

**На территории подстанции 110/35/6кВ ПС 21 «Шуя», расположенной в Республике Карелия, вблизи Петрозаводска, параллельно с реконструкцией трансформаторного хозяйства и установкой нового технологического оборудования для очистки загрязненного трансформаторного масла дождевого и талого стока смонтированы локальные очистные сооружения, работающие также по современным технологиям, включая нанотехнологии.**

По схеме реконструкции дождевой канализации типовым проектом (ТП) предполагался вывоз и утилизация частично очищенных дождевых вод на какие-либо действующие канализационные очистные сооружения (КОС). Такое решение представляется проблемным по следующим соображениям:

- очистных сооружений промышленной канализации в радиусе 460 км от подстанции 110/35/6 кВ ПС 21 «Шуя» не существует;
- ближайшими к ТП сооружениями биологической очистки, работающими в близком к нормативному по эффективности очистки режиме, являются КОС г. Петрозаводска;
- вероятность того, что перегруженные петрозаводские КОС смогут принимать дополнительно дождевые стоки трансформаторной подстанции 110/35/6КВ ПС 21 «Шуя», практически равна нулю;
- в случае же удачи и приема стоков городскими КОС, вывоз 25 м<sup>3</sup> частично очищенных дождевых стоков на расстояние порядка 40 км потребует круглосуточной работы одной-двух вакуумных машин. Эксплуатационные затраты будут чрезмерными.

Декларированное типовым проектным решением качество очистки поверхностного стока на сорбционных фильтрах подземного размещения не может быть обеспечено по следующим соображениям:

- эффективность безреагентного фильтрования через любую инертную загрузку, в том числе минеральную вату URSA, не превышает 35–55%; в таком случае на сорбционный фильтр будет поступать сток с концентрацией взвешенных веществ от 260 до 180 мг/л;
- сорбент (любой, в том числе МАУ) может эффективно работать на удаление нефтепродуктов только при подаче на него свободного от взвеси стока; заиленная поверхность сорбента недоступна для нефтепродукта;
- операции по периодической замене подземных водонасыщенных блоков механической очистки весом около 0,5 т и сорбционной очистки весом около 1,0 т в условиях отсутствия стационарного грузоподъемного оборудования никогда и никем не будет выполняться;
- дождевой сток, помимо взвешенных веществ и нефтепродуктов, несет с собой органические загрязнения с БПК (биохимическая потребность кислорода) до 50 мг/л. Отсутствие какой-либо аэрации в заполнен-

ном стоками колодце в междождевой период приведет к анаэробному разложению органики, появлению вторичных загрязнений в стоках.

В типовое проектное решение были внесены следующие изменения:

- частичная очистка дождевого стока от трансформаторного масла заменена на глубокую очистку;
- вывоз частично очищенного дождевого стока вакуумными машинами заменен на выпуск глубоко очищенного стока в дренажную канаву;
- подземное размещение фильтра механической и сорбционной очистки патрон-

## Ноу-хау для охраны природы

**Природоохранные сооружения в Карелии реконструируются с использованием нанотехнологий**

ного типа заменен на наземную конструкцию многослойного фильтра «сухого» фильтрования;

- в «сухом» фильтре на первых трех ступенях используется местный органический сорбент – торфоплиты; на четвертой минеральный сорбент также отечественного производства – «Новосорб».

Расположение трансформаторной подстанции 110/35/6КВ ПС 21 «Шуя» в бассейне водосбора реки Шуи, впадающей в Логмозеро и далее в Петрозаводскую губу Онежского озера, являющиеся водисточником Петрозаводского городского водопровода, потребовало обеспечения повышенной надежности сооружения дождевой канализации.

Для этих целей на последней, пятой ступени, предназначенной для глубокой доочистки стоков, применен сорбционный материал, известный под брендом «Золотая формула».

Сорбент «Золотая формула», согласно информации производителя, получается терморасширением графита в 500–1000 раз, что обеспечивает удельную поверхность до 25 м<sup>2</sup> в одном грамме вещества и размер пор в области 100 мкм, что соответствует градации нанотехнологии.

Авторство (ноу-хау) в получении высокоэффективного сорбента с наноразмерами пор принадлежит академику В. И. Петрику; внедрением в производство этого уни-

кального сорбента занимается научно-производственная фирма «Золотая формула».

