных вод и получения энергии на ОСК Штайнхоф были выбраны технологии компании Veolia, в том числе Exelys и Bio Thelys. Одна из этих двух комплексных установок по сокращению объемов осадка работает в постоянном режиме, а вторая по мере необходимости; в обеих установках сочетается термический гидролиз и анаэробное сбраживание. Данное решение позволяет оптимизировать обработку осадка благодаря следующим преимуществам:

- сокращение сухого вещества на 25–35%;
- увеличение выработки биогаза на 30–50%;
- отсутствие запаха;
- получение гигиенизированного стабилизированного продукта с возможностью контроля рисков для здоровья и безопасного применения в сельском хозяйстве.



Резюме:

Брауншвайгская модель была разработана Abwasserverband Braunschweig. Коммунальные сточные воды и природная биоэнергия объединяются, создавая энергетический цикл содержащихся в воде биогенных элементов.

Коммунальные сточные воды проходят механическую и биологическую очистку на очистных сооружениях в Штайнхофе. Затем половина очищенных сточных вод подается на поля фильтрации. Поля занимают площадь 275 га, их основным назначением является доочистка сточных вод. Оставшаяся часть сточных вод смешивается с осадком и используется для орошения 2700 га сельскохозяйственных угодий. Полученная сельскохозяйственная продукция (кукуруза и рожь) является основой для производства биогаза. Для работы биогазовой установки требуется 44 000 тонн кукурузы и ржи в год, при этом вырабатывается 19,3 млн. кВтч электроэнергии. На заключительном этапе вырабатывается метан, который затем проходит через устройство осушения и сжатия и по подземному газопроводу подается в Брауншвайг, где преобразуется в электрическую и тепловую энергию. Биогаз также используется для собственных нужд и дополнительного производства электроэнергии непосредственно на биогазовой установке. Количество вырабатываемого биогаза в сутки составляет 24 000 м³, электроэнергии — 50 000 кВтч.

Результаты:

Данное решение позволяет превратить осадок в ценный ресурс и создать локальные замкнутые экономические циклы. Преобразование осадка сточных вод в биогаз отвечает экологическим нормам и обеспечивает значительное снижение объемов обрабатываемого осадка. Это также позволяет вырабатывать энергию, которая может как использоваться для собственных нужд предприятия, так и продаваться в местную сеть.

Благодаря утилизации осадка сточных вод ОСК Брауншвайг обладает 100%-ной энергоэффективностью. Биологическая очистка сточных вод, термофильное сбраживание осадка, сбраживание совместно с органическими отходами, когенерация и выработка биогаза вывели предприятие на уровень полной энергетической самодостаточности.

Преимущества использования осадка сточных вод:

- повышение эффективности очистки сточных вод;
- решение для утилизации осадка;
- сокращение необходимости в инвестициях на ОСК;
- подача и распределение воды для орошения;
- сохранение ресурсов;
- содействие пополнению подземных вод.

2 Организация процесса обращения с осадком на ОСК г. Любека (Германия)

Какая проблема решается:

Обработка и утилизация осадка являются важнейшей частью современной экономически эффективной и экологически устойчивой очистки сточных вод. Как показывают исследования, затраты на обработку и утилизацию осадка могут достигать половины общих затрат на очистку сточных вод. В процессе организации обработки осадка в регионе Балтийского моря возникают многочисленные проблемы. При худшем сценарии может происходить вторичное загрязнение водотоков биогенными элементами, содержащимися в недостаточно очищенных сточных водах. Повышение эффективности обработки и утилизации осадка являлось одним из компонентов проекта PURE. На ОСК г. Любека в рамках проекта велась активная работа по данному направлению.

Период реализации: 2009–2013 гг.

Техническое состояние:

Оператором центральных очистных сооружений канализации г. Любека является предприятие Entsorgungsbetriebe Lübeck, отвечающее за очистку сточных вод, сбор и утилизацию бытовых отходов, а также уборку улиц в городе. На центральных ОСК г. Любека осуществляется очистка сточных вод более 420 000 эквивалентного числа жителей. К ОСК также подключены 3 населенных пункта (население 39 300 чел.). Имеются 80 насосных станций, канализационные сети протяженностью 1262 км, 2 станции очистки сточных вод (одна из них была подключена в 2008 году). На центральных ОСК г. Любека обрабатывается весь объем образующегося осадка.

ОСК оснащены современной системой двухступенчатой фильтрации, обеспечивающей повышение качества очистки. Технологическая цепочка обработки осадка в Любеке состоит из первичных отстойников большого объема, ленточных уплотнителей избыточного ила, метантенков для стабилизации осадка и камерных фильтр-прессов для обезвоживания осадка. Подаваемый на обезвоживание осадок обрабатывается известью. Ранее осадок после обезвоживания полностью использовался в сельском хозяйстве. В 2015 году в Германии вступило в силу новое законодательство, в результате чего осадок больше не может использоваться в сельском хозяйстве, по крайней мере, в течение следующих 10 лет.

Резюме:

ОСК оснащены первичными отстойниками большого объема. Первичный осадок подается непосредственно в метантенк. Избыточный (активный) ил, образующийся в процессе биологической очистки, механически сгущается на ленточных уплотнителях примерно до 5,5% содержания сухого вещества при добавлении небольшого количества реагента (1–3 г/кг сухого вещества) и незначительном потреблении энергии. Оса-



док стабилизируется в мезофильных метантенках в течение не менее 18 суток при температуре 36–40 °С при содержании сухого вещества 2,5%. В 2013–2014 гг. метантенки были оснащены новыми мешалками, установленными в вертикальной трубе.

В полученном биогазе содержится приблизительно 62% метана. Газ осушают и очищают от серы, а затем подают на хранение в газгольдер объемом 4000 м³. Имеются три когенерационные установки (установки для комбинированного производства тепловой и электрической энергии) с электрической мощностью 844 кВт, которые вырабатывают в общей сложности 10 ГВтч электрической и тепловой энергии. Объем вырабатываемой тепловой и электрической энергии равен потреблению. Влажность осадка составляет 36–39%.

Результаты:

Рекомендации ХЕЛКОМ (Хельсинской комиссии) по удалению биогенных элементов выполняются постоянно: в 2011 году средняя концентрация фосфора в очищенных сточных водах составляла 0,18 мг/л, азота — 6,95 мг/л.

Утилизация осадка сточных вод на полигонах в Германии запрещена с 2005 года, поэтому единственной оставшейся альтернативой, кроме сельскохозяйственного применения, является сжигание. После изменений в законодательстве Германии, сжигание с извлечением фосфора из золы через 10 лет станет единственным способом утилизации осадка.

На очистных сооружениях канализации ведется постоянная работа по повышению качества очистки, а также повышению устойчивости и энергоэффективности процессов очистки сточных вод и обработки осадка.



3 Оптимизация удаления азота и фосфора на ОСК г. Юрмалы (Латвия)

Какая проблема решается:

Превышение рекомендованного ХЕЛКОМ норматива по содержанию фосфора 0,5 мг/л. В основном это было связано с выносом нитратов в анаэробную зону и нарушением функционирования процесса глубокого биологического удаления фосфора.

Также решались проблемы накопления всплывшего осадка и пенообразования. Кроме того, Юрмала является туристической зоной, что создает существенные сезонные колебания расходов и концентраций в поступающих на ОСК сточных водах.

Период реализации: 2011–2012 гг.

Финансирование:

В рамках проекта PURE, софинансируемого Программой INTERREG «Регион Балтийского моря 2007–2013» при поддержке Европейского фонда регионального развития и Европейского инструмента соседства и партнерства.

Техническое состояние:

На очистных сооружениях г. Юрмалы «Слока» осуществляется очистка сточных вод от более 32 400 эквивалентных жителей. При этом используются традиционная механическая очистка без первичного отстаивания, очистка активным илом для глубокого биологического удаления фосфора и азота, обработка осадка путем механического уплотнения и обезвоживания.

На ОСК имеются две линии биологической очистки. Биологический процесс осуществляется в двух круглых резервуарах. В начале расположена анаэробная зона, за ней основная аноксидная зона (D), аэробная зона (N) и две переходные зоны, которые могут использоваться в качестве аноксидных (в теплое время года) либо аэробных (в холодное время года). Выпуск очищенных сточных вод с ОСК осуществляется в р. Лиелупе, впадающую в Рижский залив.

