

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕМБРАННОЙ ТЕХНИКИ ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД СВАЛОК ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ И ТОКСИЧНЫХ ОТХОДОВ

Мембранные системы фирмы ROCHEM	2
Мембранный ДТ-модуль	3
Мембранный ST-модуль	4
1. Использование техники ROCHEM для очистки сточных вод свалок на территории Западной Европы на примере региональной свалки Шёнберг: г.г. Любек / Киль / Гамбург)	5
2. Использование техники фирмы ROCHEM для очистки токсичных сточных вод на примере полигона "Красный Бор" (г. Санкт-Петербург, Россия).	17
3. Референтные системы фирмы ROCHEM для обработки стоков свалок твердых бытовых отходов	21
Приложения:	
Рекомендуемая технология обращения с концентратом системы ROCHEM для очистки стоков полигонов ТБО	24
Возвращение природе пермеата системы ROCHEM после очистки стоков свалки твердых бытовых отходов Шёнберг.	27
Система ROCHEM очистки сточных вод (220 м ³ /сут) свалки ТБО (полигон № 5) в с. Подгорцы Обуховского района Киевской области.	29

Директор
Тоцкий Василий Васильевич
+38 (050) 451 04 68

Руководитель проекта
Лизогуб Григорий Григориевич
+38 (050) 500 61 75

Начальник технического отдела
Прошкин Валерий Станиславович
+38 (066) 474 65 75

МЕМБРАННЫЕ СИСТЕМЫ ФИРМЫ ROCHEM

Существует целый ряд традиционных технологий очистки воды. Это: отстаивание, реагентная обработка, песчаные, угольные фильтры, различные комбинированные системы на основе ионообменных смол или сорбентов и т.п.

Самым современным направлением очистки воды является мембранная техника, лидером изготовления и использования которой является фирма ROCHEM.

Фирма ROCHEM много лет специализируется на выпуске опреснительного оборудования для надводных и подводных военно-морских судов (стандарт НАТО).

С 1981 года обратноосмотическая техника ROCHEM успешно применяется в области очистки стоков промышленных предприятий и стоков городских свалок.

Как правило, уже после первой стадии фильтрации неочищенных сточных вод получают чистые фильтраты, которые по своим качествам соответствуют качеству питьевой воды и их можно использовать снова, сокращая таким образом объемы сбрасываемых сточных вод.

Все фильтрационные системы ROCHEM используют барьерный принцип удержания загрязнений, поэтому характеристики удержания частиц не зависят от параметров фильтруемой жидкости. Использование новых материалов и конструктивных особенностей позволяют получать фильтрующие системы характеризующиеся:

- компактностью (минимальной занимаемой площадью);
- длительным сроком службы (высокой грязеемкостью);
- гарантированным качеством фильтрата;
- низкими расходами на обслуживание и утилизацию фильтров;
- минимальным участием обслуживающего персонала (отсутствие «человеческого фактора»);
- минимальным использованием химических реагентов;
- экологичностью, минимальным количеством кислых и щелочных стоков;

На сегодняшний день более 2500 установок различной производительности работают на муниципальных и промышленных водоочистных станциях, свалках, судах, атомных станциях, островах по добыче нефти, станциях переливания крови, в офисах, бассейнах, квартирах, больницах, аптеках, - везде, где необходима чистая, сверхчистая вода.

Конкуренты фирмы ROCHEM производят рулонные или трубчатые мембранные модули.

Системы рулонного типа очень чувствительны к качеству исходной воды. Кроме этого, очистка модулей проходит в несколько (4 - 8) этапов для восстановления фильтрационных мембран. Например, английская обратноосмотическая установка „ЭЛЬГА“ работает на водопроводной воде СНГ один - полтора года, после этого необходима смена всех модульных элементов (приблизительно половина стоимости всей установки).

Для работы трубчатых фильтрационных модулей необходима высокая скорость движения потока исходной воды, а это означает мощные насосы и, следовательно, высокие энергозатраты для производства чистой воды.

Обычно фирмы предлагают комбинацию (фирма МИЛИПОР) из предварительной подготовки воды на ионообменных смолах и фильтрации на рулонных обратноосмотических модулях. Это приводит к значительному повышению стоимости системы.

МЕМБРАННЫЙ ДТ-МОДУЛЬ

Фирмой **ROCHEM** несколько лет назад разработан и запатентован новый фильтрационный **диск-трубчатый (ДТ)** модуль, имеющий очень простую конструкцию, но обладающий высокой эффективностью фильтрации. Он состоит из набора гидравлических направляющих дисков, между которыми расположены мембранные элементы т.н. мембранные „подушки“. На собранный пакет мембранных пар одевается труба давления. Модуль имеет короткие пути движения исходной воды над мембраной, причем жидкость движется над ней с такой скоростью, что поверхность мембран не успевает быстро загрязняться.

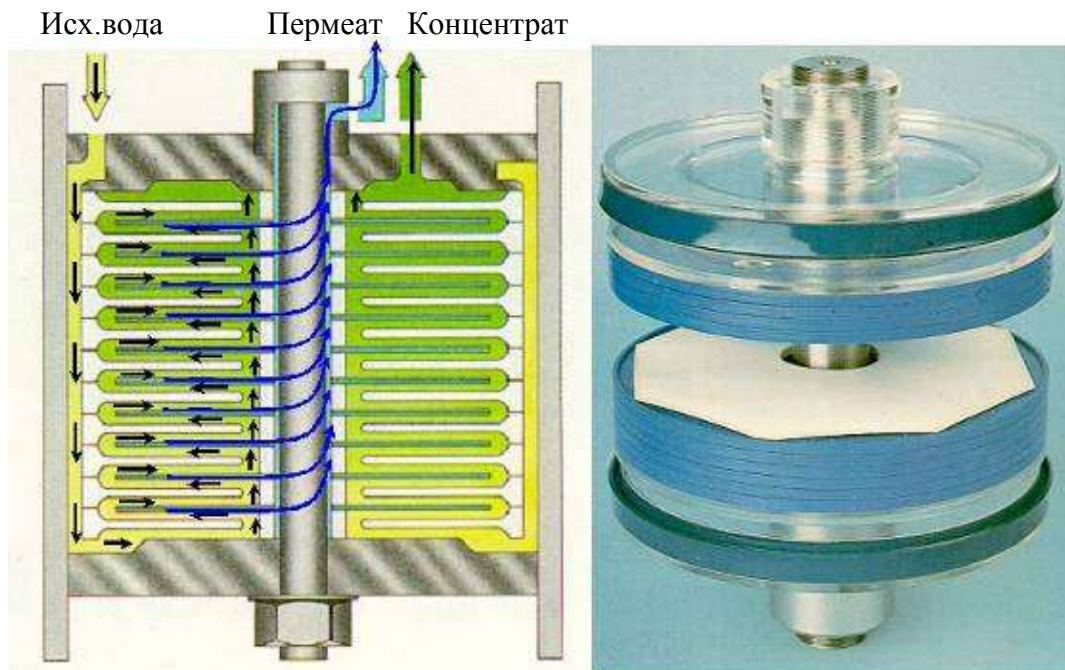


Рис. 1 - Конструкция ДТ-модуля

Преимущества обратноосмотических ДТ модулей перед другими типами:

- минимальные требования к предобработке воды;
- работа при гораздо более высоком давлении;
- более высокая степень очистки пермеата;
- более длительный срок службы мембран и интервалы между химическими очистками;
- лучшая «отмываемость» мембран;
- **ремонтпригодность (разборность!!!)**

Стабильность мембранного материала, эффективная конструкция модуля, его простота - позволяют использовать ДТ-модули, без замены мембран, очень длительное время. Так, при фильтрации морской воды, мембраны служат без их замены более 5 лет, при фильтрации водопроводной или артезианской воды - около 10 лет. Кроме того, при «пробое» одной из мембранных пар производится замена **только одной мембранной пары (около 5 % стоимости системы), в отличие от осмотических систем рулонного типа, где замене подлежит весь рулон (более 50 % стоимости всей системы).**

Требования, которые выдвигались для опреснения морской воды (высокое содержание коллоидных частиц, коррозионная стойкость, постоянное изменение качества исходной морской воды и др.) аналогичны требованиям, которые предъявляются при очистке стоков свалок. Поэтому надежная работа оборудования при получении экологически чистой воды и очистки стоков свалок при любых условиях - один из критериев работы фирмы **ROCHEM**.

Системы установок для мембранной фильтрации стоков городских свалок можно рассматривать, как двухстадийную очистку стоков с интегрированной стадией фильтрата (пермеата). Производительность каждой установки определена от 7000 л/ч и более.

При большом количестве стоков установки подключаются параллельно (модульная система).

Фирма не только разрабатывает и производит оборудование для очистки сточных вод свалок, но и обслуживает некоторое из них, используя полученный опыт для модернизации новых разработок и проектов.

МЕМБРАННЫЙ ST-МОДУЛЬ

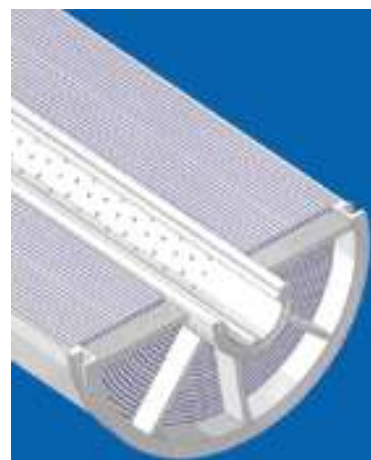
Два года назад фирмой ROCHEM разработан новый ST-модуль, который предназначен для замены ДТ-модулей на стадиях обратного осмоса с рабочим давлением до до 60 бар. Установленная мембранная область ST-модуля 25 м² (у ДТ-модуля - 10 м²).

Позволяют уменьшить:

- капитальные затраты в 2,5 раза;
- эксплуатационные расходы - на 27,5 % (за счет сокращения используемых реагентов)



**Собранные
в фильтрблок
ST-модули**



**Продольный
разрез
ST-модуля**

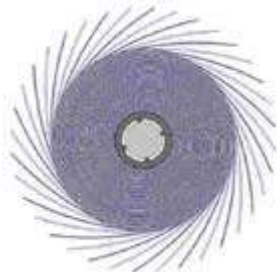
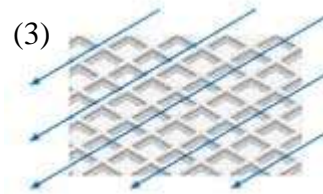
Накладки (1, 2 и 3) на мембране (Spacer) предназначены для предотвращения отложений на ней и для эффективной фильтрации. Конструкция накладки зависит от качества исходной воды.



(1) Поперечный разрез модуля



(2) Внутренний поперечный разрез ST-модуля
Направление движения жидкости в модуле.



