



Экологическое общество «Рузгар»

ОТЧЕТ О ПРОВЕДЕНИИ ИНВЕНТАРИЗАЦИИ ПХБ В АЗЕРБАЙДЖАНЕ

*Ислам Мустафаев
Муслим Гурбанов*

Баку - 2019

Обзор о выполнении Азербайджаном Стокгольмской конвенции в отношении полихлорированных бифенилов (ПХБ) подготовлен неправительственной организацией RUZGAR совместно с Центром «Эко-Согласие» при поддержке IPEN (Международная сеть неправительственных организаций по ликвидации загрязнителей). В подготовке обзора приняли участие эксперты: Ислам Мустафаев и Муслим Гурбанов

Введение

Быстрый рост развития экономики Азербайджана, в частности, нефтегазового сектора, усиливает нагрузку на окружающую среду. Неконтролируемое, с экологической точки зрения, развитие промышленности за более чем 70 лет создало ряд экологических проблем. В ряду таких проблем химическое загрязнение занимает особое место, что предопределено интенсивным развитием сельского хозяйства, нефтехимического комплекса, топливно-энергетической отрасли и т.п. При этом особенно серьезную

опасность для здоровья населения и состояния окружающей среды представляет группа химических веществ, называемая стойкими органическими загрязнителями, которые обладают высокой токсичностью и стойкостью в окружающей среде.

Из этой группы веществ в Азербайджане производились пестициды -ДДТ, гексахлоран, линдан и т.п. Инвентаризация источников загрязнения окружающей среды пестицидами проводили несколько раз в рамках международных проектов, в последний раз - в 2012 году Межотраслевой комиссией, созданной постановлением Кабинета министров Республики Азербайджан. Отметим, что первая общественная экологическая инвентаризация устаревших пестицидов проводилась в рамках проекта IPEN по ликвидации СОЗ в 2004 году экологическим обществом «Рузгяр». Результаты этой работы были опубликованы в книге «Пестициды и окружающая среда» на азербайджанском языке, затем в 2009 эта книга переведена Всемирным Банком на английский язык .

Несмотря на то что было выполнено несколько региональных проектов по химическим загрязнениям, вопрос об инвентаризации полихлорбифенилов (ПХБ) до конца не выполнен. Имеются некоторые примерные данные о запасах ПХБ в конденсаторных и трансформаторных маслах в Национальном плане выполнения (НПВ) по Стокгольмской конвенции, разработанном в 2007 году. Члены коалиции НПО по химической безопасности, созданной в рамках проекта IPEN по ликвидации СОЗ в 2007 году, принимали участие в разработке НПВ. В 2013 году при активном участии членов коалиции НПО по химической безопасности выполнен проект «Экологически обоснованное регулирование и удаление полихлорированных бифенилов в Азербайджанской Республике» .

В докладе приведена информация о специфических свойствах и опасности полихлорбифенилов (ПХБ), об основных национальных документах по ПХБ. Рассмотрен потенциал Азербайджана по инвентаризации ПХБ, а также проанализированы факторы, определяющие отсутствие полной картины инвентаризации. Определены основные организации, заинтересованные в управлении ПХБ, представлены предварительные результаты инвентаризации ПХБ.

Полихлорбифенилы

Полихлорбифенилы являются синтетическими органическими химическими соединениями, имеющими ряд специфических свойств:

- высокие диэлектрические свойства;
- высокую химическую стабильность;
- пожаростойкость;
- высокую термическую стойкость;
- высокую химическую стойкость.

Эти свойства позволили успешно их использовать в конденсаторах и трансформаторах, начиная с 1930 года. В 1970-е годы было выявлено их серьезное вредное воздействие на здоровье и окружающую среду: в частности, эти вещества отрицательно влияют на иммунную и репродуктивную системы, желудочно-кишечный тракт, железы, кожу и т.п. После этого производство ПХБ стало сокращаться.