Резюме:

В рамках проекта PURE было проведено техническое обследование ОСК «Слока» с целью определения путей дальнейшего повышения эффективности очистки сточных вод. Водоканал г. Юрмалы совместно с координатором инвестиций — Фондом Джона Нурминена — и консультантом проекта принял решение реализовать следующие компоненты инвестиций на ОСК «Слока» в рамках проекта PURE:

- приобрести и установить новые контрольно-измерительные приборы;
- разделить анаэробную и аэробную зону на внутренние зоны и опустить перегородки между анаэробными и аэробными зонами, что позволит всплывшему



на поверхность илу поступать в аэробный резервуар, где он будет распадаться в результате аэрации;

- приобрести и установить новый реагентный блок для повышения эффективности обработки осадка (отдельное дозирование реагентов на оборудование для уплотнения и обезвоживания).

В период с августа по ноябрь 2012 года были поставлены и установлены расходомеры воздуха (2 шт.), датчик давления и реагентный блок (SL1500). Весь проект, включая монтаж новых перегородок в анаэробных и аэробных зонах, был полностью завершен в декабре. Монтаж реагентного блока, новых перегородок и расходомеров воздуха, а также поставка регулирующих клапанов (4 шт.) выполнялись одним подрядчиком. В декабре 2012 года было установлено программное обеспечение для динамического моделирования процесса очистки сточных вод BioWin и программное обеспечение BW Controller для управления процессом в режиме реального времени.

Результаты:

Инвестиции помогли предприятию сбалансировать показатели удаления азота и фосфора и добиться более устойчивых результатов, не допустить вспухания и выноса ила, а также повысить энергоэффективность.

Было приобретено программное обеспечение для динамического моделирования процесса очистки сточных вод BioWin и программное обеспечение BW Controller для управления процессом в режиме реального времени.

Стоимость: 315 374 евро

Общая стоимость составила 219 500 латов, из которых на управление процессом в режиме реального времени было затрачено 7500 латов.

4 Сокращение сброса фосфора с ОСК г. Риги (Латвия)

Какая проблема решается:

Эвтрофикация, вызванная интенсивным сбросом фосфора и выносом ила.

Период реализации: 2010–2012 гг.

Финансирование:

Программа INTERREG «Регион Балтийского моря», а также собственные средства в рамках проекта PURE.

Техническое состояние:

ОСК осуществляют механическую и биологическую очистку сточных вод от 1 млн. эквивалентных жителей; ежегодно образуется около 7 000 тонн осадка. Процесс очистки включает в себя механическую фильтрацию на решетках, осаждение песка в песколовках, механическую очистку в радиальных отстойниках объемом 16 000 м³. Биологическая очистка происходит последовательно в анаэробной, аноксидной и аэробной зонах, после чего очищенные воды попадают во вторичные отстойники.

Резюме:

Закупка и монтаж оборудования. Резервуары для хранения и дозирования реагентов с целью повышения эффективности удаления фосфора путем химического осаждения; в рамках финансирования из средств Фонда Джона Нурминена в 2012–2013 гг. был приобретен и установлен дополнительный резервуар для осаждения, обеспечивающий как предварительное, так и одновременное осаждение фосфора; магнитные расходомеры для точного измерения расхода сточных вод с целью управления процессом; дополнительная центрифуга-илоуплотнитель, позволяющая оптимизировать удаление избыточного ила и предотвратить вынос активного ила.

Результат:

Полное соответствие рекомендованным ХЕЛКОМ нормам по удалению фосфора, значительное ежегодное снижение нагрузки по фосфору — теперь в водоприемник с очищенными на очистных сооружениях «Даугавгрива» сточными водами ежегодно попадает на 100 тонн фосфора меньше. Кроме того, исключен риск выноса ила, при котором, по оценкам, в водоприемник за раз могло попасть до 10 т фосфора.

Технологическое решение:

[Сгущение избыточного ила на центрифуге-декантере на Рижских ОСК \(Латвия\)](#)

Стоимость: 256 800 евро

Стоимость указана без монтажных работ; поставка электромагнитных расходомеров: 28 100 евро (без НДС), поставка контейнера для дозирования двухвалентного сульфата железа: 98 800 евро (без НДС), центрифуга-декантер: 129 900 евро.



5 Очистка сточных вод на биологических прудах в г. Сёдерхамне (Швеция)

Какая проблема решается:

Биологические пруды представляют собой специально спроектированные и построенные инженерные сооружения, где за счет природных процессов, в которые вовлечены растительность, почва и соответствующие микробные сообщества, происходит очистка поступающих сточных вод. Одной из основных целей реализации проекта в Сёдерхамне было сокращение нагрузки по биогенным элементам на водоприемник. Ранее очищенные сточные вод с очистных сооружений сбрасывались непосредственно в р. Сёдерхамн, а городские власти хотели изменить эту практику.

Период реализации: 2002–2004 гг.

Финансирование:

Программа местных инвестиций. Правительство Швеции профинансировало этот проект в целях повышения экологической устойчивости муниципалитета.

Техническое состояние:

Расчетная производительность ОСК Гранскер составляет до 22 500 эквивалентного числа жителей (фактическое количество 14 500 эквивалентных жителей), а среднесуточный расход поступающих на очистку сточных вод составляет 6 800 м³/сут. Последний этап очистки (доочистка) сточных вод с ОСК Гранскер осуществляется на расположенном в районе Сёдерхамна искусственном очистном водоеме.

Водоем имеет площадь 9 га, 5 га из которых заполнены водой. Глубина воды составляет от 50 до 200 см, расход — около 150–600 м³/ч. Всего на территории расположено 8 прудов.

Размеры водоема рассчитаны на основании объема. Общий объем составляет около 65 000 м³. При расчете для оценки удаления загрязняющих веществ учитывалось время гидравлического удержания, в данном случае это период составляет 11 суток, хотя полевые исследования показали, что он на самом деле короче. Запланированы мероприятия для увеличения времени удержания.

Резюме:

В муниципалитете Сёдерхамн рядом с очистными сооружениями был сооружен искусственный очистной водоем путем углубления заросшего растительностью морского залива с богатым птичьим миром и обильной растительностью. Извлеченный грунт складировался на том же участке, частично в виде насыпей между прудами. От очистных сооружений до водоема были проложены каналы.

Фосфор и азот поглощаются растительностью и водорослями, поэтому данный процесс наиболее интенсивно протекает весной и летом. Биогенные элементы могут попадать



в другие экосистемы, например, в организм животных, питающихся растениями. Фосфор также поглощается минералами, которые осаждаются в донных отложениях. Процесс требует достаточного количества кислорода, в противном случае может наблюдаться эвтрофикация. По этой причине пруды на выпуске имеют меньшую глубину для того, чтобы вода была насыщена кислородом.

Азот восстанавливается в водоеме и высвобождается в атмосферу в результате денитрификации. Первые в комплексе пруды имеют большую глубину для создания оптимальных условий для денитрификации (доступ к органическому углероду и низкое содержание кислорода). Создание устойчивых и экологически ориентированных систем водоснабжения и водоотведения важно как для инфраструктуры общества, так и для улучшения экологической обстановки.

Созданный искусственный водоем выполняет важные водохозяйственные функции, очищая сточные воды от загрязнений, предотвращая подтопления и обеспечивая уменьшение эвтрофикации. Водоем также вносит значительный вклад в поддержания биоразнообразия.

Результат:

В настоящее время искусственный водоем используется для дополнительной очистки от биогенных элементов и металлов и позволяет уменьшить нагрузку по биогенным элементам на входе в Сёдерхамнсфьерден. Положительная практика принесла множество позитивных экологических и экономических результатов. Нагрузки на водоприемник в 2016 году сократились на 460 кг фосфора и на 5,7 т азота в год. Нагрузка по БПК сократилась на 1,6 т в год. Искусственный очистной водоем делает окружающую среду разнообразнее, увеличивает разнообразие видов. Очистка сточных вод в водоеме позволяет оптимизировать стадию реагентной очистки на очистных сооружениях канализации, тем самым сокращая расход реагентов, экономя средства и сохраняя окружающую среду.

В то же время у жителей Сёдерхамна появилась новая рекреационная зона, которая стала местом отдыха и гнездовья многих видов птиц.

С помощью создания искусственного водоема была достигнута поставленная цель — переместить точку сброса; поступающие в водоприемник концентрации загрязняющих веществ были существенно сокращены при меньших расходах, чем в случае использования альтернативных технических решений.

Данный искусственный очистной водоем является самым северным в мире среди искусственных водоемов, используемых для очистки сточных вод.



Стоимость: 646 000 евро

Инвестиционные затраты на создание искусственного очистного водоема Гранскер составили около 6 400 000 шведских крон:

- устройство искусственного водоема: 2 900 000 шведских крон;
- насосная станция на очистных сооружениях: 2 100 000 шведских крон;
- подающий трубопровод: 800 000 шведских крон;
- проектирование: 600 000 шведских крон

Эксплуатационные расходы в 2009–2016 гг. составили в среднем 100 000 шведских крон в год. Эксплуатационные расходы включают в себя обслуживание подъездных дорог, техническое обслуживание системы предварительной очистки (включая регулярную очистку решеток и опорожнение септиков/двухъярусных отстойников и песколовков), удаление растительности, замена и ремонт оборудования.