**Разрез ST-модуля.
Верхний прижимной фланец**



**Нижний фланец модуля с подключениями
для входа/выхода воды и отвода пермеата**



Видны тефлоновые прокладки фланца не допускающего контакта исходной воды, концентрата и пермеата с металлическими частями модуля, что является важным при фильтрации агрессивной сточной воды или морской воды - отсутствие ржавления металла в модуле.

1. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНИКИ РОСНЕМ ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД СВАЛОК НА ТЕРРИТОРИИ ЗАПАДНОЙ ЕВРОПЫ НА ПРИМЕРЕ РЕГИОНАЛЬНОЙ СВАЛКИ ШЁНБЕРГ: Г.Г. ЛЮБЕК / КИЛЬ / ГАМБУРГ)

Эффективность и экономичность фильтрования стоков свалок с помощью установок обратного осмоса первой стадии (рабочее давление 60-65 бар) и обработка полученных концентратов после первой стадии второй стадией высокого давления (максимальное концентрирование), можно проследить на примере свалки Шёнберг, которая обслуживает почти весь северный регион ФРГ (г. Любек, Гамбург и др.). Свалка расположена на границе двух земель: Шлесвиг-Хольштайн и Мекленбург-Форпомерн и имеет общую поверхность, равную в настоящее время, около 150 га. Активное складирование мусора началось с 1979 года. Ежегодно на эту свалку загружается приблизительно 1 млн. м³ отходов, из которых:

- 50 % хозяйственно-бытовой мусор;
- 20 % шлам;
- 30 % промышленного мусора, особо опасного мусора и т.д.

1.1. ОЦЕНКА СТОЧНЫХ ВОД СВАЛКИ ШЁНБЕРГ, ИХ КОЛИЧЕСТВО И ДОПУСТИМЫЕ ЗНАЧЕНИЯ ДЛЯ ОЧИЩЕННОЙ ВОДЫ

Сбор жидких стоков свалки Шёнберг осуществляется с помощью дренажной системы, которая расположена между "телом" свалки и основанием и защищена специальной плёнкой. Свалка снабжена бетонированными открытыми резервуарами для сбора стоков (Polder) с общим объёмом, равным 301000 м³. Самый большой резервуар имеет объём ≈ 80000 м³.

В таблице 1.1. представлены результаты анализов исходных стоков свалки в период с ноября 1991 по сентябрь 1993 г.г. Пробы стоков брались из резервуаров-польдеров, из которых проводилась прямая запитка систем фильтрования ROSNEM Wassertechnik.

Таблица 1.1. Результаты исследования сточных вод на свалке Шёнберг в период 1991/1993 гг. (TGL 22764 - допустимые значения)

Наименование	Ед. изм.	ноябрь 1991	ноябрь 1992	сент. 1993	TGL 22764
Значение pH	-	8,4	8,0	7,8	5,5-8,5
Электропроводимость	mS/cm	17,7	23,2	20,4	1
БПК ₅	мг/л	185	70	100	10
ХПК	мг/л	5498	4540	2619	25
NH ₄	мг/л	628	398	794	2
Нитраты	мг/л	0,33	4,8	3,2	20
АОХ	мг/л	-	-	1,5	-
Фосфаты	мг/л	2,5	5,6	11	0,2
Галогенсодерж. растворители	мг/л	-	<0,01	-	<0,01
Ртуть (Hg)	мг/л	0,0005	0,001	<0,001	0,005
Кадмий (Cd)	мг/л	0,001	0,002	<0,01	0,005
Цинк (Zn)	мг/л	0,01	0,3	0,13	0,01
Натрий (Na)	мг/л	3450	4123	3284	70
Мышьяк (As)	мг/л	<0,002	<0,3	0,58	0,05
Хлориды (Cl)	мг/л	4220	5141	4040	100
Сульфаты (SO ₄)	мг/л	3420	4109	3210	150
Кальций (Ca)	мг/л	190	180	199	100
Никель (Ni)	мг/л	<0,28	0,2	0,2	0,5
Хром (Cr)	мг/л	0,02	0,2	0,4	0,3
Олово (Pb)	мг/л	0,02	0,05	0,01	0,1
Медь (Cu)	мг/л	0,07	0,47	0,05	0,01

Системы фильтрации расположены в закрытом помещении и занимают рабочую поверхность, вместе с необходимыми ёмкостями, около 100 квадратных метров.

За счёт постоянного перекачивания стоков из различных резервуаров, происходило их смешение и поэтому качественные показатели физико-химических данных были во всех резервуарах почти одинаковыми. За счёт интенсивного перемешивания и продувки воздухом (барботаж) стоков, наблюдалось низкое значение содержания аммиака в исходных пробах. Ежегодно свалка "выдавливает" приблизительно 180000 м³ новых сточных вод.

Стоки свалки образуются в основном за счёт осадков, которые проникают через мусор и вымывают из него большое количество различных химических продуктов. Грубая и неомогенная структура мусора (средний диаметр частиц составляет около 2 мм), препятствует эффективному испарению влаги. Количественный баланс вытекающих стоков пополняется дополнительной влагой, содержащейся в самом мусоре. За счёт микробиологической деятельности и различных химических процессов, количество выделяемых стоков незначительно уменьшается. Даже после закрытия свалки, необходимо следить за отводом стоков и их очисткой. При прохождении жидкой фазы через складированный мусор, происходит интенсивное вымывание водорастворимых солей и других химических соединений, которые в итоге не должны попасть в грунтовые воды.

Кроме анаэробных процессов, происходящих в основном на периферии и в поверхностном слое свалки, часть исходных органических продуктов, таких как целлюлоза, протеины, жиры и углеводы подвергается гидролизу или окислению и превращаются в метан или углекислый газ. Вместе со стоками из кислой фазы вымывается ряд органических кислот, имеющих низкое значение pH, высокие значения БПК₅ (биологическое потребление кислорода), ХПК (химическое потребление кислорода). В метановой фазе остаются многие трудно разрушающиеся продукты, такие как "органический углерод", "остаточный ХПК", азот (NH₃), ряд соединений металлов.

"Метановое брожение" в самом нижнем слое мусора свалки является наиболее достоверным для определения качественного состава стоков.

Несмотря на то, что стоки свалки исследуются начиная с 70-х годов, состав их постоянно изменяется. Состав жидких стоков может содержать тысячи различных органических и неорганических соединений.

1.2. ОСНОВНЫЕ КОНТРОЛИРУЕМЫЕ ПАРАМЕТРЫ:

Органические параметры

ХПК (химическое потребление кислорода) - является одним из важных параметров для характеристики органического загрязнения стоков (жирные и другие органические кислоты, спирты, кетоны, никотиновая кислота, бензол и его гомологи, парафин, нафталин и т.п.).

БПК (биохимическое потребление кислорода) - это количество кислорода, израсходованное за определённый промежуток времени на аэробное биологическое разложение органических веществ, содержащихся в сточных водах..

БПК₅ - это биохимическое потребление кислорода в течении 5 дней.

Соотношение БПК₅/ХПК - является важным фактором биологического окисления сточных вод. При исследовании старых свалок это значение может достигать значения, равного 0,1.

ТОС - количество органически связанного углерода ("органический углерод") или total organic carbon. Для определения органического углерода рекомендуется метод, основанный на сжигании органического вещества с помощью окисляющей смеси (CrO₃ и P₂O₅) в присутствии катализатора - сульфата серебра с образованием двуокиси углерода, которую затем поглощают титрованным раствором щёлочи и определяют обратным титрованием. Кроме этого, т.н. "мокрого метода" используется "сухой" метод, заключающийся в выпаривании пробы сточной воды в токе кислорода, прокаливании сухого остатка и пропускании образующихся паров над оксидом меди при 900 °С и последующим определением количества образующейся двуокиси углерода.

АОХ - параметр характеризует адсорбируемые органические галогениды. Несколько лет назад этот параметр не был актуальным для характеристики сточных вод. Только в связи с влиянием галогенорганических соединений на организм человека (НОВ), фактом возможности накопления этих продуктов в живом организме и их токсичности, стали заниматься вопросом определения этих веществ в сточных водах. В настоящее время параметр АОХ стал одним из основных „вредных“ параметров и объединяет набор токсичных, канцерогенных, фторированных и хлорированных соединений.

Неорганические параметры

Электропроводность ($\mu\text{S}/\text{см}$ или $\text{mS}/\text{см}$) жидких растворов не зависит от электропроводности ионов, концентрации этих ионов и температуры. Параметр представляет общее солесодержание в воде и может быть единицей измерения неорганических нагрузок сточной воды. Между электропроводимостью и солесодержанием не наблюдается чёткой линейной зависимости.

Значение pH служит для определения концентраций ионов водорода и ионов гидроксида в водных средах для их щелочной или кислотной характеристики.

Жёсткость характеризует наличие в основном ионов кальция и магния в виде хлоридов, сульфатов и гидрогенкарбонатов. При достижении максимальных концентраций (возможность кристаллизации), гидрогенкарбонаты могут образовывать ряд труднорастворимых карбонатов. Особенно это важно при концентрировании сточных вод обратноосмотической техникой т.к. кристаллизация карбонатов может отрицательно влиять на процесс фильтрации за счёт выпадения кристаллов на поверхности мембран (ДТ-фильтрационные модули) в виде осадка. Для предотвращения преждевременной кристаллизации в фильтрационных модулях используют системы нанофильтрационных установок для отделения двухвалентных соединений, в основном сульфатов из фильтруемой среды.

1.3. ОПИСАНИЕ СИСТЕМ РОСНЕМ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОКОВ СВАЛОК

МОБИЛЬНАЯ ПИЛОТНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД СВАЛОК ТБО.

Как видно из таблицы 1, физические свойства и химический состав сточных вод свалок ТБО достаточно сложны. Инсталляция систем фильтрации таких сточных вод на основании только расчетных данных часто может быть некорректна.

В ряде случаев для получения воды гарантированного качества (принцип РОСНЕМ) с помощью систем обратного осмоса необходимо уточнение режимов работы систем фильтрации на пилотных установках (см. рис. 2).



Рис. 2 - Мобильная пилотная установка для очистки сточных вод свалок ТБО. Пилотные установки РОСНЕМ мобильны, абсолютно автономны (требуют только подключения электроэнергии) и могут быть предоставлены организациям в лизинг или с отсрочкой платежа.

УСТАНОВКА ROAW-9122 ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД СВАЛОК ТБО СО СТАДИЕЙ ДООЧИСТКИ ФИЛЬТРАТОВ

Установка серии ROAW-9122 собрана модулярно и может иметь до 2-х модульных блоков на стадии очистки стоков (т.н. 1-я стадия RO). Каждый модульный блок содержит от 6 до 12 штук фильтровальных ДТ модулей. Стадия пермеата (т.н. 2-я стадия RO) интегрирована серийно в общую конструкцию установки. Стадия пермеата снабжена ДТ-модулями. Система фильтрации ROAW - 9122 может иметь, в зависимости от требований, различное количество фильтрационных элементов.