В 1929- 1989 гг было произведено около 1,7 млн тон ПХБ . До сих пор во многих странах ПХБ- содержащие трансформаторы и конденсаторы еще работают. Согласно положениям Стокгольмской Конвенции, ПХБ должны быть уничтожены, по крайней мере, изолированы от окружающей среды. Есть химические и термические методы их уничтожения ПХБ. В Приложении 1 представлено краткое описание технологий для нейтрализации/уничтожения стойких органических загрязнителей (СОЗ), альтернативные сжиганию.

Однако пока, до 2025 г, когда должны будут использоваться лишь трансформаторные и

конденсаторные масла без ПХБ, старые трансформаторы и конденсаторы будут использоваться.

Потенциал по инвентаризации полихлорбифенилов

В различном оборудовании содержание ПХБ может варьироваться от несколько граммов до 60 кг. Грубые анализы могут быть выполнены с применением Chlor-N-Oil Field test kits, более точные – с применением L2000DX для точного определения ионов хлора. Самым точным методом является- газохроматографический метод.

Отсутствие полной картины инвентаризации ПХБ вызвано следующими причинами:

1. отсутствие статистических данных о ПХБ-содержащем оборудовании;
2. отсутствие строгой отчетности по производству, приобретению, распределению, сохранению, использованию и списанию оборудования с ПХБ-содержащими маслами;
3. многократные институциональные реорганизации в постсоветских странах после 1990-х годов. В результате в структурах, деятельность которых связаны с применением технических средств, применяющие ПХБ, были утеряны документы – описания, касающиеся ПХБ
4. отсутствие информации о движении ПХБ за период до подписания Стокгольмской конвенции. Страны-стороны Стокгольмской конвенции имеют обязательств по управлению ПХБ только после 2003 года;
5. низкий уровень осведомленности заинтересованных сторон и общественности в целом о вредном воздействии ПХВ на здоровье населения и окружающую среду, что не позволило уделить должное внимание решению этих вопросов;
6. дезинтеграция энергетических систем и дефицит энергоисточников в переходной период (в 1990-е годы). В это время использованные ПХБ-содержащие трансформаторные масла использовались в качестве жидкого топлива в квартирах, частных хозяйствах и т.п.. Это создавало неблагоприятные условия для учета, так как замена использованных масел, их уничтожение осуществлялись в произвольной форме.

Все перечисленные обстоятельства затрудняют проведение точной инвентаризации ПХБ в Азербайджане.

Привлечение потенциала НПО к процессу инвентаризации химических веществ обычно приводит к успеху. В связи с этим в состав Исполнительной группы по Стокгольмской Конвенции Азербайджана были включены эксперты – члены коалиции НПО по химической безопасности. Так, к проведению инвентаризации по разработке первого и второго Национальных планов выполнения Стокгольмской Конвенции, а также другие международные проекты были привлечены руководители Экологического общества «Рузгар» и Научно-экологического Общества «Экойл». Этими НПО были осуществлены также самостоятельные проекты по инвентаризации ПХБ и ПХБ-содержащих масел.

В данном отчете приводятся результаты этой деятельности.

Основные национальные документы по ПХБ

Азербайджан ратифицировал Стокгольмскую Конвенцию в 9 декабря 2003 года. Министерство экологии и природных ресурсов определено как координирующее агентство. Первый Национальный план действия по устойчивому управлению СОЗ в Азербайджане был разработан в 2007 г., он охватил период 2007-2020 гг. Несмотря на то, что до сих пор этот План не утвержден Кабинетом Министров Азербайджана, выполнены достаточно много деятельности, предусмотренной в этом Плане. Естественно, что

выполненные работы по объему и качеству сильно отличаются от планированных. В декабре 2018 г. началась разработка Второго НПВ, охватывающего период 2019-2030 годы.