6 Экологическая адаптированная очистка поверхностных сточных вод в г. Кальмаре (Швеция)

Какая проблема решается:

Во время дождей большое количество загрязняющих веществ поступает непосредственно в поверхностные водные объекты либо направляется в коллекторы дождевой канализации, откуда в результате попадает в Балтийское море. В связи с этим необходимо организовать экологически устойчивый сбор и очистку поверхностных сточных вод в соответствии с природоохранными требованиями, чтобы не допустить попадания в водоприемник излишних концентраций вредных веществ. Ранее методы организации отведения поверхностных сточных вод в городских районах были направлены только на отведение поверхностных сточных вод и предотвращение подтоплений.

Период реализации: 2011–2012 гг.

Финансирование:

В рамках проекта MOMENT, софинансирование которого было предоставлено Программой INTERREG «Южная Балтика».

Техническое состояние:

В проекте MOMENT использовался комплекс искусственных очистных водоемов Хагбигердедикет. Основное внимание в этой области уделялось повышению эффективности очистки поверхностных сточных вод в городе Кальмар.

Хагбигердедикет представляет собой комплекс искусственных очистных водоемов, состоящий из трех последовательно соединенных основных резервуаров. Сточные воды отводятся по двум трубопроводам диаметром 600 мм и по открытому каналу в первый отстойник площадью около 5 500 м² и средней глубиной 1,4 м. Нижняя часть ручья Хагбигердедикет расположена настолько низко, что для поднятия воды в очистные водоемы требуется перекачка. В связи с этим перед первым отстойником установлены два осевых насоса.

На выходе из первого отстойника размещена нефтеловушка. Из нефтеловушки вода отводится далее к заросшему растительностью участку площадью около 1 700 м², а затем в дополнительный отстойник площадью 4 200 м². В отстойнике имеется перелив, через который сточная вода перетекает в открытую канаву. Ширина канавы составляет 2 м, ее дно устроено из слоя дробленого известняка. Известняковый фильтр из известняка служит для сокращения количества фосфора, связанного с содержащимися в поверхностных сточных водах твердыми примесями. Далее вода по трубопроводу попадает в более узкую канаву и затем в общую точку выпуска Тёрнебибекен и Хагбигердедикет.



Резюме:

Основная цель проекта заключалась в повышении эффективности очистки поверхностных сточных вод в сильно загрязненной части муниципалитета Кальмар. Хагбигердедикет являлся крупным источником загрязненных поверхностных сточных вод в пределах города.

Поверхностные сточные воды сбрасываются в группу водоемов в Калмарсунд в водосборе Балтийского моря. В какой-то момент существовал риск невозможности достижения к 2015 году удовлетворительного экологического статуса водных объектов в соответствии с экологической целью Водной Рамочной Директивы ЕС (WFD). Основной проблемой, препятствующей достижению удовлетворительного экологического состояния, была эвтрофикация, а удовлетворительного химического состояния — концентрации тяжелых металлов. Для достижения удовлетворительного экологического состояния водных объектов к 2021 году и удовлетворительного химического состояния водных объектов к 2015 году были разработаны цели в области экологического качества.

Характер землепользования в районе Хагбигердедикет носит смешанный характер, с преобладанием промышленных и торговых объектов. Через район также проходит крупная внутренняя автомагистраль с интенсивностью движения порядка 15 000 автомобилей в сутки.

Результат:

Комплекс искусственных очистных водоемов принимает и очищает около 800 000 м³ поверхностных сточных вод в год. Последние результаты программы мониторинга (июнь 2013 года) указывают на достижение ожидаемых результатов. Общее количество фосфора, удерживаемого в искусственных водоемах, превышает 50%, а общее количество азота достигает 35%. Это означает, что в комплексе искусственных очистных водоемов удаляется 110 кг фосфора (P) и 470 кг азота (N) в год. После того как комплекс выйдет на полную проектную мощность, количество задерживаемых биогенных элементов, как ожидается, еще больше возрастет.

Первоначальные результаты работы комплекса искусственных очистных водоемов свидетельствуют о том, что он обеспечивает успешное удаление биогенных элементов. Можно ожидать, что результаты очистки станут еще выше после полного развития флоры и микроорганизмов.

Стоимость: 520 000 евро

Общий бюджет комплекса искусственных очистных водоемов составил 5 млн. шведских крон. 1 млн. шведских крон было выделено из фонда проекта MOMENT, остальная часть финансировалась за счет собственных средств Kalmar Water Ltd.

7 Регулирование отвода поверхностных сточных вод в г. Стокгольм (Швеция)

Какая проблема решается:

Городу Стокгольму в последнее время пришлось решать проблему организации отведения поверхностных сточных вод и недопущения подтоплений при сильных проливных дождях.

Период реализации: 2009–2017 гг.

Финансирование:

Проект финансировался из городского бюджета.

Техническое состояние:

Город начал решать вопросы организации отведения поверхностных сточных вод и улучшения качества воздуха путем создания благоприятных условий для роста деревьев. Для того чтобы вода могла свободно уходить в почву, было устроено три слоя: дорожное покрытие, геотекстиль, слой дробленой породы для впитывания поверхностных вод и аэрации грунта и гранитных камней. Также была устроена водосборная камера для просачивания поверхностных вод в почву и аэрации структурной почвенных структур. Геотекстиль был уложен таким образом, чтобы мелкие материалы не попадали через отверстия в аэрируемый основной слой.

Резюме:

В рамках проекта на основании имеющегося опыта была разработана система сбора воды с тротуаров и ее отвод к деревьям. Это дало возможность сбора воды с крыш и тротуаров и ее направления в плодородную почву через дренаж. При переполнении фильтрующего слоя дождевая вода стекает в существующий уличный коллектор.

Результат:

Создание дренажных каналов способствовало снижению нагрузки на водоприемники поверхностных вод и увеличению степени инфильтрации и очистки поверхностных сточных вод в окружающей среде. Это также позволило уменьшить количество случаев повреждений водопроводных и канализационных труб и дорожного покрытия корнями деревьев. Другим благоприятным результатом проекта является снижение уровня загрязнения воздуха в центре Стокгольма.

Количество осадков в Стокгольме составляет около 600 мм/год (т.е. около 2,3 млн. л воды в год), и поверхностные сточные воды необходимо очищать. За счет проекта из средств на очистку поверхностных сточных вод удалось сэкономить 2300 фунтов в год. Кроме того, реализация проекта снизила риск подтопления городской территории, а также позволила сократить содержание твердых примесей и углекислого газа в воздухе. Это уменьшило нагрузку на системы дождевой канализации и, тем самым, количество загрязняющих веществ, поступающих в озера и Балтийское море во время проливных дождей.

8 Централизованная очистка сточных вод на ОСК г. Хельсинки (Финляндия)

Какая проблема решается:

С 1980 года в г. Хельсинки возникла необходимость в строительстве новых очистных сооружений канализации, поскольку старые ОСК не обеспечивали соответствующий уровень очистки. Одновременно с этим в связи с постоянным увеличением численности населения требовалась централизация очистки сточных вод всего района Центральная Уусимаа. Кроме того, возросла необходимость в контроле косвенного воздействия на окружающую среду, а также запахов, шума и интенсивности транспортного движения. Так как малые (локальные) очистные сооружения оказывали значительное влияние на окружающую среду, в Виикинмяки были построены подземные централизованные очистные сооружения.

Период реализации: 1998–2014 гг.

Техническое состояние:

В столичном регионе Хельсинки очистка сточных вод осуществляется централизованно на двух очистных сооружениях: Виикинмяки и Суоменоя. На Виикинмяки производится очистка всех сточных вод Хельсинки и поверхностных сточных вод из центра города, а также сточных вод Ярвенпяа, Керава, Сипу, Туусула и частично Вантаа.

Очистные сооружения Виикинмяки большей частью расположены в скале. Производительность по поступающим загрязнениям составляет 840 000 эквивалентных жителей. Надземные постройки не создают неудобств для жилых районов, площадка очистных сооружений достаточно просторная, также имеется резерв для расширения в будущем. Общий среднесуточный расход сточных вод составляет около 270 000 м³.