Размеры установки:

Версия установки для закрытого помещения:	(мм)	3040x2300x2500
Версия контейнерного агрегата:	(мм)	6000x2500x2500

Вес:

Версия установки для закрытого помещения:	(кг)	2800
Версия контейнерного агрегата:	(кг)	6800

Электротехника:

Электрическое обеспечение - 3 фазный ток:	(Вольт)	380
Потребляемая мощность (около):	(кВт)	11
Затраты эл. энергии на 1 м ³ фильтрата:	(кВт/м ³)	6-8
Управление: процессор AEG - A120 или AEG - A250		

Спецификация 1-ой стадии фильтрации стоков:

Производительность (отрегулирована):	(л/ч)	500-1800
Рабочее давление (отрегулировано):	(бар)	20-65
Рабочее давление, максимальное:	(бар)	65
Температура исходной воды:	(град °С)	0-35
Фактор концентрирования исходной воды:		3,3-5
Соотн. отбора фильтрата к исх.воде (отрегулировано): (%)		70-80
Значение рН исходной воды (подготовлено):		6-6,5
Средняя производительность одного ДТ-модуля:	(л/ч)	60-140
Средняя скорость потока через один ДТ-модуль:	(л/м ² ·час)	8-18

Спецификация 2-ой стадии фильтрации (стадия пермеата):

Производительность (отрегулирована):	(л/ч)	300-1800
Рабочее давление (отрегулировано):	(бар)	35-60
Рабочее давление, максимальное:	(бар)	65
Фактор концентрирования:	10-20	
Соотн. отбора фильтрата к исходной воде (отрег.):	(%)	90-95
Средняя производительность одного ДТ-модуля:	(л/ч)	300-500
Средняя скорость потока через один модуль:	(л/м ² ·час)	39-65

Дополнительный объем поставки и спец. изготовление - по желанию заказчика

УСТАНОВКА ROAW-9142 ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД СВАЛОК ТБО СО СТАДИЕЙ ДООЧИСТКИ ФИЛЬТРАТОВ

Установки серии RO- 9142 собраны модулярно и могут иметь до 7 модульных блоков на стадии обработки стоков (1-я RO-стадия). Каждый модульный блок состоит из 6-12 ДТ-фильтрационных модулей (элементов). Стадия фильтрата (2-я RO-стадия) встроена стандартно в установку и также снабжена ДТ-модулями.

Размеры установки:

Версия установки для закрытого помещения:	(мм)	8000x2500x2500
Версия контейнерного агрегата:	(мм)	6000x2500x2500

Вес:

Версия установки для закрытого помещения:	(кг)	7000
Версия контейнерного агрегата:	(кг)	10000

Электротехника:

Электрическое обеспечение - 3 фазный ток:	(Вольт)	380
Потребляемая мощность (около):	(кВт)	50
Затраты эл. энергии на 1 м ³ фильтрата:	(кВт/м ³)	5-9
Управление: процессор AEG A250 или Siemens S5 115 U		

Спецификация 1-ой стадии фильтрации стоков:

Производительность (отрегулирована):	(л/ч)	1500-7000
Рабочее давление (отрегулировано):	(бар)	20-65
Рабочее давление, максимальное:	(бар)	65
Температура исходной воды:	(град °С)	0-35
Фактор концентрирования исходной воды:		3,3-5
Соотн. отбора фильтрата к исх.воде (отрегулировано): (%)		70-80
Значение рН исходной воды (подготовлено):		6-6,5
Средняя производительность одного ДТ-модуля:	(л/ч)	70-140
Средняя скорость потока через один ДТ-модуль:	(л/м ² ·час)	9-18

Спецификация 2-ой стадии фильтрации (стадия пермеата):

Производительность (отрегулирована):	(л/ч)	1000-7000
Рабочее давление (отрегулировано):	(бар)	35-60
Рабочее давление, максимальное:	(бар)	65
Фактор концентрирования:		10-20
Соотн. отбора фильтрата к исходной воде (отрег.): (%)		90-95
Средняя производительность одного ДТ-модуля:	(л/ч)	300-500
Средняя скорость потока через один модуль:	(л/м ² ·час)	39-65

Дополнительный объем поставки и спец. изготовление - по желанию заказчика

УСТАНОВКА ROAW-9532 ДЛЯ ДООБРАБОТКИ КОНЦЕНТРАТА

Установки серии RO 9532 собраны модулярно и могут иметь до 5 параллельно работающих стадий концентрата (стадия высокого давления). Каждая стадия концентрата укомплектована 6-10 ДТ-модулями.

Размеры установки:

Версия установки для закрытого помещения:	(мм)	5800x2500x2500
Версия контейнерного агрегата:	(мм)	6000x2500x2500

Вес:

Версия установки для закрытого помещения:	(кг)	13000
Версия контейнерного агрегата:	(кг)	17000

Электротехника:

Электрическое обеспечение - 3 фазный ток:	(Вольт)	380
Потребляемая мощность (около):	(кВт)	50
Затраты эл. энергии на 1 м ³ фильтрата:	(кВт/м ³)	19-34
Управление: процессор AEG A250 или Siemens S5 115 U		

Спецификация стадии концентрата (стадия высокого давления):

Производительность (отрегулирована):	(л/ч)	2500-4200
Рабочее давление (отрегулировано):	(бар)	80-120
Рабочее давление, максимальное:	(бар)	120
Температура исходной воды:	(град °С)	0-35
Фактор концентрирования исходной воды:		2-2,5
Соотн. отбора фильтрата к исх.воде (отрегулировано): (%)		50-60
Значение рН исходной воды (подготовлено):		6-6,5
Средняя производительность одного ДТ-модуля:	(л/ч)	30-90
Средняя скорость потока через один ДТ-модуль:	(л/м ² ·час)	4-11

1.4. КОНЦЕПЦИЯ УСТАНОВОК ДЛЯ ОБРАБОТКИ СТОКОВ

На свалке Шёнберг работают в настоящее время несколько обратноосмотических установок (системы ROCHEM) для обработки стоков свалки.

Очистка сточных вод свалки осуществляется низкой (первой) стадией (рабочее давление до 65 бар) с последующей стадией обработки концентрата (после первой стадии) системами высокого давления (вторая стадия) фирмы ROCHEM (рабочее давление от 120 бар и выше). Ранее существовавшие стадии очистки стоков на спиральных модулях и станция упаривания были интегрированы в общую схему технологического цикла по желанию руководства свалкой.

Очистка сточных вод свалки осуществляется при непрерывной работе (24 часа) оборудования с декабря 1989 года. Новая технология обработки сточных вод только системами ROCHEM (двухстадийная очистка пермеата с двухстадийной концентрацией стоков) введена в строй с января 1992 года и успешно очищает стоки с производительностью около 100000 л/ч (см. рис. 3). По мере расхода стоков из сборника, происходит их постоянное пополнение за счёт новых стоков, "выдавливаемых" из "тела" свалки.

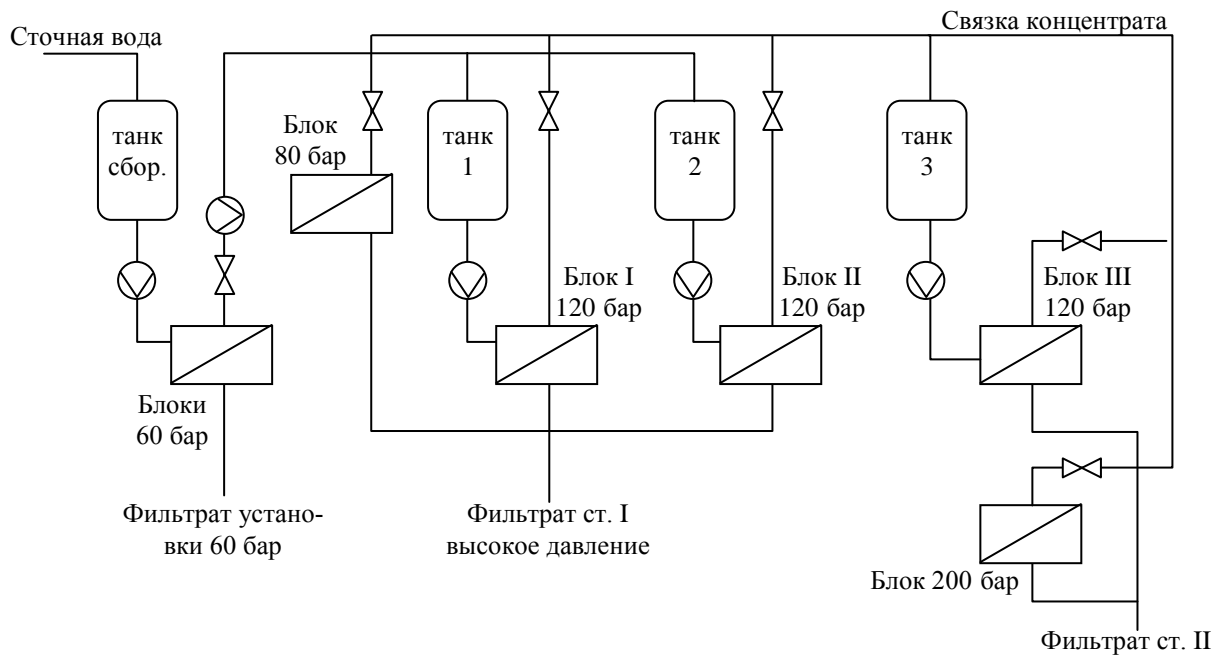


Рис. 3 - Технологическая схема обработки сточных вод свалки системами ROCHEM

Первая стадия очистки сточных вод свалок ТБО.

Система блоков 60 бар состоит из трёх параллельно включённых 20-ти футовых контейнеров. Каждый отдельный контейнер состоит из 6-ти блоков.

Два первых блока (каждый по 10 штук ДТ параллельных модулей) включены последовательно в ряд. Последних четыре блока (каждый по 12 параллельно включенных ДТ-модуля) соединены в замкнутый цикл. Такое решение позволяет даже при высоких выходах обеспечить все фильтрационные модули необходимым количеством запитывающей воды.

Вторая стадия очистки сточных вод свалок ТБО.

Подключение систем фильтрации высокого давления осуществляется или по принципу структуры "ёлка", или же последовательным соединением многих ДТ-модулей.

Фильтрационная поверхность каждого отдельного модуля во всех блоках низкого и высокого давления составляет соответственно 7,65 м².

Во всех работающих установках системы ROCHEM фильтрационная поверхность мембран составляла (декабрь 1993 г.): 2754 квадратных метра (Таблица 1.2).