В стране разработаны нормативно-правовые документы по инвентаризации и управлению ПХБ-содержащих веществ:

- 1) Правила инвентаризации и классификации отходов.
- 2) Методологические индикаторы по работе ПХБ-содержащего оборудования и отходов.
- 3) Правила безопасности при маркировке отходов оборудования и масел в станциях и подстанциях.
- 4) Правила инвентаризации ПХБ-содержащего электрического оборудования в Азербайджанской энергетической системе,

и другие директивные документы.

В стране осуществлено строительство установок для обеззараживания ПХБ-содержащих масел, получены разрешения на практические осуществления этого процесса. Подписаны соответствующие соглашения с владельцами загрязненного ПХБ оборудования. Разработаны инструкции по обеззараживанию ПХБ. В соответствии с проектом ЮНИДО, все ПХБ будут транспортированы в Национальный центр для опасных отходов в 30 км от Баку. Сущность технологии заключается в том, что при наличии в ПХБ металлического натрия и нагревании его до 110 °С начинается процесс дехлорирования. Этот завод имеет мощность 20 тонн в месяц.

Согласно положениям Стокгольмской Конвенции, в неэлектрическом оборудовании допустимая норма ПХБ не должна превышать 0.005%.

Основные организации, связанные с ПХБ оборудованием и отходами

Большая часть оборудования и отходов с содержанием ПХБ более 90% в Азербайджане принадлежат трем организациям:

1. АО «Азеренержи»
2. «Бакэлектросеть»
3. «Сумгаитэлектросеть»

Эти компании не имеют потенциал для проверки наличия ПХБ в масле. Каждые 10 лет масла меняются и возвращаются на нефтеперерабатывающий завод для вторичной переработки или утилизации. Испорченные трансформаторы направляются либо в ремонт, либо демонтируются, а их части используются дальше. Строгий учет использования металлических частей трансформаторов не ведется.

Что касается конденсаторов, только малая их часть направляется на специальные склады, их отходам специальное внимание не уделяется. Есть отдельные ремонтные мастерские, которые принимают трансформаторы и конденсаторы для устранения мелких технических недостатков.

Проблемы, требующие решения:

1. Недостаточная информированность о вредном воздействии ПХБ на здоровье и окружающую среду;
2. отсутствие программы регулярной проверки ПХБ-содержащего оборудования.
3. отсутствие системы безопасности рабочих при работе с ПХБ-содержащими оборудованием.

4. отсутствие сертифицированной лаборатории и специального Департамента по управлению ПХБ-содержащим оборудованием в Министерстве ЭПР4

5. отсутствие специального таможенного учета импорта ПХБ-содержащего оборудования.

Инвентаризация полихлорбифенилов

В Азербайджане ПХБ никогда не производились. ПХБ-содержащее оборудование импортировалось в основном из России и более 40 других стран мира. ПХБ использовались в основном в производстве и передаче электроэнергии. В принципе, в соответствии национальными правилами, масло от ПХБ-содержащего оборудования после истечения срока годности очищается и направляется нефтеперерабатывающие заводы для регенерации.

Кабинет Министров Азербайджанской Республики принял Постановление №120 от 20 октября 1997 о списке экотоксикологических опасных веществ, куда также внесена ПХБ .

Основные организации, заинтересованные в инвентаризации ПХБ, приведены в таблице 1.

Таблица 1. Основные организации, заинтересованные в управлении ПХБ

№	Организации	Роль в управление ПХБ
1	ОАО «Азерэнерджи»	Основной пользователь ПХБ – содержащего действующего оборудования и их отходов
2	ГНКР (Государственная нефтяная компания)	Имеет ПХБ- содержащее (>50 ppm) оборудование
3	«Бакэлектросеть»	Имеет ПХБ- содержащие (>50 ppm) оборудование
4	Министерство транспорта	Имеет ПХБ- содержащее (>50 ppm) оборудование
5	Министерство юстиции	Имеет ПХБ- содержащее (>50 ppm) оборудование
6	Государственный комитет по имуществу	Имеет ПХБ- содержащее (>50 ppm) оборудование
7	Государственная компания «Азеркимя»	Имеет ПХБ- содержащее (>50 ppm) оборудование
8	Лаборатория МЭПР, НАНА, Азеколаб	Анализ масел на содержание ПХБ

В стране есть установки и технологии для обеззараживания ПХБ-содержащих масел. Такие установки имеются также для сжигания твердых бытовых и опасных отходов нефтяной компании ВР.ВР обеззараживает свои отходы путем термодесорбции при 400-450С .