Очистка сточных вод происходит в три этапа: механическая, биологическая в сочетании с химической, а также биологическая вторичная фильтрация. Фосфор удаляется путем химического осаждения при добавлении двухвалентного сульфата железа, азот — в процессе нитрификации/денитрификации. Процесс биологической очистки с помощью активного ила основан на способности бактерий использовать загрязнения в качестве питательной среды. В результате очистки образуются побочные продукты — осадок и биогаз. Биогаз в Виикинмяки используется в качестве источника энергии (когенерационная установка), осадок компостируется с получением питательного почвенного грунта.

Очищенные сточные воды отводятся через туннель в скале на расстояние 8 км от южной окраины Хельсинки и сбрасываются в море перед Катаялуото на глубине более 20 м.



Резюме:

Централизация очистки сточных вод на одной площадке принесла большую пользу, качество очистки повысилось.

Органические вещества, содержащиеся в осадке, подвергаются сбраживанию. Благодаря получаемой из биогаза энергии, Виикинмяки полностью обеспечивают себя тепловой энергией для отопления и на 64% электроэнергией. На очистных сооружениях образуется около 60 000 тонн осадка в год по сухому веществу. Далее осадок компостируется на участке компостирования Метсяпиртти в Сипоо. Общая площадь участка составляет около 18 га. Вся территория покрыта водонепроницаемым битумным асфальтом. Поверхностные сточные воды полностью собираются и направляются на очистные сооружения Виикинмяки. Это обеспечивает отсутствие неблагоприятного воздействия на поверхностные и подземные водные объекты в данном районе в процессе компостирования. После компостирования продукт готов к использованию для озеленения и садоводства.

Одной из основных целей деятельности предприятия водопроводно-канализационного хозяйства Хельсинки является улучшение качества очищенных сточных вод, сбрасываемых в Финский залив, и разработка более экологических методов работы. По этой причине предприятие вкладывает значительные средства в организацию утилизации содержащихся в осадках сточных вод биогенных элементов и органических веществ.

Городские власти контролируют выполнение требований к очистке сточных вод путем проверки годовых отчетов. Кроме того, очистные сооружения обязаны выполнять показатели качества, установленные городским советом Хельсинки в рамках стратегии ЕС для региона Балтийского моря. Более того, с помощью программы контроля ведется ежегодный мониторинг выбросов в атмосферу в процессе очистки, поскольку для работы построенных в скале очистных сооружений необходима вентиляция.

Результат:

Минимальный уровень очистки сточных вод определяется Директивой по очистке городских сточных вод Европейского союза. Однако в Финляндии установлены собственные более строгие требования к качеству очистки (Vesioikeudenjätevesienlaskuluра 264/1961). По результатам 2008 года, очистные сооружения очищают сточные воды от фосфора до концентрации 0,08 мг/л (что меньше установленной в разрешении нормы). Годовой объем очищенных сточных вод составляет 100 млн. м³. Это означает, что в Балтийское море ежегодно поступает 8 т фосфора.

У компостирования осадка имеется ряд преимуществ. Компостирование — удобный и надежный метод, для которого не требуется сложное оборудование и в результате которого создается продукт высокого качества. Единственными минусами этой технологии являются длительное время компостирования и значительные усилия, необходимые для контроля качества.

Данный подход обеспечивает рациональную утилизацию отходов и позволяет ежегодно утилизировать 580 т фосфора и 620 т азота, а также снова внести углерод в почву. Кроме того, расположение очистных сооружений в скале является оптимальным решением для крупных городов. Воздействие на окружающую среду минимизируется, несмотря на то, что очистные сооружения расположены в жилых районах.



9 Оптимизация энергопотребления на ОСК г. Марселисборг (Дания)

Какая проблема решается:

Сооружения водопроводно-канализационного комплекса обычно потребляют значительное количество энергии. В настоящее время имеются технологии и знания, позволяющие добиться энергоэффективности систем управления водными ресурсами. На очистных сооружениях канализации г. Марселисборг удалось повысить эффективность работы и снизить потребление энергии за счет оптимизации всех процессов. Кроме того, целью предприятия водопроводно-канализационного хозяйства Aarhus Water является энергетически нейтральный водный цикл, в котором потребление энергии, необходимое для работы в пределах зоны обслуживания, компенсируется выработкой энергии на очистных сооружениях канализации.

Период реализации: 2011–2016 гг.

Финансирование:

Собственная инвестиционная программа предприятия (около 90%). Субсидии на повышение энергоэффективности из фонда программы государственной поддержки (около 10%).

Техническое состояние:

В 2006 году вокруг Орхуса располагалось 14 небольших очистных сооружений. Первым шагом стало их объединение в 4 более крупных. На сегодняшний день крупнейшими являются ОСК г. Марселисборг. Централизация явилась наиболее эффективным решением для данной территории. Укрупнение позволило повысить энергоэффективность и экономичность затрат на очистку сточных вод, эксплуатировать меньшее количество объектов, снизить затраты на эксплуатацию и техническое обслуживание. Очистные сооружения канализации г. Марселисборг имеют производительность 220 000 эквивалентных жителей, среднесуточный расход составляет 32 918 м³.

Резюме:

В последние годы на очистных сооружениях канализации г. Марселисборг большое внимание уделялось энергосбережению и выработке энергии.

Энергосберегающие технологии:

- автоматическая система управления: контроль аммония и фосфора в режиме реального времени, управление воздушодувками;
- повышение эффективности аэрации: замена воздушодувки HV Turbo на компрессор ABS HST;
- замена старой центрифуги (серия Alfa Laval 550) на новую энергоэффективную (Alfa Laval G3);
- очистка образующейся иловой воды с помощью анаммокс-процесса.



Оптимизация выработки энергии:

- замена 3 старых газовых двигателей на 2 более мощных, включая когенерационную установку;
- использование избыточной теплоты для системы централизованного теплоснабжения.

Результат:

В 2015 году на очистных сооружениях канализации г. Марселисбург было произведено в общей сложности 9 628 МВт-ч электроэнергии в год, а потребление энергии составило 6311 МВт-ч в год, что эквивалентно чистому производству энергии 153%. Это означает, что количество выработанной на очистных сооружениях энергии на 53% превышает потребление. Избыточная теплота использовалась для централизованного теплоснабжения в Орхусе. В 2016 году на очистных сооружениях было получено на 40% больше электроэнергии, чем требовалось для собственных нужд, и 2,5 ГВт тепловой энергии для системы централизованного теплоснабжения без использования органических отходов или углерода. Избыточной энергии достаточно для удовлетворения потребностей в системах водоснабжения и очистки сточных вод в регионе.

Количество получаемой энергии повысилось на 1 ГВт/год за счет внедрения нового энергоэффективного биогазового двигателя (когенерационной установки).

Оптимизация технологического процесса с помощью системы автоматизации принесла ряд преимуществ. Система обеспечивает сокращение годового потребления электроэнергии примерно на 700 000 кВтч, реализуясь в ежегодной экономии в размере 61 000 евро.

Замена воздуходувок системы аэрации привела к снижению энергопотребления в размере 300 000 кВтч/год и годовой экономии 26 000 евро. Это также позволило сократить выбросы CO₂ на 153 тонны в год. В целом, принятые в течение 2016 года меры по энергосбережению на очистных сооружениях привели к общему снижению потребления энергии примерно на 25%. Общее потребление составило 4,2 ГВт/год в 2005 году и 3,1 ГВт/год в 2016 году.

Стоимость: 2 703 000 евро.

- Управление в режиме реального времени для оптимизации технологического процесса: 400 000 евро;
- Новая система аэрации: 250 000 евро;
- Новая центрифуга для окончательного обезвоживания осадка: 216 000 евро;
- Очистка иловой воды: 400 000 евро;
- Два новых газовых двигателя: 1 271 000 евро — новый газовый двигатель и система газоочистки;
- Система централизованного теплоснабжения, строительство: 166 000 евро.

10 Модернизация и расширение ОСК г. Варшавы (Польша)

Какая проблема решается:

На момент вступления Польши в Европейский союз в 2004 году очистные сооружения канализации г. Варшавы не соответствовали европейским стандартам. Главным фактором в рамках обширного проекта модернизации стала необходимость добиться соблюдения европейских стандартов водоотведения, включая ограничения на азот (10 мг/л) и фосфор (1 мг/л), а также обеспечить соответствующую очистку всех коммунальных сточных вод.

Период реализации: 2008–2011 гг.

Финансирование:

Европейский фонд регионального развития

40% финансирования — Европейский фонд сплочения, 60% финансирования — местный бюджет.

Техническое состояние:

ОСК г. Варшавы рассчитаны на 2,1 млн эквивалентных жителей. Благодаря расширению и модернизации проектную производительность очистных сооружений удалось увеличить более чем в два раза: с 200 000 м³ до 450 000 м³ в сутки. Максимальная возможная производительность при пиковых расходах составляет до 515 000 м³ в сутки.