В установках низкого давления использованы ДТ-трубы из GFK, а модули установок высокого давления снабжены ДТ-трубами из специальной нержавеющей стали и рассчитаны на рабочее давление при фильтровании = 200 бар в каждом контейнере.

Таблица 1.2. Количество рабочих фильтрационных модулей в системе РОСНЕМ и их мембранная поверхность

Состояние - июнь 1993 г.		Количество параллельно работающих установок, шт	Количество ДТ-модулей на установку, шт	Мембранная поверхность на 1 установку, м ²	Общая мем. пов-ть по стадиям, м ²
Контейнер	60 бар	3	68	520,2	1560,6
Стадия HD-I	80 бар	5	10	76,5	382,5
	120 бар-I	2	18	137,7	275,4
	120 бар-II	2	10	76,5	153
Стадия HD-III	120 бар-III	2	10	76,5	153
	200 бар (608,742)	2	5	38,25	76,5
	200 бар (791)	1	20	153	153
ОБЩАЯ		17			2754



Рис. 4 - Общий вид установки низкого давления с ДТ-модулями (до 65 бар).



Рис. 5 - Общий вид установки высокого давления с ДТ-модулями (120-200 бар).

Таблица 1.5. Средняя скорость фильтрования на установках низкого и высокого давления РОСНЕМ в период с 1992 по 1993 г.г.

Система РОСНЕМ	Средняя скорость фильтрования, л/м ² ·час
60 бар	10,83
80 бар	8,70
120 бар I	6,94
120 бар II	6,46
120 бар III	5,49
200 бар	5,48

Скорость фильтрования на стадии высокого давления (200 бар) по отношению к скорости фильтрования при 60 бар относительно низкая. Однако, при этом необходимо учитывать тот факт, что электропроводность исходного раствора для стадии высокого давления в среднем была около 150000 $\mu\text{S}/\text{см}$, что ещё недавно считалось невозможным с точки зрения фильтрационных процессов обратного осмоса. Стоит также отметить, что скорость фильтрования (стадия высокого давления) на протяжении всей непрерывной работы системы оставалась постоянной, что указывает на эффективность ее работы.

1.5.2. СЕЛЕКТИВНОСТЬ

Все установки снабжены приборами непрерывного измерения электропроводимости исходной сточной воды и фильтрата. Ежемесячно проводились по четыре полных анализа исходных стоков из ёмкостей-сборников и проб смешанного фильтрата.

1.5.3. ЭЛЕКТРОПРОВОДИМОСТЬ

Электропроводимость исходных сточных вод составляла от 17000 до 25000 $\mu\text{S}/\text{см}$.

Селективность мембран в период с 1992 по 1993 г.г. для 60-бар (контейнер) - системы РОСНЕМ составляла более 98,5 %, а для системы высокого давления была в основном ещё выше.

Электропроводимость полученных фильтратов с помощью системы 60 бар (контейнер) за весь период 1992-1993 г.г. была ниже значения 500 $\mu\text{S}/\text{см}$.

Электропроводимость смешанных фильтратов в соответствии с аналитическими данными в среднем по году составила 350 $\mu\text{S}/\text{см}$.

1.5.4. ТЯЖЁЛЫЕ МЕТАЛЛЫ

Концентрация тяжёлых металлов в исходной сточной воде была довольно низкой.

Остаточное содержание, таких тяжёлых металлов, как медь, свинец, хром, и кадмий в фильтратах после первой стадии фильтрации, представлено в **таблице 1.6**.

Таблица 1.6. Концентрация тяжёлых металлов в исходной воде и полученных фильтратах, их селективность и требования TGL 22764. (период 1992 - 1993 г.г.)

	Cu	Pb	Cr	Cd
Исходные сточные воды, мкг/л	276	23	111	5
Фильтрат, мкг/л	29	7	20	0,52
Селективность (R, %)	89,41	70,43	81,95	33,83
Требования TGL, мкг/л	10	100	300	5

1.5.5. ПРОЧИЕ ПАРАМЕТРЫ

В таблице 1.7 собраны параметры исходной сточной воды и фильтратов за период почти двухгодичной работы систем РОСНЕМ (стадия низкого давления, 60 бар).

Степень задержания (селективность) органических параметров ХПК и БПК₅, была очень высокой (более 99 %), соответствовала всем требованиям TGL и может выполняться одностадийной фильтрацией. На примере солей, за исключением одновалентного иона аммония, селективность была ниже требований TGL (селективность от 98 % до 99,5 %). Селективность различных компонентов в фильтрате оставалась почти без изменений на протяжении всей работы системы.

Таблица 1.7. Прочие параметры фильтрации (средние величины в период 1992 - 1993 г.г.)

	рН	Электропроводимость	ХПК	БПК	NH ₄ ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca	ADR
		μS/см	мг/л						
Исходные стоки	8	19067	4124	122	577	4343	3345	182	14086
Фильтраты	6	376	20	1	8	71	21	3	196
Селективность, %	-	98,03	99,52	99,16	98,54	98,36	99,37	98,62	98,61
Требования TGL	5,5-8,5	1000	25	10	2	100	150	100	-

1.5.6. ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НА СЕЛЕКТИВНОСТЬ

За счёт изменения температуры сточных вод в летний и зимний периоды, незначительно изменялась степень задержания различных компонентов на мембранах.

Это относится не только к установкам стадии низкого давления, но и к системам высокого давления. Электропроводимость фильтрата, например, на 60-бар установках в зимнее время достигала 80 μS/см, а в летнее время увеличивалась до 500 μS/см. Вследствие не очень высокой скорости фильтрования и за счёт высокой производительности насосов, стадия высокого давления работает при относительно высоких температурах.

1.5.7. РАСХОД ОЧИСТИТЕЛЕЙ И ХИМИЧЕСКИХ ПРОДУКТОВ

Компоненты исходных сточных вод в процессе мембранной фильтрации могут частично откладываться на поверхности мембран. Грубая предварительная фильтрация на песочном фильтре и фильтре тонкой очистки ROCHEM задерживает частицы величиной более 10 мкм. За счёт отложений на мембранной поверхности может происходить уменьшение производительности системы (т.н. блокировка мембран). Конструкция ДТ-модуля обеспечивает открытый канал для движения исходной сточной воды над поверхностью мембран. Кроме этого, пути движения жидкости над мембранными „подушками“ выбраны самые короткие (5-6 см). Все эти конструктивные особенности фильтрационного ДТ-модуля значительно снижают образование поляризационного слоя на мембранных поверхностях.

В процессе мембранной фильтрации на поверхности мембран ДТ-модуля всё же происходит адсорбционный процесс отложения мелких частиц, микроорганизмов и других компонентов.

Образующийся со временем поляризационный слой необходимо периодически удалять промывкой всей системы очистными растворами фирмы.

Восстановление мембран позволяет дальше вести процесс фильтрования без уменьшения скорости выхода фильтрата. В зависимости от вида загрязнения, фирма предлагает использовать четыре вида очистителей мембран (постоянно - А, В и С; очиститель D - является мембранным биоцидом и служит консервантом при длительных отключениях системы).

Очистители подобраны с учётом их оптимального очистного эффекта, нейтральности по отношению к материалу самих мембран (максимальное время работы). Процесс очистки происходит автоматически (заложен в программное обеспечение микропроцессора системы).

Очистка происходит в два этапа: растворение неорганических солей на поверхности мембран и снятие органических отложений на мембране.

При включении программы очистки, ёмкость-сборник установки заполняется фильтратом, затем в него дозируется необходимый очистной раствор и происходит его нагревание до определённой температуры. После этого включается автоматическая программа циркуляционной очистки и в течение 1,5 - 2 часов происходит снятие поляризационного слоя с рабочей поверхности мембранных "подушек" ДТ-модуля. В период циркуляционной очистки насос высокого давления выводится микропроцессором установки на максимальную производительность. За счёт высоких гидравлических качеств ДТ-модуля, оптимальной скорости потока над мембранами (QR=800 л/ч на один ДТ-модуль), эффективности очистных растворов, оптимального времени очистки, происходит почти 100 % восстановление всех исходных рабочих характеристик фильтрования. Процесс очистки завершает промывка всей системы и ДТ-модулей фильтратом. Сервисные работы, в том числе замена мембран, осуществляются, в силу простого устройства ДТ-модуля, очень быстро.

Опыт показал, что в основном эффективная очистка мембранных модулей осуществляется при использовании очистителя А. Время очистки мембран для 60-бар-установки длится около 1 часа (на каждый очистной цикл требуется 100 литров очистителя), для восстановления системы

высокого давления необходимо около 1,5 - 2 часа (на каждый цикл необходимо около 50 литров очистителя). Время между очистными циклами для системы 60-бар составляет около 100 рабочих часов, а для системы высокого давления в среднем около 48 часов.

Средний расход очистителей, в зависимости от ступени работы, лежит от 0,14 до 3 литров в пересчёте на каждый произведенный кубический метр фильтрата.

Время, которое затрачивается на циркуляционные очистки мембранных модулей по отношению к общему рабочему времени системы, составляет около 1,1 % (системы низкого давления) и около 3,5 % (системы высокого давления).

1.5.8. РАСХОД ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Мембранное фильтрование (на ДТ-модулях) характеризуется как энергетически малоёмкий процесс. Данные многолетнего опыта фирмы показывают, что расходы электроэнергии при использовании обратноосмотических систем в 8 - 10 раз экономичнее станций упаривания и более, чем в два раза экономичнее, чем фильтрация на трубчатых или спиральных модулях.

Расход электроэнергии для получения 1 м³ фильтрата для систем низкого давления составляет 5 кВт/ч, а для систем высокого давления от 15 - 39 кВт/ч.

Необходимо отметить, что основным потребителем электроэнергии в системах фильтрования РОСНЕМ является насос высокого давления, обеспечивающий максимальное количество воды и её давление для большого количества ДТ-модулей. Расход энергии для систем высокого давления характеризуется тем, что насосу высокого давления необходимо преодолеть высокую разницу давления для создания максимально выгодных фильтрационных условий.

Станция упаривания стоков на свалке Шёнберг (год постройки 1990) потребляла в период её тестации для производства 1 м³ дистилата от 50 до 60 кВт/ч.

1.5.9. ВЫВОДЫ

С начала 1992 года на региональной свалке Шёнберг фирмой РОСНЕМ была запущена в работу система очистки сточных вод свалки. Система состоит из трёх фильтрационных установок рабочим давлением 60 бар, одной (состоящей из 9 отдельных установок) системы высокого давления I и из 5 установок высокого давления II. Системы высокого рабочего давления с трубами давления из нержавеющей стали работают при P=200 бар.

За период времени с 1992 г. по 1993 г. системы наработали 377077 м³ фильтрата. При количестве исходной сточной воды, равной 390479 м³, фактор концентрирования составил величину CF = 7,3. Со второй половины 1993 г. фактор концентрирования составил CF= 9,5.