Десорбированная нефть идет по трубопроводу, твердый остаток передается в Национальный центр опасных отходов. ПХБ обеззараживается в Национальном центре по опасным отходам при температуре 110С в присутствии натрия, мощность 20 тон/месяц.

Главной целью инвентаризации является определение точного количества ПХБ-содержащих масел в электрическом оборудовании, подлежащем ликвидации. Это создаст условия для сбора, маркировки, в конечном нейтрализации масел, содержащих ПХБ. Для более полной информации о ликвидации ПХБ и загрязненного им оборудования см. Приложение 1.

В результате инвентаризации идентифицированы 6326 конденсаторов, содержащих чистые ПХБ. При этом 4561 трансформатор анализирован на содержание ПХБ. Из этого количества трансформаторов 564 единиц имели ПХБ в количестве > 50 ppm.

Для повышения надежности результатов инвентаризации использованы 3 лаборатории МЭПР, Национальной Академии наук и компании «Азэколаб». Ими выполнены 10 тыс. анализов по определению содержания ПХБ в масле. Также определено ориентировочное содержание количества ПХБ при концентрациях выше 50 ppm с применением Test Kits CHLOR-N-OIL-50.

Первая инвентаризация ПХБ, проведенная в 2006 году, выявила, что в стране есть 6 тыс. единиц оборудования весом 384 тонн. Около 90% конденсаторов и 80% трансформаторов, содержащих ПХБ, находятся во владении ОАО «Азерэнерджи», «Бакэлектросеть» и «Сумгайтэлектросеть». ПХБ содержащие трансформаторы весят от 160 до 2980 кг, среднее количество ПХБ в каждом составляет 17, 2 кг. На Сумгайтском заводе поверхностно-активных веществ сохраняется 30 тонн ПХБ-содержащих отходов масла.

При уточнении инвентаризации найдены еще 3 тыс. единиц оборудования, содержащего ПХБ. По оценкам, имеется всего 540 тонн ПХБ-содержащего оборудования и отходов масла.

Для выполнения инвентаризации мы посетили следующие организации:

- Министерство экологии и его Департамент мониторинга;
- ОАО «Азерэнерджи»;
- ГНКР (Государственная нефтяная компания);
- «Бакэлектросеть»;
- Лаборатории заинтересованных организаций;
- Национальный центр по управлению опасными отходами.

Ознакомление с документами, собеседования и посещение различных организаций и предприятий позволили определить число загрязненного ПХБ оборудования и количество содержащегося в нем ПХБ.

Инвентаризация проведена на трех предприятиях, где находятся около 90% ПХБ-содержащего оборудования.

Таким образом, в ОАО «Азерэнерджи» число конденсаторов достигает 6,074, масса масла - 91 тонна, общее число конденсаторов - 231 тонн. Общее число трансформаторов с содержанием ПХБ выше 50 ppm -163. Масса масла -375 тонн, общая масса оборудования - 1295 тонн

В ГНКР (SOCAR) число ПХБ-содержащих конденсаторов достигает 252 штук. Масса масла составляет 4,3 тон, а общая масса оборудования -12,500 тон. Число трансформаторов с содержанием ПХБ выше 50 ppm достигает 320.