Модернизация включала в себя: прокладку системы коллекторов протяженностью 30 км; строительство туннеля и дюкера под р. Висла для подачи сточных вод с левого берега; перестройку, модернизацию и расширение существующих очистных сооружений; строительство установки сжигания осадка.

Резюме:

На очистных сооружениях канализации «Чайка» в Варшаве ежедневно образуется 192 т осадка. Очистка производится с помощью активного ила — данная технология обеспечивает надежность очистки и обслуживания.

На очистных сооружениях производится отстаивание и биологическая очистка сточных вод для удаления углерода, фосфора и азота. Управление биологической очисткой осуществляется с использованием передовых средств контроля, ведущих к повышению эффективности, а также экономии электроэнергии и реагентов. Процесс биологической денитрификации Veolia обеспечивает высокий уровень удаления азота. Очистка воздуха для удаления неприятного запаха производится на установке Veolia Aquilair.



Обработка осадка происходит в четырех новых и шести модернизированных метантенках. Образующийся биогаз очищается — из него удаляются соединения серы, — и хранится в резервуарах. Биогаз используют для производства электрической и тепловой энергии. Ферментированный гигиенизированный осадок поступает в промежуточную емкость для хранения, затем механически обезвоживается, после чего подается на установку по сжиганию.

Осадок, образовавшийся при очистке сточных вод на очистных сооружениях «Чайка», а также на вторых очистных сооружениях Варшавы «Полудне», сжигается в печи при температуре 850 °С. В установке используется технология термической очистки Pyrofluid, при которой органическое вещество окисляется, в результате образуется зола и вырабатывается энергия.

Результат:

На установке по сжиганию осадка обрабатывается 600 метрических тонн осадка в сутки. Для получения «зеленой» энергии используется также внутренняя теплота сгорания осадка. На выходе снижается до 90% объема осадка, а оставшиеся 10% утилизируются.

По словам руководителя инфраструктуры города Варшавы, утилизация на «Чайке» действительно работает: например, с помощью биогаза, образующегося при сбраживании, можно получить 30% энергии, необходимой ежегодно для уличного освещения в городе. В годовом исчислении это соответствует 140 вагонам угля.

Модернизация ОСК «Чайка» считается одним из важнейших природоохранных мероприятий в Европе. Проект позволил значительно улучшить качество воды в р. Висла, а, следовательно, и в Балтийском море.

Стоимость: 565 000 000 евро

Общая сумма инвестиций составила 565 млн. евро, из них 462 млн. евро было использовано на модернизацию очистных сооружений канализации, 103 млн. евро на строительство установки по сжиганию осадка.

Технологические решения



Глубокое удаление биогенных элементов с помощью биофильтров на ОСК г. Ростока (Германия)

Очистные сооружения канализации предназначены для удаления биогенных элементов из сточных вод с целью ограничения воздействия сточных вод на окружающую среду.

После подписания Хельсинкской конвенции 1974 года о защите региона Балтийского моря во многих городах потребовалось усовершенствовать работу очистных сооружений, чтобы добиться высокого уровня удаления органических веществ, фосфора и азота, а также лекарственных препаратов и пестицидов. Важно удалить эти вещества из сточных вод до сброса сточных вод в реку, чтобы уменьшить воздействие на окружающую среду и защитить водоприемник от загрязнения.

Биофильтры представляют собой аэробные или анаэробные биологические реакторы, в которых для очистки коммунальных или промышленных сточных вод используется технология фиксированной на загрузке биопленки. Биофильтры позволяют удалять растворенные загрязнения и задерживать взвешенные вещества в одном компактном реакторе.

Компоненты, установленные при реализации технического решения:

Системы биофильтрации, как правило, надежны, имеют простую конструкцию и потребляют мало электроэнергии. Такая инновационная система может гибко и быстро реагировать на изменение условий даже в случае существенного колебания расходов сточных вод. Кроме того, для установки такой системы на площадке очистных сооружений не требуется много места.

На ОСК г. Ростока двухступенчатая система биологической очистки состоит из двух аэротенков (30 000 м³) и осветлителя, после которых установлен биофильтр и новый блок обработки осадка (флотатор, два метантенка объемом 5 000 м³ каждый и установка обезвоживания осадка).

На первом этапе биологической очистки были установлены 2 резервуара для биологического удаления фосфора, 2 резервуара с активным илом с предварительной денитрификацией, 3 турбовоздуховки и 3 вторичных отстойника.

На втором этапе биологической очистки были установлены 2 решетки тонкой очистки и система биофильтрации, которая состоит из двух ступеней фильтров с 12 фильтрующими камерами.

Поставщик решения: [Suez](#)



Пример функционирования на объекте:

Проектная производительность центральных очистных сооружений канализации г. Ростoka рассчитана на очистку сточных вод от более 320 000 эквивалентных жителей. ОСК были полностью перестроены в середине 1990-х (с марта 1994 года). Площадь зоны обслуживания в настоящее время составляет около 175 км². ОСК также обслуживает 13 населенных пунктов, расположенных вокруг Ростoka. На очистных сооружениях производится очистка как коммунальных (2/3), так и промышленных (1/3) сточных вод.

В результате биофильтрации в ходе нитрификации и денитрификации также происходит удаление взвешенных веществ, соединений фосфора и значительного количества азота, поступающих во время дождей. Ранее вызванные погодными явлениями колебания расходов сточных вод представляли значительную проблему для очистных сооружений.

Общая площадь фильтра в новой установке биофильтрации составляет 876 м². Она распределяется в общей сложности между 12 фильтрами нитрификации и денитрификации (площадь фильтрации каждого фильтра — 73 м²). Скорость фильтрации варьируется от 5,2 до 8,7 м/ч. Если скорость фильтрации превышает 8 м/ч, подключается еще один фильтр, если скорость снижается до 3 м/ч, фильтр отключается (одновременно всегда работают два фильтра). Время прохождения воды через фильтры составляет 2–3 суток.

Биофильтры, установленные на ОСК г. Ростoka, работают следующим образом: очищаемые сточные воды непрерывно поступают с днища реактора и распределяются по всей площади поверхности фильтра с помощью водораспределительного устройства. Затем вода проходит через фильтрующую загрузку (биолит), в которой задерживаются взвешенные вещества. Органические и азотные загрязнения удаляются благодаря высокой концентрации микроорганизмов на фиксированной биопленке, которая сохраняется на фильтрующей загрузке в течение цикла фильтрации.

В качестве фильтрующей загрузки и носителя для микроорганизмов используется керамзит. После завершения фазы аэробной биофильтрации можно добавить трехвалентный хлорид железа для осаждения фосфатов. В будущем фосфаты можно будет извлекать из сточных вод.

Очистные сооружения в Ростoke стали первыми крупными ОСК в Германии, на которых используется компактная установка, объединяющая функция аэротенка и кислородного биореактора с фиксированной пленкой BIOFOR.

Благодаря процессу противоточной биофильтрации производительность установки высококачественна и стабильна, результаты очистки остаются на стабильно высоком уровне, и в Балтийское море поступает только чистая вода.



После установки системы биофильтрации эффективность работы центральных очистных сооружений в Ростове существенно повысилась. Концентрация азота в очищенных сточных водах снизилась с 47 мг/л (1991 г.) до 10,2 мг/л (2009 г.), фосфора — с 5,6 мг/л (1991 г.) до 0,21 мг/л (2009 г.).

Благодаря вводу в эксплуатацию центральных очистных сооружений Росток был исключен из списка «горячих точек» ХЕЛКОМ.

Стоимость: 82 000 000 евро

Общая стоимость расширения очистных сооружений канализации в Ростове.



2 Энергетическая автономия на ОСК г. Реда-Виденбрюк (Германия)

В процессе очистки сточных вод образуется осадок — ценный ресурс для получения энергии и извлечения биогенных элементов. Наиболее передовым методом обработки осадка является анаэробное сбраживание, которое обеспечивает стабилизацию осадка (отсутствие запаха на последующих этапах обработки) и получение биогаза. Биогаз может использоваться для производства электрической и тепловой энергии. За счет полученной электроэнергии обеспечивается около 2/3 общей потребности в электрической энергии, необходимой для обработки осадка. Анаэробный метантенк представляет собой реактор с полным перемешиванием, в котором осадок нагревается до температуры 37 °C и выдерживается в течение около 20 суток.

Расходы на энергию являются одной из основных составляющих эксплуатационных расходов очистных сооружений. Идеально, когда вся потребность в энергии полностью обеспечивается самой установкой. Однако как же добиться такой энергетической автономии? Одним из приемлемых решений является добавление в метантенк органических отходов, что позволит увеличить выход газа и одновременно решить проблему утилизации органических отходов. Подходящими субстратами для использования в метантенках являются отходы скотобоев, отходы, образующиеся при производстве фруктовых соков и молочной продукции, сельскохозяйственные отходы и органическая фракция бытовых отходов.