Специфическая скорость фильтрования по пермеату для стадии низкого давления составила величину в среднем 11 л/м²·ч, для стадии высокого давления: от 5 до 9 л/м²·ч.

После первой стадии фильтрования (установки 60-бар и установки высокого давления) за исключением некоторых конечных концентраций NH₄, Zn и Cu, качество фильтратов соответствовало требованиям TGL. После второй стадии обратного осмоса, все аналитические данные находились намного ниже всех требуемых граничных значений (Закон старых земель ФРГ, Приложение Nr. 51 к § 7a WHG).

Рабочее время, затраченное на регенерацию мембранных фильтров, составило: для установок 60-бар в среднем 100 часов; для установок высокого давления - около 48 часов.

Специфический расход очистных растворов составил для установок 60-бар: 0,19 л очистителя на 1 м³ фильтрата; для установок высокого давления - соответственно 2,64 л.

Установки РОСНЕМ 60-бар находились в среднем 94,8 % в непосредственном процессе непрерывной работы, а установки высокого давления соответственно 72,6 - 95,8 %, что в свою очередь характеризует высокую степень надёжности работы систем. За счёт высокой разницы давлений и относительно невысоких скоростей фильтрации второй стадии высокого давления, расход электроэнергии составил величину 15 - 39 кВт/ч по сравнению с очень низким расходом эл./энергии для установок низкого давления = 5 кВт/ч. Полученные данные не должны вводить в заблуждение, т.к. количество поступавших стоков высокой концентрации на вторую ступень фильтрации (= концентрат первой ступени) было небольшим по отношению ко всем исходным сточным водам. Таким образом, в среднем расход электроэнергии составил значение, равное 10,6 кВт/ч на 1 м³ фильтрата.

Эффективность очистки с помощью систем RO.

Говоря об эффективности использования обратноосмотического оборудования фирмы ROCHEM, необходимо отметить, что процесс очистки стоков - экологически чистый процесс (чисто физический процесс, принцип позаимствован у природы). В процессе фильтрования не образуются дополнительно побочные продукты, такие как флокулянты, химические вещества, утилизация которых в свою очередь является проблемой, даже на самой свалке.

В целом, на свалке Шёнберг системы ROCHEM в процессе непрерывной работы (1992 – 1993 г.г.) впервые показали на практике возможность очень эффективной очистки сточных вод с высоким процентом надёжности оборудования. Так, системы с рабочим давлением 120 бар отработали более 15000 часов и показали большее преимущество по сравнению их с классическими методами очистки сточных вод, например, адсорбционными или химическими процессами, требующих большого количества вспомогательных веществ или сложной комбинации различных методов. Мембранные процессы глубокой очистки сточных вод отчётливо показали неоспоримые преимущества по затратам электроэнергии на произведенный 1 м³ чистой воды по сравнению с процессами упаривания или сушки.

Если общее количество стоков свалки принять за 100 %, то в процессе фильтрования двумя стадиями (низкого и высокого давления), около 93 % составит фильтрат, соответствующий качеству чистой воды и около 7 % - концентрат, который связывается в нерастворимые блоки (летучей золой, цементом, жидким стеклом и пр.). Твердые нерастворимые остатки подлежат захоронению на той же свалке.

Способ очистки сточных вод свалок оборудованием фирмы ROCHEM является одним из самых современных и занимает в данный момент ведущее место.

Эффективность очистки сточных вод свалки Шёнберг системами ROCHEM

(справа : расходомер входа стоков; слева : выход чистой воды после фильтрации)



2. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНИКИ ФИРМЫ РОСНЕМ ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД СВАЛОК НА ТЕРРИТОРИИ ВОСТОЧНОЙ ЕВРОПЫ НА ПРИМЕРЕ ПОЛИГОНА "КРАСНЫЙ БОР" (г. САНКТ-ПЕТЕРБУРГ, РОССИЯ).

Государственное унитарное природоохранительное предприятие полигон "Красный Бор" организовано в 1969 г. и расположено на площади 57 га на залежах кембрийских плотных глин. Полигон расположен в Тосненском районе Ленинградской области в 4,5 км от г. Колпино. Полигон предназначен для хранения токсичных жидких отходов от промышленных предприятий Ленинградской области и является собственностью города Санкт-Петербурга. В гидрогеологическом отношении полигон находится в системе водосбора реки Нева.

В настоящее время эксплуатируется семь рабочих карт (накопительных польдеров на глине) с площадью зеркала около 68 170 м². В накопительных польдерах находится около 1 000 000 м³ жидких отходов. Количество отходов, поступивших на полигон постоянно сокращается в связи с переполнением накопителей. Правительством г. Санкт-Петербурга и Ленинградской области было принято решение о реконструкции существующего полигона и создании на его базе нового завода по переработке и захоронению промышленных токсичных отходов, отвечающего современным техническим и экологическим требованиям. Количество осадков, выпадающих на территорию полигона, составляет около 150 000 м³/год.

Руководство города Санкт-Петербурга обратилось к руководству фирмы РОСНЕМ (письмо вице-губернатора Санкт-Петербурга, господина Ю. Антонова, от 29.11.1998 г.) с просьбой о тестировании оборудования фирмы на полигоне.

Фирма РОСНЕМ GmbH построила опытно-исследовательскую передвижную установку и доставила за свои средства, а с 15.10.1999 г. в течении двух недель провела ориентировочные опыты по фильтрации жидкой фракции сточных вод на карте № 64, используя исходную сточную воду из колодца, соединенного с накопителем трубой на глубине около 2,5 м. Поверхность польдера-накопителя загружена большим количеством плавающего мусора и пленки из жиронефтяной фракции.

При визуальном осмотре накопительного польдера не наблюдается выделения пузырьков газа, что свидетельствует об отсутствии микробиологических разрушающих процессов на различных глубинах польдера. Анализы различных слоев польдера при его глубине около 24 м не проводились в виду сложности отбора проб.

Предварительно фирма получила упрощенный физико-химический анализ исходной воды в.н. польдера, который представлен в таблице 2.1.

Таблица 2.1. Физико-химический анализ сточной воды полигона (Красный Бор)

NN	Измеряемый показатель	Состав стоков, мг/л	Требования к очищенной воде, мг/л
1.	Значение рН	7 - 8	6,5 - 8,5
2.	БПК	400 - 600	6,0
3.	ХПК	4000 - 8000	30,0
4.	Взвешенные частицы	100 - 1000	10,0
5.	Нефтепродукты	0,2 - 1,3	0,08
6.	Сульфаты	60 - 1200	100
7.	Хлориды	900 - 1400	300
8.	Железо	0,0005 - 0,002	0,22
9.	Никель	0,001 - 0,02	0,01
10.	Циклогексанол	5000 - 16000	0,001
11.	Фенол	2000 - 7000	0,001
12.	Крезол	100 - 200	0,004
13.	Жирные кислоты (масляная кислота)	4000 - 9000	0,7

На основании приведенных данных как для исходной сточной воды, так и требований, предъявляемых СанПиНом к качеству очищенной воды (кстати, во много раз заниженных по сравнению с требованиями в европейском масштабе для очищенных сточных вод, сбрасываемых в купальные водоемы) можно без труда убедиться в том, что даже этот не совсем полный анализ исходных сточных вод сильно отличается от сточных вод любой свалки. Но, несмотря на все это, фирма решила провести ряд исследований с целью глубокой очистки стоков.

Опытно-промышленная передвижная система фирмы ROCHEM для наработки исходных данных по очистке сточных вод

По просьбе руководства города Санкт-Петербурга и Управления по защите окружающей среды ЕСАТ и при поддержке руководителей полигона, фирма ROCHEM поставила на определенное время рабочий контейнер с опытными обратноосмотическими системами для очистки сточных вод полигона "Красный Бор" в г. Санкт-Петербурге / Россия. Цель опытных экспериментов: добиться глубокой очистки особо опасных захоронений жидких продуктов.

Предложить программу обработки всех сточных вод полигона (около 1 000 000 м³), захороненных в данный момент на полигоне и ежегодно вновь поступающим (около 150 000 – 200 000 м³).

В рабочем контейнере расположены все фильтрационные системы, необходимые емкости, насосы, трубопроводы, приборы измерения и контроля. Контейнер снабжен автономным обогревом, вентиляцией, освещением. Система очистки стоков предназначена для опытно-проектных работ по разработке больших систем очистки. Производительность данной системы составляет около 1 м³/ч по очищенной воде.

Работа системы ROCHEM в период проведения ориентировочных испытательных работ с 15.10.99 г. по 01.11.99 г.

Первая стадия обратноосмотической обработки исходной воды. В расходомере установки очищенная вода. Рабочее давление составляет 50 бар, общая электропроводность пермеата 180 - 200 чS/см. Производительность на данном этапе 800 л/час.

Принцип обработки: Исходная вода закачивалась из колодца исходной воды, соединенного с накопителем-польдером через трубу, расположенную на высоте около 2,5 метров от поверхности жидкости. С помощью подающего насоса исходная вода попадала во внутреннюю емкость системы, находящуюся в контейнере. Проводили небольшую корректировку значения pH до 6,2 с помощью технической серной кислоты. Затем исходная вода попадала на первую стадию обратноосмотической установки RORO 510 DT 10 с 10-ью фильтрационными модулями. Система фильтрации имеет ускоряющий насос, ответственный за равномерное поддержание скорости потока исходной воды во всех фильтрационных модулях. Рабочее давление в среднем составляло около 50 бар. Проходя через фильтрационные "подушки" DT-модулей исходный поток сточной воды разделялся на два потока: чистую воду (пермеат) и концентрат (сконцентрированная исходная вода) в соотношении около 60%. Пермеат поступал в промежуточную емкость-накопитель, а концентрат сбрасывался через систему трубопроводов снова в накопитель-польдер. Пермеат после первой стадии при достижении сигнала верхнего датчика уровня емкости включал установку обратного осмоса низкого давления (2 стадия обработки), состоящий также из 6-ти фильтрационных модулей (плоско-параллельные мембраны, тип FM) и работающей при рабочем давлении около 12 - 15 бар. На втором этапе фильтрации пермеат проходил дополнительную очистку. Принцип работы второй стадии такой же, как и первой стадии, т.е. поток исходной воды разделяется на два потока: чистый пермеат и концентрат, который снова поступает на фильтрацию перед первой стадией. Цель ориентировочных исследований состояла в том, чтобы определить возможность глубокой очистки исходной воды, стабильность работы обеих стадий фильтрации, максимальное время фильтрации до проведения первой химической очистки фильтрационных модулей, восстановления фильтрационных характеристик мембран после их регенерации, проверить режим непрерывной работы всей фильтрационной системы в течении длительного времени фильтрации. Наиболее важным фактором было определение в целом принципиальной возможности очистки подобных сточных вод методом фильтрации через осмотические мембраны. Мембранный материал способен задерживать не только микро-