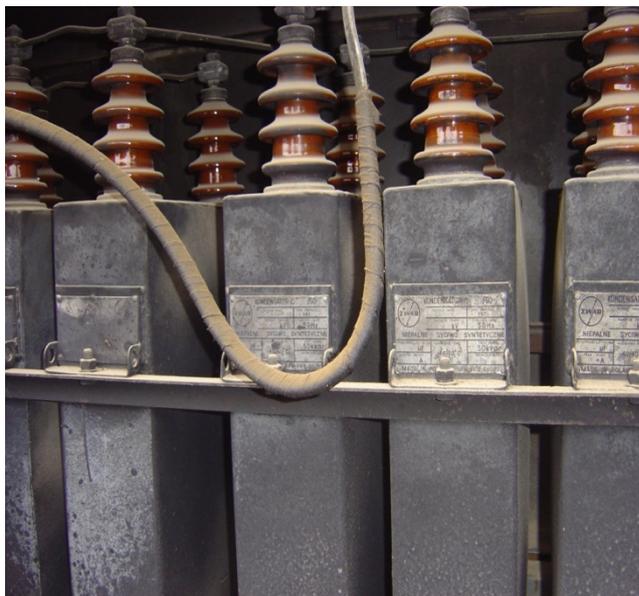
В «Бакэлектросеть» конденсаторы отсутствуют. Число трансформаторов с содержанием ПХБ выше 50 ppm достигает 83, масса масла -155,3 тонн, суммарная масса оборудования - 584,6 тонн.

Результаты инвентаризации ПХБ приведены в таблице 2.

6

Таблица 2. Результаты инвентаризации ПХБ в электрическом оборудовании:

Отрасль, предприятие	Оборудование	Число оборудования, ед	Масса масла, тонн	Общая масса оборудования, тонн
ОАО «Азербэрги»	Конденсатор	6074	90,756	231,38
ГНКР (SOCAR)	Конденсатор	252	4,278	12,500
«Бакэлектросеть»	Конденсатор	0	0	0
Всего конденсаторов:		6328	95,034	243,880
ОАО «Азербэрги»	Трансформатор	164	375	1,294,9
ГНКР (SOCAR)	Трансформатор	320	151,2	576,5
«Бакэлектросеть»	Трансформатор	83	155,3	584,6
Всего трансформаторов:		564	681,5	2,456



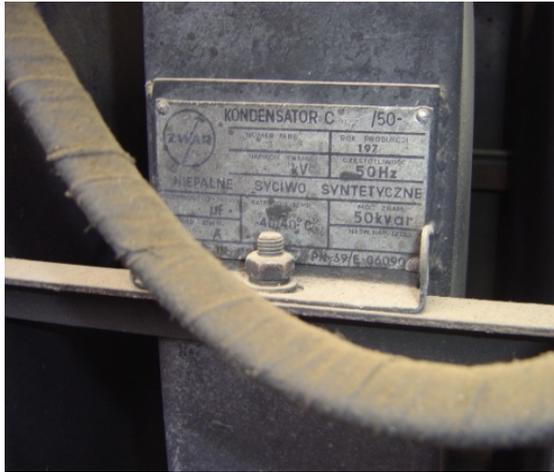


Рис. Загрязненное ПХБ оборудование

Приложение 1

Приложение 7

Альтернативные, отличные от сжигания технологии для нейтрализации/уничтожения стойких органических загрязнителей (СОЗ)

1. Химическое восстановление в газовой фазе (Gas Phase Chemical Reduction (GPCR))

Данная технология обеспечивает наилучшие результаты среди всех технологий уничтожения (нейтрализации) СОЗ, отличных от сжигания, она использовалась для уничтожения СОЗ-содержащих отходов на протяжении последних восьми лет¹. В процессе GPCR, реакция разложения СОЗ происходит в разряженной газовой среде в

¹ «Обзор новых, инновационных технологий по уничтожению и нейтрализации СОЗ и определение многообещающих технологий для использования в развивающихся странах», Группа экспертов по научным и техническим вопросам, ГЭФ, ПРООН, 2003 год // “Review of Emerging, Innovative Technologies for the Destruction and Decontamination of POPs and the Identification of Promising Technologies for Use in Developing Countries”, The Scientific and Technical Advisory Panel of the GEF, UNEP 2003.