Добавление органических остатков в метантенк к осадку коммунальных сточных вод называется коферментацией. Для некоторых субстратов (например, органической фракции бытовых отходов) требуется предварительная обработка, которая позволит не допустить возникновения эксплуатационных проблем в метантенках. Также необходимо убедиться, что в метантенке не будет происходить ингибирования биологического процесса (например, в присутствии полифенольных компонентов отходов производства оливкового масла).

Компоненты, установленные при реализации технического решения:

На очистных сооружениях г. Реда-Виденбрюк в рамках проекта по совместному сбраживанию и энергетической автономии установлены следующие основные компоненты:

- локальные очистные сооружения для предварительной обработки сточных вод скотобойни (сито с размером ячейки 1 мм, химико-физическая флотация, предварительная биологическая очистка);
- метантенк объемом 6 500 м³;
- мешалка/перемешиватель;
- система нагрева;



- газовый факел;
- сушка газа;
- блок активированного угля;
- когенерационная установка (2 x 1,4 МВт), включая здание;
- резервуар для хранения газа (2000 м³);
- уплотнитель осадка;
- установка для очистки иловой воды (система PANDA).

Поставщик технических решений:

[aqua & waste International GmbH, aqua consult Ingenieur GmbH](#)

Пример функционирования на объекте:

В Реда-Виденбрюке сточные воды скотобойни (около 650 000 эквивалентных жителей) проходят предварительную очистку, а затем обычную очистку вместе с коммунальными сточными водами (76 000 эквивалентных жителей). Для предварительной очистки сточные воды скотобойни перекачиваются по напорному трубопроводу протяженностью 2,3 км на локальные очистные сооружения, расположенные рядом с площадкой коммунальных очистных сооружений. Сжатый воздух с помощью гидроциклона подает сточные воды на сито. С помощью химико-физической флотации из сточных вод скотобойни удаляется от 80 до 85% ХПК и около 60% азота. После этого сточные воды скотобойни подаются в метантенк в качестве субстрата для совместного анаэробного сбраживания вместе с первичным осадком и избыточным илом, образующимся при очистке коммунальных сточных вод, и избыточным илом, образующимся в процессе биологической очистки отходов скотобойни. Локальные очистные сооружения расположены в непосредственной близости от коммунальных очистных сооружений, что обеспечивает значительные преимущества благодаря малой протяженности трубопроводов для транспортировки образующегося при флотации осадка в метантенк.

Производительность на совместном этапе биологической очистки составляет около 100 000 эквивалентных жителей. На данном этапе происходит очистка коммунальных сточных вод и вод скотобойни (прошедших биологическую очистку после флотации) путем биологического удаления фосфатов, нитрификации и денитрификации. Полученный биогаз используется для выработки электроэнергии на когенерационной установке (общая установленная мощность около 4 МВт). Электроэнергия применяется для собственных нужд очистных сооружений (около 1,2 МВт), избыток подается в сеть.

При анаэробном сбраживании образующегося при флотации осадка в иловую воду попадает значительное количество азота. Чтобы уменьшить потребность в энергии, необходимой для удаления N из иловой воды, и требуемую дозу дополнительного углерода, в качестве альтернативы можно удалять азот путем получения нитритов вместо нитратов. Для этого была внедрена система PANDA.



Стоимость: 7 310 000 евро

Общая стоимость составляет 7,31 млн. евро, из них:

- метантенк: 1,29 млн. евро;
- вспомогательное оборудование: 1,0 млн. евро;
- когенерационная установка: 1,6 млн. евро;
- здание станции когенерационной установки: 1,4 млн. евро;
- электрическое оборудование, контрольно-измерительные приборы и средства управления: 0,6 млн. евро;
- система PANDA: 1,42 млн. евро.



3 Процесс термического гидролиза на ОСК г. Векшё (Швеция)

Процесс термического гидролиза реализуется в рамках текущих проектов, направленных на сокращение объема отходов и затрат на строительство и эксплуатацию метантенков, а также на увеличение выхода биогаза и повышение гигиеничности.

Компоненты, установленные при реализации технического решения:

Блок термического гидролиза состоит из оборудования для предварительного осушения, измельчителя, реакторов, испарителя, теплообменника и парового котла. В качестве топлива для парового котла используются древесные пеллеты. Полученные твердые биологические отходы применяются в качестве сертифицированного REVAQ удобрения в сельском хозяйстве.

Предварительная обработка проводится путем парового взрыва (6 бар, 165 °C в течение примерно 20 минут), в результате чего клеточные структуры разрушаются и, следовательно, увеличивается доступность субстрата. Это позволяет повысить скорость биологического разложения и увеличить выход метана в процессе сбраживания. Данная обработка также обеспечивает гигиеничность и повышает водоотдачу осадка.

Поставщик технологии: [Cambi](#)

Пример функционирования на объекте:

Муниципалитет Векшё недавно приступил к эксплуатации установки по предварительной обработке отдельно собранных бытовых пищевых отходов. Цель состоит в увеличении производительности существующей биогазовой установки при выработке биогаза из пищевых отходов или из осадка, сбраживаемого совместно с пищевыми отходами. Планируется, что к 2030 году новая установка может перерабатывать 8 600 метрических тонн осадка по сухому веществу в год, из которых 67% составляет осадок, а 33% — пищевые отходы.

Блок термического гидролиза был установлен на биогазовой установке Сундет в г. Векшё в сентябре 2014 года для обработки возрастающих объемов осадка и пищевых отходов. Это позволило обеспечить эффективное биоразложение осадка и увеличение выхода метана. Производство биогаза сейчас на 20% выше, чем при использовании традиционных методов. Весь биогаз будет очищаться и использоваться в качестве автомобильного топлива в транспортном секторе.

На очистных сооружениях Сундет осуществляется очистка сточных вод от более 95 000 эквивалентных жителей. Среднесуточный расход составляет 20 000 м³.



Результаты после внедрения процесса термического гидролиза показали, что выход биогаза, соответствующего 500 кВт/т сухого вещества субстрата, увеличился на 26% по сравнению с периодом до внедрения установки. Потребление энергии для обеспечения процесса термического гидролиза выросло пропорционально увеличению выработки биогаза, что, однако, экономически оправдано, так как биогаз имеет более высокую экономическую ценность. Предварительная обработка также обеспечивает гигиеничность продукта. Техническая сложность установки после монтажа оборудования термического гидролиза повысилась, что привело к повышению требований к компетентности персонала.

Получение твердых биологических отходов и их качество позволяют сократить затраты на транспортировку и энергию; конечный продукт можно использовать в сельском хозяйстве в существующем виде либо компостировать или высушивать для последующего применения в качестве удобрения или биотоплива. Помимо оптимизации энергоэффективности и снижения эксплуатационных затрат, процесс термического гидролиза также устраняет проблему неприятного запаха, возникающего при обработке сточных вод, содержащих органические загрязнения. Технологию можно использовать в сочетании с когенерационными установками, которые вырабатывают «зеленое» электричество и подают горячий пар в установку термического гидролиза. Получаемый в результате биогаз можно также очищать и использовать в качестве автомобильного топлива или как альтернативу природному газу.

Стоимость: 5 180 000 евро

50 млн. шведских крон, из которых 9,9 млн. шведских крон выделено Шведским энергетическим агентством.

4 Снижение концентраций фосфора путем химического осаждения и доочистки на песчаных фильтрах на ОСК г. Векшё (Швеция)

Экосистема озера, в которое сбрасываются очищенные сточные воды, очень чувствительна. Высокие концентрации фосфора в поступающей в водоприемник сточной воде вызывают «цветение» водорослей, что ведет к эвтрофическому истощению кислорода и неспособности системы поддерживать существование водных организмов. Чтобы минимизировать поступление в воду взвешенных веществ и фосфора, было выбрано данное техническое решение.

Компоненты, установленные при реализации технического решения:

На ОСК Сундет:

- решетка с шириной прозоров 3 мм;
- аэрируемые песколовки;
- первичные отстойники с химическим осаждением;
- аэротенки;
- вторичные отстойники;
- фильтры DynaSand с контактной фильтрацией.

Фильтры DynaSand работают в непрерывном режиме: это обеспечивает ряд преимуществ по сравнению с традиционными песчаными фильтрами с обратной промывкой. В традиционных песчаных фильтрах частицы задерживаются в песчаной загрузке, в результате чего увеличивается перепад давления, и для продолжения фильтрации загрузку необходимо очистить путем обратной промывки. Время между циклами обратной промывки может быть очень коротким, что сокращает эффективное время работы.