флору и органические соединения, но и селективировать небольшие по молекулярному весу неорганические соединения, такие как хлорид натрия или сульфаты. Основной проблемой на большинстве свалок является очистка больших объемов накопленных сточных вод. Обработка этих объемов и снижение общего количества сточных вод с одновременным уменьшением опасности их заброса в природные водоемы или грунтовые воды - вопрос, который беспокоит не только природоохранные органы, но и руководителей самих свалок. Фирма ROCHEM собрала большой опыт работы по санированию почти всех запущенных свалок бывшей ГДР, где проблемы были аналогичными, а иногда даже и более сложными, чем на полигоне "Красный Бор". Например, на свалке бытовых отходов Шенберг (Земля Мекленбург-Форпомерн) за 9 лет фирмой было обработано более 3 млн. м³ сложных по своему составу сточных вод, а на свалке ЛОХАУ (между г. Лейпцигом и г. Галле) было обработано свыше 900 000 м³ также сложных по своему физико-химическому составу стоков. В настоящее время на этих свалках обрабатываются вновь поступающие "свежие" стоки и угрозы перелива сточных вод не существует. Так же, как и в России, в Европе и в других странах мира, велись интенсивные поиски оптимального способа утилизации сложных сточных вод. Были испытаны многие альтернативные способы, такие как сжигание, упаривание, многие химические способы, биологические возможности уничтожения токсичных жидких отходов. Наиболее надежным и приемлемым оказался чисто физический процесс обратноосмотической многоступенчатой обработки сточных вод с последующей связкой в нерастворимые блоки остаточного концентрата и захоронением его на теле свалки. Полученный чистый пермеат в больших объемах после прохождения его через биотоп (естественный процесс "оживления" воды) возвращался опять природе в чистом виде. Благодаря этим мероприятиям многие реки в Европе, и в частности в Германии снова стали доступными для купания или ловли в них съедобной рыбы.

Полученные физико-химические анализы опытов и некоторые выводы

Анализировались пробы пермеата после второй стадии обратноосмотической фильтрации, отобранные 22.10.99 г.

Физико-химические анализы проводились в специализированных лабораториях, в частности:

1. Dr. Wiertz Handels- und Umweltschutzzaborratorium GmbH, Stenzelring, 14a, 21107 Hamburg
Tel.: 040 752709-0, Fax: 040 7527 09-35 Prufbericht No. 953633A/380 от 10.11.99 г.
2. Institut fur Umweltschutz und Qualitatssicherung Dr. Krengel GmbH, 23936 Grevesmuhlen,
Gruner Weg, 16a Prufbericht Nr. 3819/970/99 от 11.11.99 г. Методы анализов: Немецкий закон по исследованию питьевой воды, сточных вод и шламов (DEV, 1999). Лаборатория Nr. 3819/99.

Таблица 2.2.

NN	Измеряемый показатель	Состав стоков, мг/л	Требования к очищ. воде, мг/л	Полученные результаты после очистки, мг/л
1.	Значение pH	7 - 8	6,5 - 8,5	6,5 - 7,5
2.	БПК	400 - 600	6,0	6,0
3.	ХПК	4000 - 8000	30,0	400 - 500
4.	Взвешенные частицы	100 - 1000	10,0	меньше 10
5.	Нефтепродукты	0,2 - 1,3	0,08	меньше 0,08
6.	Сульфаты	60 - 1200	100	меньше 100
7.	Хлориды	900 - 1400	300	меньше 300
8.	Железо	0,0005 - 0,002	0,22	меньше 0,22
9.	Никель	0,001 - 0,02	0,01	меньше 0,01
10.	Циклогексанол	5000 - 16000	0,001	см. приложение
11.	Фенол	2000 - 7000	0,001	см. приложение
12.	Крезол	100 - 200	0,004	см. приложение
13.	Жирные кислоты (масляная кислота)	4000 - 9000	0,7	меньше 0,7

3. ЗАКЛЮЧЕНИЕ.

С 1981 года обратноосмотическая техника **ROCHEM** применяется в области очистки стоков промышленных предприятий и городских свалок. Она показала себя лучшей в мире мембранной системой, применяемой для очистки стоков.

В зависимости от требований, предъявляемым к чистым фильтратам после очистки и количества сточных вод схемы очистки сточных вод свалки ТБО могут варьироваться.

Количество фильтрата по отношению к исходной воде обычно составляет от 70 % до 97 %, а пермеат (концентрат) при этом имеет электропроводность (характеризующую минерализацию воды), равную 50–70 микросименсов/см ($\mu\text{S}/\text{cm}$). Для дальнейшей концентрации стоков после первой стадии можно подключать т.н. 2-ю стадию концентрации (стадия высокого давления). При этом соотношение отбора чистой воды по отношению к исходной составляет 90 – 95 % со значениями электропроводности пермеата около 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Стадия концентрирования может работать периодически или непрерывно.

Дополнительной обработкой пермеатов комбинацией обратноосмотических и нанофильтрационных систем (RO- + NF-), можно добиться очень высоких степеней очистки пермеатов (10-20 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Для сравнения – электропроводность питьевой воды в системе водоснабжения города составляет 180-1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$. **Выпускаемое оборудование может размещаться в закрытых помещениях, а при их отсутствии - в рабочих термоизолированных контейнерах (3, 6 или 12 метров), снабжённых обогреванием, вентиляцией, освещением и т.д. Эти контейнеры удобно располагать вблизи сборников сточных вод прямо на территории свалки.**

В данном обзоре показаны примеры поэтапной реализации обработки сточных вод с эффективностью очистки > 93 %. На сегодняшний день, эффективность очистки стала ещё выше за счёт введения нового технологического цикла доочистки фильтрата второй стадии фильтрации. Оставшиеся после стадии высокого давления (200 бар) около 7 % концентрата, подвергаются дополнительной нанофильтрации на системах **ROCHEM**, что позволяет отделить около 50 % фильтрата. Конечная цель технологических исследований - получение максимально сконцентрированных остатков стоков и их связка (в нерастворимые блоки) без использования классических методов концентрирования, например, упаривания (высокие энергетические затраты, сложность процессов очистки элементов системы, высокая стоимость).

Параллельно с разработкой комплексных систем по очистке сточных вод свалок, фирма интенсивно разрабатывает и испытывает обратноосмотические системы фильтрации, позволяющие работать при ещё более высоких рабочих давлениях, например, 300 бар и выше. Эти требования диктуются не только целью максимально сконцентрировать стоки, но и рядом других причин. Одной из них является чрезвычайно высокий показатель загрязнённости исходных стоков некоторых запущенных свалок. Для эффективной фильтрации этих стоков необходимо преодолеть высокое осмотическое давление исходных растворов.

Начиная с 1988 года, фирма ввела целый ряд комплексных систем очистки стоков на свалках многих стран мира. В зависимости от поставленных задач и количества сточных вод, эти системы могут быть различной производительности.

В прилагаемой таблице приводится список обратноосмотических систем фирмы, работающих в непрерывном рабочем режиме (24 часа) на свалках многих стран. Это или большие комплексы, расположенные в закрытых помещениях, или установки, размещенные в рабочих контейнерах с системой обогрева, освещения, вентиляции и т.д. Контейнерные системы используют обычно в тех случаях, когда количество сточных вод на конкретной свалке не очень большое, и после очистки стоков такая система переносится на новое место и снова запускается в работу.

**4. РЕФЕРЕНТНЫЕ СИСТЕМЫ ФИРМЫ РОСНЕМ ДЛЯ ОБРАБОТКИ СТОКОВ
СВАЛОК БЫТОВЫХ ОТХОДОВ (лист 1, листов 3)**

Дата	Расположение систем (свалка)	Кол-во стоков, (м ³ /ч)	Производи- тельность по фильтрату, (м ³ /24 ч)	Количество модульных блоков, (шт.)	Количество модулей, (шт.)	Мембранная поверхность, (м ²)
09/88	Швабах	1,7	30	4	8	61
09/88	Швабах	1,7	30	4	8	61
01/89	Бургдорф *1	0,7	-	-	2	15
09/89	Аслар *1	0,1 - 0,6	-	-	1	7,6
09/89	США *1	0,1 - 0,6	-	-	1	7,6
12/89	Шёнберг	12,5	144	5	50	459
12/89	Шёнберг	12,5	144	5	50	459
12/89	Шёнберг	12,5	144	5	50	459
02/90	Коленфельд	1,7	30	2	16+3	144
04/91	Виршоп	3,0	55	2	20+5	190
06/91	Ормесхайм *2	-	-	4	56	425
06/91	Йоганнисталь	3,0	55	2	20+5	190
07/91	Галле-Лохау	5,0	165	4	40	304
10/91	Шёнберг	-	-	3	30	228
12/91	Хёфер	3,3	60	4	48+6	410
12/91	Шёнберг *3	8,0	144	6	60	459
12/91	Шёнберг *3	8,0	144	6	60	459
12/91	Шееберг *3	8,0	144	6	60	459
02/92	Шёнберг *4	4,2	26	1	18	137
02/92	Шёнберг *4	4,2	26	1	18	137
02/92	Шёнберг *1	4,2	26	1	18	137
04/92	Вольтерсдорф	3,3	60	2	20+5	190
05/92	Франция *1	0,1-0,6	-	-	1	7,6
06/92	Швейцария *1	0,1-0,6	-	-	1	7,6
08/92	Бургдорф	3,6	65	3	36+8	334
08/92	Манчестер *1	1,5-5	-	1	5+1	45
08/92	Даблин *1	0,1-0,6	-	1	1	7,6
08/92	Бельгия *1	0,1-0,6	-	1	2	15
11/92	Дюпон Uentrop	3,6	48	1	10	76
12/92	Шёнберг	8,0	144	5	58	441
12/92	Шёнберг	8,0	144	5	58	441
12/92	Шёнберг	8,0	144	5	58	441
12/92	Шёнберг	8,0	144	5	58	441
12/92	Шёнберг	8,0	144	5	58	441
12/92	Шёнберг	8,0	144	5	58	441
12/92	Шёнберг *4	6,0	72	5	50	380
12/92	Шёнберг *4	6,0	72	5	50	380
12/92	Шёнберг, фильтр	21,0	480	5	50	380
12/92	Шёнберг, фильтр	21,0	480	5	50	380
01/93	Реер Хельвесик	2,7	50	4	40+8	365
01/93	Шёнберг *5	7,5	90	5	20	152
02/93	Галле-Лохау	8,0	134	5	60	456
02/93	Галле-Лохау	8,0	134	5	60	456
02/93	Галле-Лохау *4	4,8	35	5	50	380
02/93	Нисма (г. Цайтц)	1,2	20	2	10+3	99
02/93	Ридерберг, Австр.	1,5	23	1	12+3	144
02/93	РО-Италия *1	0,5-1,5	-	1	6+2	61