отсутствие кислорода, что предотвращает образование диоксинов и способствует разложению диоксинов, присутствующих в отходах^{2,3,4}. Процесс основывается на реакции газо-фазного термохимического восстановления, заключающейся во взаимодействии водорода с органическими и хлорорганическими соединениями. При температурах в диапазоне от 800 до 900 °С и низком давлении, водород вступает в реакцию с такими соединениями, как полихлорированные бензины, ДДТ, гексахлорбензолы и смесями пестицидов, разлагая эти вещества, в основном, на метан и углеводород, и некоторое количество легких углеводородов. Углеводороды нейтрализуются гидроксидом натрия и восстанавливаются до хлорида натрия. Так как реакция с водородом происходит в газовой фазе, необходима предварительная обработка как твердых, так и жидких отходов. Разработаны и широко используются технологии предварительной обработки. Твердые отходы перерабатываются непосредственно, без какого-либо измельчения или уменьшения размеров фракций отходов^{5,6,7}.

В зависимости от количества отходов и производительности установки, с помощью данной технологии можно переработать до 100 тонн отходов в сутки. Данная технология уничтожения может применяться для всех СОЗ, в том числе, отходов с высокими концентрациями СОЗ, ПХБ содержащих трансформаторов, батареек и использованных масел^{8,9}.

² «Размещение на временное хранение запасов устаревших пестицидов в развивающихся странах»// Организации ООН по продуктам питания и сельскому хозяйству», 1996 // "Disposal of Bulk Quantities of Obsolete Pesticides in Developing Countries", United Nations Food and Agriculture Organization, 1996.

³ «Технологии переработки ПХБ в соответствии с законами о размещении отходов и очистке территорий» (29 описаний), сентябрь, 2003 года // "PCB Treatment Technologies Based on the Waste Disposal and Clean Up Law", (29 Profiles), September, 2003.

⁴ Куммлиг К., Фестарини Л. И др. «Оценка уровней образования ароматических хлорсодержащих соединений в отходящих газах процесса ECO LOGIC», Органические галогенные соединения, 32. 1997 // Kummling, K., Festarini, L., et al., "An Evaluation of Levels of Chlorinated Aromatic Compounds in ECO LOGIC Process Stack Outputs", Organohalogen Compounds. 32, 1997.

⁵ «Обзор новых, инновационных технологий по уничтожению и нейтрализации СОЗ и определение многообещающих технологий для использования в развивающихся странах», Группа экспертов по научным и техническим вопросам, ГЭФ, ПРООН, 2003 год // "Review of Emerging, Innovative Technologies for the Destruction and Decontamination of POPs and the Identification of Promising Technologies for Use in Developing Countries", The Scientific and Technical Advisory Panel of the GEF, UNEP 2003.

⁶ Окружающая среда Австралии, 1997 // Environment Australia 1997

⁷ «Химическое восстановление в газовой фазе (GPCR)», технология, отличная от сжигания, Информационный листок № 4, Гринпис // "Gas Phase Chemical Reduction (GPCR)", Non-Incineration Technology Fact Sheet # 4 Greenpeace.

⁸ «Обзор новых, инновационных технологий по уничтожению и нейтрализации СОЗ и определение многообещающих технологий для использования в развивающихся странах», Группа экспертов по научным и техническим вопросам, ГЭФ, ПРООН, 2003 год // "Review of Emerging, Innovative Technologies for the Destruction and Decontamination of POPs and the Identification of Promising Technologies for Use in Developing Countries", The Scientific and Technical Advisory Panel of the GEF, UNEP 2003.