Технология песчаных фильтров DynaSand является оптимальным решением для непрерывного процесса очистки воды и сточных вод, обеспечивающим постоянное качество фильтрата даже при высокой поверхностной нагрузке.

Поставщик решения: [Nordic Water](#)

Пример работы на площадке:

ОСК Сундет расположены за пределами г. Векшё на юге Швеции, введены в эксплуатацию в 1994 году вместо старых ОСК. Проектная производительность ОСК по загрязняющим веществам составляет 95 000 эквивалентных жителей (реальная производительность — 67 670 эквивалентных жителей), среднесуточный расход составляет 20 000 м³.



Экосистемы небольших озер вокруг Векшё чрезвычайно чувствительны. В прошлом в озера поступало большое количество фосфора, поэтому на очистных сооружениях, введенных в эксплуатацию в 1994 году, были приняты значительные меры по сокращению его концентраций. Перед предприятием была поставлена задача снизить содержание фосфора в каждом литре сточной воды до показателя не более 0,2 мг. Для выполнения данного требования в качестве системы доочистки были установлены фильтры DynaSand (поставщик Nordic Water Products). Система состоит из шести рядов, по 10 фильтров в каждой зоне.

На ОСК Сундет внедрен двухэтапный процесс удаления фосфора. На первом этапе в сточные воды на отрезке между сооружениями первичной механической очистки и биологической очистки дозируется реагент. В результате этого образуются хлопья фосфора, которые оседают на дно и удаляются. Второй этап происходит в песчаных фильтрах непрерывного действия, которые являются последним элементом технологической цепочки очистки. Перед песчаными фильтрами дополнительно дозируется реагент.

На очистных сооружениях для системы DynaSand впервые в Швеции использовались бетонные резервуары. Общая площадь фильтрации составляет 300 м², скорость фильтрации — от 5 до 10 м/ч. Уровень удаления фосфора теперь составляет 99%, из них 4–7% удаляется на фильтрах. Концентрации фосфора на выходе составляют 0,05–0,1 мг/л.

Стоимость: 18 700 000 евро

Общая стоимость очистных сооружений, включая сопутствующие насосные станции и трубопроводы, составила 180 млн. шведских крон.



5 Экспериментальная передвижная установка для исследования новых методов очистки сточных вод в Гданьске

Экспериментальная установка спроектирована и сконструирована для долгосрочного испытания различных методов очистки сточных вод, при которых используются процессы биологической очистки с помощью суспендированной биомассы и (или) биопленки, фиксированной на загрузке.

Технологическая цепочка очистки сточных вод включает блоки первичной и вторичной очистки. Первичная физико-химическая очистка обеспечивается двухступенчатым резервуаром для флокуляции, за которым расположены отстойник и блок фильтрации. Вторичная очистка производится в двух биореакторах, совмещенных с отстойниками и оснащенными мешалками и диффузорами. Указанные выше технологические процессы могут эксплуатироваться в различных конфигурациях, что делает установку гибкой и легко адаптируемой к потребностям заказчика.

Работа испытываемой конфигурации технологического процесса может контролироваться с помощью встроенных датчиков взвешенных веществ, аммония, нитритов, нитратов, кислорода, pH, проводимости и окислительно-восстановительного потенциала. Современная система управления с ПЛК позволяет автоматически регулировать температуру технологического процесса, концентрацию кислорода и pH в пределах заданных значений. Кроме того, контроль и управление работой экспериментальной установки можно осуществлять удаленно с помощью ПК или мобильного телефона.

Расположение объектов экспериментальной установки в транспортном контейнере (длиной 12 футов) обеспечивает гибкость для заказчиков, которым необходимо проводить экспериментальные исследования на различных участках или одновременно эксплуатировать нескольких полномасштабных очистных сооружений.

Компоненты, установленные при реализации технического решения:

Предлагаемая инновационная технологическая концепция сочетает низкое потребление энергии и экономичные процессы для достижения эффективной очистки сточных вод и максимального извлечения химической энергии (органических соединений, присутствующих в сточных водах) с целью увеличения выработки биогаза.

Первичная очистка состоит из процесса коагуляции-флокуляции-осаждения с последующей фильтрацией для увеличения извлечения углерода и удаления фосфора.

Вторичная очистка включает автотрофную деаммонификацию с помощью процесса частичной нитритации и анаэробного окисления аммония (аннамокс) в комплексной системе очистки с помощью биопленки и свободноплавающего в реакторе активного ила (система IFAS — integrated fixed film activated sludge), в которой сочетаются преиму-



щества как очистки с помощью фиксированной на загрузке биопленки, так и традиционной очистки с помощью суспендированного активного ила.

Доочистка осуществляется на двухступенчатых грунтово-растительных площадках, что обеспечивает низкую стоимость удаления оставшихся органических веществ и биогенных элементов.

Пример функционирования на объекте:

Экспериментальные исследования высокоэффективной в энергетическом и экономическом плане инновационной концепции очистки сточных вод на очистной станции «Всхуд» в г. Гданьске (Польша).

Возможность извлечения существенной доли органического углерода и удаления азота с помощью процесса нитритации и анаэробного окисления аммония рассматривается как ключ к достижению положительного баланса энергии на очистных сооружениях. Увеличение доли извлекаемого углерода улучшает энергетический баланс за счет увеличения выработки биогаза, который может быть использован на когенерационной установке для получения избыточной возобновляемой энергии. Аннамокс-процесс позволяет сократить азотный цикл, поскольку аммонийные микроорганизмы превращают аммоний и нитрит непосредственно в газообразный азот. Это позволяет удалять азот при потреблении кислорода на 60% ниже по сравнению с традиционными методами нитрификации-денитрификации. Кроме того, для процесса не требуется источник углерода для денитрификации, что обеспечивает более высокую степень извлечения углерода.

Инновационная комбинированная технология значительно улучшает энергетический баланс и позволяет сделать работу очистных сооружений рентабельной и энергоположительной.

Стоимость: 170 000 евро (строительство экспериментальной установки)

Финансирование:

В рамках проекта IWAMA, софинансируемого Программой INTERREG «Регион Балтийского моря 2014–2020».

Сопутствующие материалы:

Брошюра о концепции и полученных результатах

6 Новая канализационная насосная станция в г. Санкт-Петербурге (Россия)

Для работы КОС в г. Санкт-Петербурге требовалась инновационная высокоэффективная технология подъема сточных вод к отводящему тоннелю. Другими задачами проекта являлись охрана водных ресурсов и защита Балтийского моря от сброса неочищенных сточных вод и вызываемой этим эвтрофикации.

Компоненты, установленные при реализации технического решения:

На узле регулирования стоков в г. Санкт-Петербурге было установлено следующее оборудование:

- 13 основных насосов Amarex KRT K 400-710 (номинальная мощность двигателя одного насоса 580 кВт, производительность 2592 м³/ч, напор 59 м, КПД 81%);
- 3 дренажных насоса Amarex KRT K 200-500;
- 3 насоса опорожнения Amarex KRT F 80-316 в прямках.

На узле подачи сточных вод также было установлено следующее оборудование: распределительное устройство (производитель VEO (Финляндия)), частотный преобразователь (производитель Vacon OY (Финляндия)) и регулирующее оборудование для каждого главного насоса, система электропитания и кабели управления (производитель Reka Cables Oy (Финляндия)).

Поставщик решения: [KSB Finland OY](#)

Пример функционирования на объекте:

В 2005 году в г. Санкт-Петербурге (Россия) был инициирован крупномасштабный проект водоотведения с целью более экономного и устойчивого использования водных ресурсов. Проект осуществлялся городом в сотрудничестве с ЕС и был завершен в 2013 году. В ходе реализации проекта Водоканал Санкт-Петербурга сотрудничал с Министерством окружающей среды Финляндии.

В рамках проекта в Санкт-Петербурге была введена в эксплуатацию новая насосная станция (узел регулирования сточных вод). В настоящее время узел является центральной частью системы тоннелей протяженностью 12 км, обеспечивающей выпуск в Балтийское море только полностью очищенной воды. Насосная станция является самой глубокой в Европе (глубина шахты до 92 м). В тоннель подается в среднем 600 000 м³ сточных вод, из тоннеля сточные воды самотеком поступают на КОС.



После завершения проекта нагрузка по фосфору и азоту на Балтийское море сократилась на 1000 тонн ежегодно. После ввода узла обработки сточных вод в эксплуатацию в 2013 году, 98% всех городских сточных вод в Санкт-Петербурге проходят полную очистку. Благодаря амбициозному проекту водоотведения город обеспечивает выполнение рекомендаций ХЕЛКОМ и помогает поддерживать чистоту Балтийского моря.