**РЕФЕРЕНТНЫЕ СИСТЕМЫ ФИРМЫ РОСНЕМ ДЛЯ ОБРАБОТКИ СТОКОВ
СВАЛОК БЫТОВЫХ ОТХОДОВ (лист 2, листов 3)**

Дата	Расположение систем (свалка)	Кол-во стоков, (м ³ /ч)	Производи- тельность по фильтрату, (м ³ /24 ч)	Количество модульных блоков, (шт.)	Количество модулей, (шт.)	Мембранная поверхность, (м ²)
02/93	US-Filter,США *1	0,5-1,5	-	1	9+3	91
02/93	US-Filter,США *4	0,1-0,6	-	1	2	15
03/93	Дортмунд, Гревел	2,5	45	2	20+5	190
04/93	Галле-Лохау *5	8,0	38	5	30	228
04/93	Форкетцин *1	0,5-1,5	-	1	5	38
06/93	Галле-Лохау, ИТВ	1,5	29	1	2	15
06/93	Галле-Лохау *4	0,5	6	1	2	15
07/93	Саксенхаген	4,0	72	3	30+ 8	289
08/93	Инсбрук, Австрия	5,0	90	4	40+10	380
08/93	Инсбрук, Австрия	5,0	90	4	40+10	380
08/93	Инсбрук, Австрия	2,5	30	2	20	152
10/93	Дортмунд, Nost	4,7	85	4	40+10	380
10/93	Дортмунд, Nost	4,7	85	4	40+10	380
10/93	Дортмунд, Nost *4	1,9	23	2	20	152
11/93	Эгосервици, Италия	1,6	29	2	18+6	184
12/93	Хёкстер *3	7,2	140	5	50	382
12/93	Хёкстер, I ст.фил	7,9	170	2	24	184
12/93	Хёкстер, II ст.фил.	7,1	153	2	22	168
12/93	Хёкстер, *4	1,4	21	1	10	76
12/93	Аэрбус, Бремен	1,6	5	2	2	30
12/93	Винтертон, Англия	1,6	29	2	18+5	176
01/94	Майзенхайм	2,4	42	2	20+5	191
01/94	Вюмбах, Илменау	3,5	63	2	20+4	184
01/94	Вюмбах, Илменау	0,9	10	1	10	76
04/94	Брайтенберг	3,4	62	3	30+10	306
04/94	Брайтенберг *4	0,8	12	1	10	76
05/94	Кассель, Кирш *3	3,3	63	4	36+10	352
05/94	Кассель, Кирш *4	0,7	9	1	10	76
06/94	Эрдмансдорф	3,7	72	3	36+ 9	344
08/94	Коленфельд	3,7	77	4	40+11	390
08/94	Куннерсдорф *4	0,8	12	1	10	76
12/94	Бинсберг	7,0	166	5	58+20	597
12/94	Бинсберг *4	1,6	19	2	16	122
11/94	Гросслёбихау *4	1,1	16	1	10	76
11/94	Гросслёбихау	3,5	88	3	32+10	321
03/95	Бинсберг	7,0	166	5	58+20	597
03/95	Бинсберг *4	1,6	19	2	16	122
03/95	Майнинген	3,1	60	3	27+ 7	260
03/95	Майнинген *4	0,8	12	1	10	76
06/95	Хохзауэрландкир	7,3	175	5	58+22	612
06/95	Хохзауэрланд *4	1,9	30	2	18	138
08/95	Аттнанг, Австрия	6,2	130	4	48	367
05/95	Аттнанг, Австрия	1,1	16	1	10	76
12/95	Саванна, США	1,6	29	2	18+ 5	176
12/95	Корея, Сеул	1,4	29	2	12+4	122
12/95	Шинко, Япония	1,4	26	2	12+4	122
12/95	Куннерсдорф	1,8	8	2	06+06	60

**РЕФЕРЕНТНЫЕ СИСТЕМЫ ФИРМЫ РОСНЕМ ДЛЯ ОБРАБОТКИ СТОКОВ
СВАЛОК БЫТОВЫХ ОТХОДОВ (лист 2, листов 3)**

Дата	Расположение систем (свалка)	Кол-во стоков, (м ³ /ч)	Производи- тельность по фильтрату, (м ³ /24 ч)	Количество модульных блоков, (шт.)	Количество модулей, (шт.)	Мембранная поверх- ность, (м ²)
01/96	Даеёо, Корея *6	1,8	8	2	06+06	60
03/96	Донг Кван, Корея	6,0	108	5	60+15	574
04/96	Адтекс, США	-	-	-	234	1790
04/96	Торренс, США	1,2	24	1	10+4	107
04/96	Познань, Польша	1,6	28	2	12	91
04/96	Познань, Польша	0,5	7	1	4	31
06/96	Нойбранденбург	0,8	16	1	7	54
06/96	Нойбранденбург *4	0,2	4	1	3	23
06/96	Шёнайхе, ФРГ	5,4	115	4	48+21	528
06/96	Шёнайхе	5,4	115	4	48+21	528
07/96	Сагуаро, США	0,9	4	1	6	30
07/96	Бургдорф *6	1,8	8	2	06+06	60
08/96	Поско-Дайо, Корея	0,9	4	1	6	30
08/96	Ридерберг, Австрия	5,0	90	4	48+14	474
08/96	Ридерберг, Австрия	1,1	16	1	10	76
09/96	Тайджон, Корея	9,8	176	12	96+0	734
09/96	Вольфсберг	1,8	8	2	06+06	60
10/96	Мойзельвитц	2,0	30	2	20+2	168
11/96	Магдебург	1,8	42	2	16+7	176
11/96	Магдебург	0,4	7	1	4	28
11/96	Магдебург	0,4	2	1	5	25
12/96	Юнта де Рисидиос	1,9	36	2	18+7	191
12/96	Юнта де Рисидиос	0,4	7	1	4	28
02/97	Коль Кардус, Испания	9,2	197	7	88+31	910
02/97	Коль Кардус, Испания	3,0	24	1	10	76
02/97	Коль Кардус, Испания	2,5	29	2	20	152
02/97	Коль Кардус, Испания	3,6	16	4	12+12	120
02/97	Бинсберг, ФРГ	2,5	52	2	22+09	237
02/97	Бинсберг, ФРГ	0,8	12	1	0,6	47
02/97	Бинсберг, ФРГ	0,8	18	1	0,6	30
02/97	Унтитц, Гера	2,3	47	2	18+08	199
02/97	Унтитц, Гера	0,7	11	1	06	47
02/97	Унтитц, Гера	0,75	18	1	06	30
03/97	Биркефельд	3,0	24	1	10	76
03/97	Биркефельд	1,8	8	2	06+06	60
03/97	Биркефельд	0,5-1,5	-	1	5	38
03/97	Сагуаро, США	0,9	4	21	6	30
05/97	Верндорф, Австрия	1,5-5	-	1	5+1	45

Примечания:

- *1 = пилотные установки непрерывного режима работы
- *2 = увеличение количества ДТ-модулей в фильтрационных блоках
- *3 = два насоса включены параллельно
- *4 = работа системы при рабочем давлении p=120 бар
- *5 = работа системы при рабочем давлении p=200 бар
- *6 = нанофильтрация

В референтные списки оборудования РОСНЕМ не внесены установки и системы, запущенные после 1997 года (еще более 80 наименований).

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАЩЕНИЯ С КОНЦЕНТРАТОМ СИСТЕМЫ РОСНЕМ ПРИ ОЧИСТКЕ СТОКОВ ПОЛИГОНОВ ТБО

Очистка сточных вод свалок ТБО с помощью обратноосмотических систем решает важную экологическую проблему, а именно, предотвращает дальнейшую нагрузку на природные ресурсы, особенно на грунтовые или поверхностные воды. Кроме чисто экологических требований, необходимо принимать во внимание также важный экономический фактор. Фильтрация с помощью обратноосмотических систем сточных вод свалок является относительно недорогим оптимальным решением и это доказано специалистами, изучавшими альтернативные способы очистки. В этой оценке учтены также расходы по утилизации концентрата, который еще в недалеком прошлом оценивался как довольно дорогой. Некоторые системы на ряде свалок работали с использованием упаривания, сушки концентрата или связывания его различными связывающими средствами с последующим захоронением нерастворимых сухих продуктов на теле самой свалки.

В настоящее время наиболее перспективным способом обращения с концентратами является **контролируемая утилизация концентратов в теле самой свалки**, которая является не только самым дешевым способом утилизации концентрата, но и улучшает биохимические процессы в органических остатках и ускоряет процессы иммобилизации и деструктуризации органических соединений, находящихся в составе концентрата.

Инфильтрация концентрата как способ уменьшения вредных продуктов

Результаты многочисленных исследований (1-3), особенно многолетние исследования на примерах длительное время (с 1986 года) работающих обратноосмотических систем РОСНЕМ подтверждают, что контролируемая инфильтрация концентратов сточных вод после в тело свалки ТБО даже через длительное время не дает отрицательных результатов по изменению состава сточных вод, а именно, не увеличивает концентрации каких-либо определенных отдельных веществ.

Тело свалки, действуя как биореактор, значительно уменьшает концентрацию вредных продуктов, причем отдельные компоненты трансформируются в биогаз. Множество комплексных биохимических и физических процессов протекают в теле свалки в период загрузки инфильтрата. К этим процессам можно отнести (1, 4, 5):

- биохимические процессы разложения в теле свалки, снижающие содержание органических компонентов в мусоре и инфильтрированном концентрате, причем не было доказано косвенного токсичного действия введенного концентрата.
- за счет действия микроорганизмов в теле свалки происходит отложение органических и неорганических продуктов в виде окислов, сульфидов и карбонатов, адсорбция тяжелых металлов на различных поверхностях частиц мусора, таких как глиняные минералы и гуминовые соединения.
- кристаллизационные процессы, когда часть солей переходят в нерастворимую фазу.
- за счет химически-неорганических процессов происходит образование различных карбонатов, сульфидов и сульфатов.

В комбинации вышеназванных процессов важную роль играют температура и концентрация веществ. Поэтому особенно важным пунктом является регулируемый ввод (инфильтрация) концентратов в тело свалки. Не менее важным является учет возможности смешения свежих инфильтратов со старым фильтратом, находящимся в возможно образованных внутренних каналах (т.н. „channeling“). Эти помехи могут механически устраняться.

Некоторые примеры использования контролируемого ввода концентрата на конкретных свалках.