Технические характеристики процесса GPCR: В соответствии с имеющейся информацией, данный процесс демонстрирует высокие коэффициенты уничтожения (DE) для ГХБ, ПХБ, отходов, содержащих диоксины и фураны, а также смешанных хлорсодержащих пестицидов. При испытании промышленных установок в Канаде, коэффициенты DE порядка 99.999% достигнуты для ПХБ и ГХБ. Диоксины и фураны, присутствующие в качестве загрязняющих веществ в полихлорбифениловых маслах, также подверглись разложению данным процессом с коэффициентом DE, равным 99.999%. Аналогичные испытания, проведенные в Японии, и выполненные оценки уровня разложения диоксинов и фуранов в отходах в процессе GPCR, также показали высокий коэффициент уничтожения - DE, составивший 99.9999%^{10,11}.

Экологические показатели: В процессе GPCR все выбросы и твердые частицы могут быть уловлены для их анализа и дальнейшей переработки, если необходимо^{7,11}. Остатки, образовавшиеся в процессе, состоят из получаемого газа, воды газопромывателя, песка и шламов от переработки (очистки) получаемого газа. В получаемом газе в процессе GPCR диоксины и фураны не были обнаружены. По данным, представленным Канадой, отсутствуют какие-либо неконтролируемые выбросы от применения данного процесса для уничтожения ПХБ-содержащих материалов¹².

Данная технология прошла промышленные испытания, лицензирована и используется в Австралии, Японии и Канаде. Кроме того, в Словацкой Республике планируется осуществление пилотного проекта по уничтожению СОЗ путем использования процесса GPCR process¹³.

Каталитическое разложение (BCD)

Данная технология была использована для переработки большого объема отходов с высоким содержанием СОЗ, таких как ДДТ, ПХБ, диоксины и фураны. Технология BCD является усовершенствованным вариантом разработанного ранее Агентством по охране окружающей среды США процесса каталитического дехлорирования для восстановления почв и осадков, загрязненных хлорсодержащими органическими веществами¹⁴.

⁹ «Химическое восстановление в газовой фазе (GPCR)», технология, отличная от сжигания, Информационный листок № 4, Гринпис // “Gas Phase Chemical Reduction (GPCR)”, Non-Incineration Technology Fact Sheet # 4 Greenpeace.

¹⁰ «Обзор новых, инновационных технологий по уничтожению и нейтрализации СОЗ и определение многообещающих технологий для использования в развивающихся странах», Группа экспертов по научным и техническим вопросам, ГЭФ, ПРООН, 2003 год // “Review of Emerging, Innovative Technologies for the Destruction and Decontamination of POPs and the Identification of Promising Technologies for Use in Developing Countries”, The Scientific and Technical Advisory Panel of the GEF, UNEP 2003.

¹¹ «Химическое восстановление в газовой фазе (GPCR)», технология, отличная от сжигания, Информационный листок № 4, Гринпис // “Gas Phase Chemical Reduction (GPCR)”, Non-Incineration Technology Fact Sheet # 4 Greenpeace.

¹² ELI Eco Logic International, Inc. 1996.

¹³ «Обзор новых, инновационных технологий по уничтожению и нейтрализации СОЗ и определение многообещающих технологий для использования в развивающихся странах», Группа экспертов по научным и техническим вопросам, ГЭФ, ПРООН, 2003 год // “Review of Emerging, Innovative Technologies for the Destruction and Decontamination of POPs and the Identification of Promising Technologies for Use in Developing Countries”, The Scientific and Technical Advisory Panel of the GEF, UNEP 2003.

¹⁴ «Сравнительная матрица технологий восстановления и справочное руководство», 3-е издание, октябрь 1997 года // “Remediation Technologies Screening Matrix and Reference Guide”, 3rd Edition October, 1997.

В технологии VCD твердые или жидкие отходы подвергаются переработке путем нагревания до 300 - 350 °С в водородной среде при нормальном давлении и присутствии смеси углеводородов с высокой точкой кипения, гидроокиси натрия и катализатора. Во время процесса высоко реактивный атомарный водород, образующийся в подогретой смеси, разлагает хлорорганические и другие отходы, с образованием неорганических солей, инертных остатков и воды. Затем катализатор, использованный в VCD, отделяется от осадка, восстанавливается и используется повторно^{15,16,17}.