Стоимость: 4 500 000 евро

Вклад Финляндии (4,5 млн. евро) предназначался для закупки оборудования финских производителей на узел регулирования сточных вод.



7 Химическое осаждение фосфора на ОСК г. Бреста (Беларусь)

Удаление фосфора можно интенсифицировать с помощью анаэробно-аэробного процесса и дополнительного удаления фосфора путем химического осаждения.

В качестве рекомендуемых точек дозирования при химическом осаждении используются приемные камеры поступающих на очистку сточных вод и распределительные камеры, где активный ил, поступающий из аэротенков, разделяется и поступает на вторичные отстойники. Кроме того, для максимального повышения эффективности использования реагентов необходимо химическое осаждение фугата, образующегося при обезвоживании сброженного осадка, и перелива из метантенков до их подачи на очистные сооружения. Управление дозированием должно осуществляться по результатам непрерывного измерения расходов поступающих на очистку сточных вод и фугата.

В анаэробно-аэробном процессе в начале линии аэрации организовано перемешивание, остальная часть аэрируется. Фосфор высвобождается из клеток фосфор аккумулирующих организмов в анаэробной зоне и поглощается в аэробной зоне. Кроме того, в аэробной зоне происходит биохимическое окисление. Процесс нитрификации подавляют путем сокращения времени нахождения осадка в аэротенке.

Компоненты, установленные при реализации технического решения:

Основные пункты плана:

- строительные работы (земляные работы, бетонные стены, демонтаж старых стен, полиэтиленовая облицовка и т. д.);
- 8 насосов-дозаторов с преобразователями частоты;
- мешалка в резервуаре дозирования;
- загрузочный бункер, шнековый питатель и кран-балка для гранулированных и порошковых реагентов;
- трубопровод от насосного зала до точек дозирования с электрическим кабелем для нагрева;
- вентиляция и отопление (по необходимости);
- электрическое оборудование, контрольно-измерительные приборы и средства автоматизации.

Поставщик технического решения: [Watem OY](#)



Пример функционирования на объекте:

В 2013 году на ОСК г. Бреста было внедрено ускоренное удаление фосфора. Прежде всего, был реализован анализ в режиме реального времени содержания фосфора общего и фосфора фосфатного после первичных отстойников и в очищенных сточных водах. Кроме того, лаборатория ОСК получила оборудование для анализа общего фосфора (спектрофотометр, нагревательный реактор и первичный запас реагентов).

Блоки химического осаждения осадков, финансируемые проектом PURE, спроектированы с расчетом на снижение расчетной нагрузки по фосфору в коммунальных сточных водах и фугате. Расчетный расход реагентов для Бреста составляет 6,3 мЗ/сут.

Станция хранения и дозирования реагентов построена на базе старых неиспользуемых блоков преаэрации. В одной половине резервуара были устроены резервуар хранения (200 мЗ), резервуар дозирования (100 мЗ) и насосный зал (100 мЗ). Над резервуарами для реагентов построена щитовая.

Стоимость: 230 430 евро

Финансирование:

В рамках проекта PURE, софинансируемого Программой INTERREG «Регион Балтийского моря 2007–2013».

8 Уплотнение избыточного ила на центрифуге-декантере на ОСК г. Риги (Латвия)

Центрифуга предназначена для эффективного удаления избыточной влаги при малом потреблении энергии и реагентов до 5–7% по сухому веществу. Потребность в реагентах при работе центрифуги низкая (1,0–1,5 г/кг сухого вещества); однако потребление энергии может быть выше по сравнению с другими методами механического обезвоживания. Оборудование также может работать без добавления флокулянта, но в этом случае эффект отделения воды намного ниже, чем при использовании флокулянта.

Компоненты, установленные при реализации технического решения:

Центрифуга непрерывного действия со сплошным ротором, специально предназначенная для уплотнения осадка коммунальных сточных вод. Рама имеет открытую конструкцию с самотечным выпуском осветленной фазы. Производительность 10–300 м³/ч.

Поставщик решения: [GEA Westfalia Separator Group GmbH](#)

Пример функционирования на объекте:

В 2012 году на ОСК «Даугавгрива» в г. Риге общей производительностью 1 000 000 эквивалентных жителей была установлена илоуплотнительная центрифуга-декантер. На ОСК на тот момент ежегодно образовывалось около 6 857 тонн осадка (по сухому веществу), подлежащих утилизации.

На ОСК первичный осадок образуется в первичных отстойниках (время нахождения в резервуаре: 2,5 часа, содержание сухого вещества: 4–5%). После механического сгущения избыточного ила на центрифуге (расход полимера 2–4 г/кг сухого вещества) содержание сухого вещества увеличивается до 5–7%. В связи с этим общее содержание сухого вещества после метантенка составляет 3%. Биологическое сбраживание происходит при температуре 37 °С в течение 14–20 суток. Биогаз, до 5 часов хранящийся в резервуаре емкостью 2 500 м³, используется для работы когенерационной установки, эксплуатация которой передана отдельной компании.

Сброженный осадок кондиционируется с помощью полимера (8 г/кг сухого вещества) и обезвоживается на центрифугах до влажности 22%. Весь осадок предназначен для утилизации в сельском хозяйстве, что является наиболее распространенным способом утилизации осадка в Латвии.

Стоимость: 129 900 евро

Финансирование:

В рамках проекта PURE, софинансируемого Программой INTERREG «Регион Балтийского моря 2007–2013».



9 Биофильтрация в парке Маунуланпуйсто в г. Хельсинки (Финляндия)

Блоки биофильтрации представляют собой конструкции, имитирующие естественный гидрологический процесс фильтрации. Большая часть воды удерживается в конструкции, после чего проникает в почву или отводится. В зависимости от условий также происходит процесс эвакотранспирации (испарение плюс транспирация).

Компоненты, установленные при реализации технического решения:

Системы биофильтрации обычно состоят из верхнего слоя, фильтрующей загрузки, накопительного слоя и дренажного слоя. Обычно на более крупных блоках биофильтрации вода предварительно проходит через отстойник, где оседают твердые частицы. Чтобы избежать засорения системы, сам блок биофильтрации не должен использоваться в качестве уловителя осадка, и в систему должна быть включена предварительная обработка ливневого стока. При биофильтрации ливневой сток сначала фильтруется через растительный слой, а затем вертикально — через почвенный фильтрующий материал. Поэтому проницаемость верхнего слоя системы должна быть достаточно высокой, чтобы обеспечить фильтрацию. Отфильтрованная вода либо просачивается непосредственно в почву, либо собирается в систему дренажей, расположенную в основании системы, а затем выпускается в водоприемник или ливневую канализацию.

Очистка путем биофильтрации основана на различных процессах, включая тонкую фильтрацию, адсорбцию, химические реакции и биологическое поглощение. Заполнение водой поверхности почвы происходит вследствие превышения пропускной способности почвенного пространства фильтрующей загрузки. Регенерирующая среда обычно представляет собой пористую почву с верхним слоем мульчи из твердых пород дерева и растительности, что также позволяет предотвратить эрозию почвы в системе. Поскольку при биофильтрации требуется быстрый пропуск воды, почва обычно имеет высокое содержание песка, для снижения концентрации загрязняющих веществ почва не должна содержать большое количество ила и глины.

Пример функционирования на объекте:

В 2015 году в парке Маунуланпуйсто в Хельсинки была реализована зона биофильтрации для очистки дождевой и талой воды и улучшения качества воды в ручье Хааганпу-ро, где нерестится лосось. Качество воды улучшается за счет осаждения взвешенных частиц в отстойнике до биофильтрации. Дождевая вода и талая вода направляются по дренажным трубам в отстойник, в котором оседает большая часть взвешенных веществ. Затем вода продолжает свой путь в зону биофильтрации, где отстаивается, пока биогенные элементы и тяжелые металлы не будут связаны растениями. После этого вода медленно просачивается в фильтрационные песчаные слои под растительностью, при этом вредные вещества поглощаются микроорганизмами. Наконец, очищенная вода через дренажную трубу подается в канаву и далее в ручей Хааганпу-ро.



Отстойники и зону биофильтрации необходимо ежегодно проверять, осадок необходимо удалять примерно каждые 5 лет. Кроме того, слои биофильтрации необходимо обновлять каждые 10 лет, а растительность срезать в августе / сентябре.

Стоимость: 220 000 евро

Финансирование:

Программа Life+ и Министерство окружающей среды Финляндии. Решение было реализовано в рамках проекта CITYWATER — «Бенчмаркинг по защите воды в городах». Контракт с учетом планирования технологии биофильтрации был подписан городом Хельсинки с Финской консалтинговой группой.



BALTIC SMART WATER HUB