Сравнительная характеристика проектной и откорректированной технологической очистки дождевого стока представлена в таблице 1.

### Конструктивное оформление сооружений глубокой очистки дождевого стока

На территории подстанции на глубине промерзания устанавливаются два резервуара-накопителя (железные цилиндрические цистерны, обработанные антикоррозионным составом) объемом по 25 м<sup>3</sup> каждый. Каждый резервуар имеет отдельную горловину и выход на поверхность. Резервуары соединены между собой перепускным трубопроводом, проходящим под горловинами.

Дождевые воды поступают самотеком с площадки водосбора в первый резервуар-накопитель. В резервуаре-накопителе монтируется погружной насос фирмы Pedrollo.



Работа насоса настраивается прикрытием вентиля на напорном патрубке на откачку резервуара-накопителя в нормативные 24 часа:

$$25,0 \text{ м}^3 : 24 \text{ ч} = 1,04 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Отметка опорожнения устанавливается ниже перепуска во второй резервуар-накопитель, предназначенный для накопления масла в случае аварии.

Резервуар-накопитель № 1 имеет зоны накопления осадка и нефтепродуктов. Отбор всплывших нефтепродуктов осуществляется оператором службы эксплуатации или сервисного обслуживания с помощью вакуумной системы (по типу устройств для замены масла в автомобилях). Удаление осадка производится в «сухие» периоды года после полного осушения емкостей.

По напорному трубопроводу  $\Delta = 32$  мм усредненный сток направляется на пятисекционный «сухой» фильтр наземного размещения для сорбционной очистки. Водоочистная установка размещается в утепленном, вентилируемом контейнере. В контейнере

хранится также запас реагентов для ликвидации последствий аварийных утечек масла из трансформатора.

Наземное размещение пятисекционного сорбционного фильтра обеспечивает возможность удобного его обслуживания, контроля за качеством очистки, по-секционной замены отработавшего сорбционного материала. Конструкция и общий вид сорбционного пятисекционного фильтра представлена на рисунке.

Очищенный дождевой сток самотеком по лотку из полихлорвиниловой или асбестоцементной трубы диаметром 300–350 мм выпускается в существующую дренажную канаву, построенную для осушения территории трансформаторной подстанции.

### Конструкция сорбционного фильтра

В отличие от известной конструкции сорбционного фильтра, где фильтрпатрон размещен в водозаполненном колодце, предлагается фильтр наземного размещения, в котором фильтрующие слои работают в «сухом» режиме. Загрузка орошается равномерно с помощью распределительной системы. Очищаемый сток контактирует с сорбентом в пленочном режиме, что существенно интенсифицирует процессы массообмена.

Фильтрование происходит по следующей схеме:

- очищаемая вода распределяется по поверхности первой секции фильтра с помощью перфорированной трубы;
- на первых по водному потоку секциях, заполненных торфоплитами, водный поток очищается от механических примесей и эмульгированных нефтепродуктов;
- заработанная нефтепродуктами и минеральными примесями торфоплита может быть отправлена на сжигание в местную котельную;
- далее поток воды проходит одну секцию, заполненную минеральным сорбентом «Новосорб»;

**Таблица 2. Ожидаемые концентрации загрязнений по ступеням очистки**

Вид загрязнений	Концентрация загрязнений, мг/л; эффект очистки, %												
	Отстойник				После секций «сухого» фильтра								
	первая		вторая		третья		четвертая		пятая				
	до	%	мг/л	%	мг/л	%	мг/л	%	мг/л	%	мг/л		
Взв. вещества	700	60	280	40	168	40	100,8	40	60,48	60	24,2	90	2,5
Нефтепродукты	50	80	10	50	5	50	2,5	50	1,25	80	0,25	90	0,03

- финишная обработка стока с доведением до нормативных для сброса на рельеф показателей производится на секции, загруженной сорбентом «Золотая фомула» с наноразмерами пор;
- минеральные сорбенты могут регенерироваться обжигом или заменяться на новые;
- очищенная вода пригодна для сброса на рельеф;
- кроме того, на «сухом» фильтре, где обеспечены условия для образования биопленки (аналог биофильтра) и хорошая аэрация, задерживаются и минерализуются органические вещества (идет снижение БПК).