Благодаря многолетнему исследованию процесса контролируемого ввода (возвращением) концентратов обратноосмотических систем РОСНЕМ в тела нескольких свалок ТБО можно сделать вывод, что инфильтрация концентратов должна быть рассчитана с учетом особенностей конкретной свалки. Ввод концентрата не на поверхность, а в тело свалки, при определенных технических особенностях этого ввода, не оказывает отрицательного влияния на биохимические процессы, проходящие в теле свалки, а именно: не увеличивает концентрирование свежих

стоков (фильтратов), не вызывает их „засоливания“ или увеличения количества вредных продуктов в них (1, 4). Эти данные объединяют в себе отдельные результаты, полученные на различных свалках ТБО, использующих описываемый способ утилизации концентратов.

В настоящее время 15 обратноосмотических систем ROCHEM (1) с контролируемым вводом полученных при фильтрации концентратов в тело свалки работают на свалках Германии и около 9 систем – на свалках других стран (6), причем наблюдается нарастающая тенденция к их увеличению. Конкретными примерами такой технологии можно назвать:

Свалка «Hunttere Dollart». Находится возле г. Gaggenau-Oberweier (40 км от г. Карлсруе). Площадь свалки около 19 га. Ежегодное складирование мусора в период с 1986 по 1995 г.г. достигает 200 000 т/год. Обратноосмотическая система ROCHEM работает с 1986 года, выход пермеата по отношению к исходным стокам составляет 80%. Полученный концентрат (20 %) через специальный канал отводится на тело свалки и с помощью системы насосов вкачивается в тело свалки. Концентрация вводимого фильтрата установлена на значение 200 000 мкСм/см (1).

Свалка «Göda-Buscheritz». Находится в 50 км от Дрездена. На свалке заскладировано большое количество золы, т.к. недалеко находится ТЭС. Обратноосмотическая установка рассчитана на производительность около 0,6 м³/ч по чистой воде (пермеату). Выход пермеата по отношению к исходным стокам составляет около 70 %. В 1993 г. была введена в действие инфильтрационная система подачи концентрата в тело свалки. С тех пор не наблюдалось изменений физико-химического состава свежих стоков, поступающих на фильтрацию. Электропроводность свежих стоков свалки составляет стабильно около 14 000 мкс/см, значения ХПК - от 1 800 до 2 000 мгО₂/л.

Свалка «Helvesiek». Находится на 90 км юго-восточнее Гамбурга. Площадь свалки 12,5 га. Ежегодное складирование мусора составляет 60 000 - 80 000 тонн. Производительность системы ROCHEM составляет около 0,6 м³/ч по чистой воде (пермеату). Полученные концентраты с помощью системы насосов закачиваются в тело свалки. С 1993 года концентрации свежих стоков стабильно составляют от 12 000 до 19 000 мкСм/см.

Свалка «Henberg». Расположена между г.г. Любек, Киль и Гамбург. С 1992 г. на свалке работает обратноосмотическая система ROCHEM. Получаемый концентрат через систему инфильтрации с самого начала работы установки вводится в тело свалки. Данные анализов сточных вод свалки ТБО Шёнберг на электропроводность, ХПК и сульфаты при использовании системы контролируемой инфильтрации концентрата в тело свалки в период с 1996 г. по 2006 г. представлены на рис. 1. Небольшие отклонения в значениях электропроводности объясняются погодными условиями (большое количество осадков в 1997 г. и 2002 г.).



Рис. 1 Изменение отдельных параметров в исходной сточной воде свалки ТБО при контролируемой инфильтрации концентрата в тело свалки.

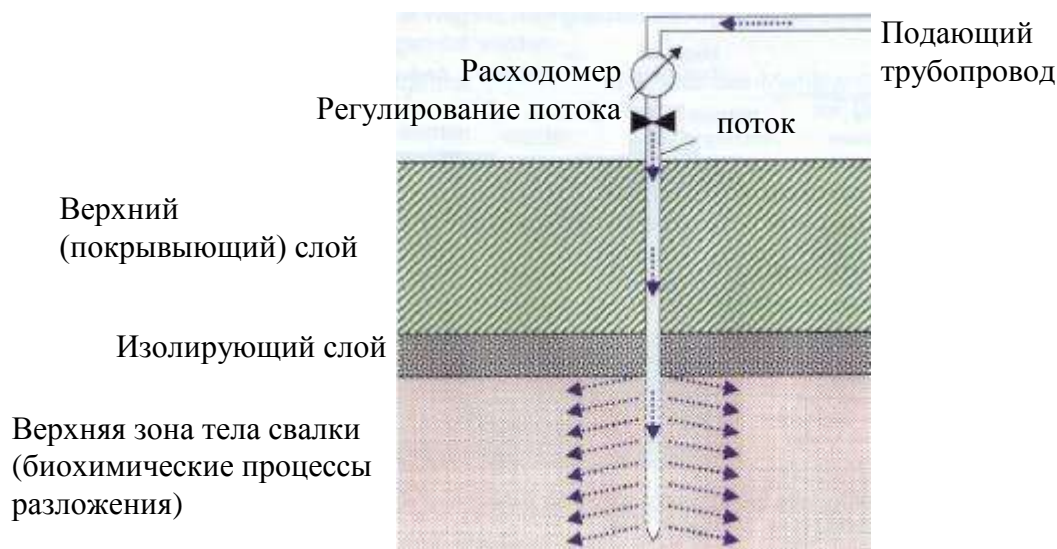


Рис. 2: Вертикальная система водоорошения для увлажнения тела свалки и оптимизирования процессов биохимического брожения.

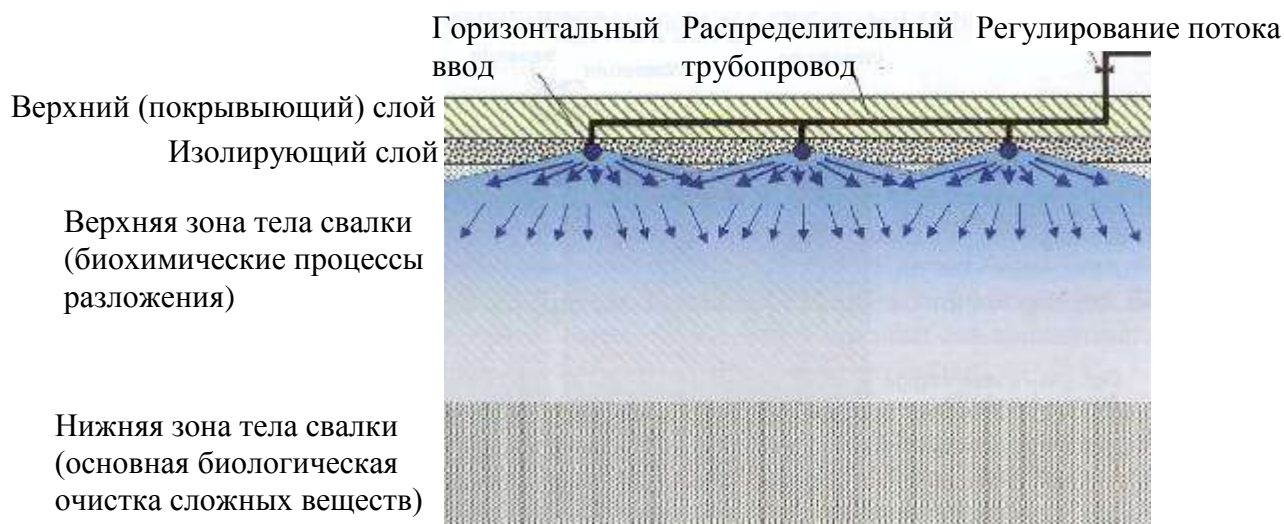


Рис. 3: Горизонтальная система водоорошения тела свалки на примере разреза (Литературной источник: Heyer, Stegmann, 1999).

Литература:

1. Henigin, P.: Auswirkungen der Konzentrat-Rückführung nach der Membranfiltration auf die Sickerwasserneubildung von Hausmülldeponien. Bilitewski B. et al. (Hrsg.) : Beiträge zur Abfallwirtschaft; Band 11, Technische Universität Dresden, 1999; Dresden.
2. Grosse, G.: Mehrjährige Betriebserfahrungen durch Einsatz des UmkehrosmoseVerfahrens und Rückführung von Konzentraten auf der Deponie. Lehrgang : Technische Akademie Wuppertal, 30-31.01.1990, Ostfildern.
3. Eipper, H. und Maurer, C.: Purification of Landfill Leachate with Membrane Filtration Based on the Disc Tube DT. Proceedings zu SARDINIA 99, siehe (3).
4. Diverse Beiträge zur SARDINIA 99. Proceedings Seventh International Waste Management and Landfill Symposium, CISA, 4.-8.10.1999, St. Margharita di Pula, Cagliari.
5. Gade, B.: Bilanzierung des Schadstoffpotentials-Rückhaltekapazität und Mobilität von Schadstoffen am Beispiel der Sonderabfalldeponie Raindorf. Vortrag zu und Beitrag in (7). (24) Mitteilung des Betreibers.
6. Peters, Th.: Betriebserfahrungen mit der Reinigung von Sickerwasser mit Membran-Filtration und Konzentratverpressung in Spanien und Frankreich. Tagungsband, 1. Aachener Tagung: „Ist die Nachsorgephase vor dem Hintergrund der Sickerwasser-Reinigung und Deponiegasverwertung ein wirtschaftlich kalkulierbares Risiko?“, enviro Consult, 29-30.09.1998, Aachen.

ВОЗВРАЩЕНИЕ ПРИРОДЕ ПЕРМЕАТА СИСТЕМЫ РОСНЕМ ПОСЛЕ ОЧИСТКИ СТОКОВ СВАЛКИ ТБО ШЁНБЕРГ.

Система очистки стоков фирмы РОСНЕМ работает с 1991 года.

Очищенный пермеат поступает в **накопитель** (объем приibl. 60 000 м³) (**фото 1**).

Накопитель пермеата находится на полимерной пленке, заселен рыбой (форель, зеркальный карп, карась, красноперка, плотва и пр.). Растения: камыш, кувшинка, лотос и другие растения, чувствительно реагирующие на присутствие вредных веществ в воде.



1



2

Биотоп соединен трубой, проходящей под дамбой с накопителем пермеата и представляет собой каскад из 4-х небольших озер, различного объема (от 5 000 до 20 000 м³, **фото 2, 3, 4**).

Проток воды произвольный. Продувка воздухом отсутствует. Наблюдение и исследования флоры и фауны проводят сотрудники биологического факультета Университета г. Гамбурга. В весеннее и летнее время года наблюдается цветение воды.

Биотоп расположен на территории свалки (граница с лесным массивом). После прохождения очищенной воды через биотоп (процесс «оживления» воды) и постоянного экологического контроля, эта вода покидает территорию свалки и направляется через приток в реку Ельбу. При контроле качества очищенной воды перед сбросом в реку Ельбу в период 1991-2000 г.г. экологических нарушений замечено не было.



3



4

Система ДТ-модулями очистки сточных вод (250 м³/сут) свалки ТБО (полигон № 5) в с. Подгорцы Обуховского района Киевской области.