Сорбционная установка пятисекционного «сухого» фильтрования имеет габариты 0,8 x 0,5 x 1,7(н).

Фильтр выполнен из нержавеющей стали; для удобства замены отработавшей загрузки секции фильтра сделаны выдвигаемыми. Размер каждой секции – 0,6x0,4x0,25(н)м, f=0,24 м<sup>2</sup>.

Дно секций перфорировано со скважностью 30 %. Боковые щели обеспечивают перелив стока в случае заиливания загрузки в нижерасположенные секции.

Ожидаемые концентрации загрязнений по ступеням очистки представлены в таблице 2.

Фактическая продолжительность межрегенерационного периода корректируется в процессе пуска-наладки и первого года штатной эксплуатации.

Один раз в месяц все резервуары и емкости опорожняются, промываются и подвергаются санитарной обработке.

Построенные и пущенные в штатную эксплуатацию локальные очистные сооружения переданы на сервисное обслуживание специализированной организации (ООО «Чистая вода»). По результатам наблюдений за качеством очистки принимается решение о времени замены и утилизации сорбентов.

### Ликвидация последствий возможного аварийного выброса трансформаторного масла

При возникновении аварийной ситуации система аварийной защиты открывает аварийный клапан. Все масло сливается из трансформатора на площадку и далее самотеком поступает в дождевую сеть, заполняет последовательно резервуары-накопители № 1 и № 2.

Одновременно со срабатыванием аварийного клапана подается сигнал на блокировку погружного насоса, чтобы масло не подавалось на очистные сооружения и далее – на рельеф.

В режиме ликвидации ЧП специализированными вакуумными машинами масло откачивается через эксплуатационные горловины и вывозится на пункт приема масла для переработки.

Освобожденные от трансформаторного масла резервуары-накопители подлежат тщательной очистке пропариванием или с помощью специальных химико-биологических средств. В качестве одного из таких средств может быть рекомендован биоактиватор для очистки от нефти Гидробрейк (HydroBreak). Гидробрейк и его растворы пожаробезопасны, нетоксичны, и технологии с его использованием являются экологически чистыми.

Принцип работы биоактиватора Гидробрейк основан на том, что препарат разбивает длинные углеводородные молекулы на более короткие и более доступные для биопереработки цепочки. Тем самым стимулируется «взрывной» рост бактерий, имеющихся в природе, которые «съедают» эти «остатки» длинных молекул, превращая их в воду и углекислый газ. Далее, когда «источник питания» иссякает, бактерии погибают.

Продукты жизнедеятельности бактерий смываются с очищенной поверхности резервуаров-накопителей и вывозятся на захоронение. После многократной промывки чистой водой резервуары-накопители по акту передаются для использования по назначению в системе дождевой канализации объекта.

**Елена Олеговна ГРАФОВА,**  
к.т.н, ассистент,

**Ренат Исхакович АЮКАЕВ,**  
д.т.н., профессор, зав. кафедрой водоснабжения, водоотведения и гидравлики  
Петрозаводского государственного университета,  
**Юрий Георгиевич ЕФИМЕНКО,**  
руководитель Управления Ростехнадзора  
по Республике Карелия

**Таблица 1. Сравнительная характеристика проектной и откорректированной технологий очистки дождевого стока**

Показатели	Проектное решение	Откорректированное решение
Технология очистки дождевого стока	аккумулятивное, отстаивание, однослойное механическое и сорбционное фильтрование	аккумулятивное, отстаивание, «сухое» многослойное механическое и сорбционное фильтрование
Песколовка	нет	есть
Аккумулятор стока	V=25,0 м <sup>3</sup>	V=25,0 м <sup>3</sup>
Размещение фильтров	подземное	наземное
Материал сорбционного фильтра	минеральный – URSA минеральный сорбент «МАУ»	органический – торфоплиты минеральный сорбент «Новосорб»; минеральный наносорбент «Золотая формула»
Ступени сорбционной очистки	1	5
Качество фильтрата		
Взвешенные вещества	10,0 мг/л	2,5 мг/л
Нефтепродукты	0,3 мг/л	0,05 мг/л