Технология VCD позволяет утилизировать до 20 тонн загрязненных твердых отходов в час и до 9000 литров жидкости за один раз. На основании процесса VCD можно разработать установки меньшей производительности. Загрязненные почвы и осадки требуют некоторой предварительной обработки до использования технологии VCD, которая, в основном, применяется для обезвреживания жидких отходов¹⁸.

Технические характеристики процесса VCD: замеры сбросов и выбросов от устаревших установок, использующих технологию VCD, показывали наличие хлороорганики и диоксинов, но усовершенствованное оборудование позволяет достичь DREs >99.99999% для 30%-го ДДТ и >99.999999 для 90% ПХБ¹⁶. Во время опытных испытаний более высокие коэффициенты разложения (DEs) были получены для ГХБ, ДДТ, ПХБ, диоксинов и фуранов¹⁹.

Экологические показатели: В процессе VCD все выбросы и осадки могут улавливаться для проведения анализа и повторной очистки, если необходимо. В целом, технология VCD считается технологией с невысокими рисками⁷. Выбросы диоксинов и фуранов с дымовыми газами при использовании технологии VCD для уничтожения ПХБ-содержащих отходов, по сравнению с другими технологиями сжигания, были гораздо ниже. Технология VCD была использована для уничтожения 42000 тонн загрязненных

¹⁵ «Обзор новых, инновационных технологий по уничтожению и нейтрализации СОЗ и определение многообещающих технологий для использования в развивающихся странах», Группа экспертов по научным и техническим вопросам, ГЭФ, ПРООН, 2003 год // “Review of Emerging, Innovative Technologies for the Destruction and Decontamination of POPs and the Identification of Promising Technologies for Use in Developing Countries”, The Scientific and Technical Advisory Panel of the GEF, UNEP 2003.

¹⁶ «Технологии переработки ПХБ в соответствии с законами о размещении отходов и очистке территорий» (29 описаний), сентябрь, 2003 года // “PCB Treatment Technologies Based on the Waste Disposal and Clean Up Law”, (29 Profiles), September, 2003.

¹⁷ «Примеры промышленных технологий уничтожения СОЗ», Информационный листок по технологиям, отличным от сжигания, № 3, Гринпис // “Examples of Commercial Scale POPs Stockpile Destruction Technologies”, Non-Incineration Fact Sheet #3, Greenpeace.

¹⁸ «Обзор новых, инновационных технологий по уничтожению и нейтрализации СОЗ и определение многообещающих технологий для использования в развивающихся странах», Группа экспертов по научным и техническим вопросам, ГЭФ, ПРООН, 2003 год // “Review of Emerging, Innovative Technologies for the Destruction and Decontamination of POPs and the Identification of Promising Technologies for Use in Developing Countries”, The Scientific and Technical Advisory Panel of the GEF, UNEP 2003.

¹⁹ «Обзор новых, инновационных технологий по уничтожению и нейтрализации СОЗ и определение многообещающих технологий для использования в развивающихся странах», Группа экспертов по научным и техническим вопросам, ГЭФ, ПРООН, 2003 год // “Review of Emerging, Innovative Technologies for the Destruction and Decontamination of POPs and the Identification of Promising Technologies for Use in Developing Countries”, The Scientific and Technical Advisory Panel of the GEF, UNEP 2003.

ПХБ почв²⁰. Аналогично, данная технология также применялась для сильно загрязненной диоксидами территории предприятия Сполана Нератовиче в Чешской Республике. К сожалению, очищенные осадки и использованные масляные вещества были сожжены на мусоросжигательном заводе, эксплуатируемом SITA Богемия в Чешской Республике²¹.

Данная технология лицензирована для промышленного использования в Австралии, США, Мексике, Испании, Чешской Республике и соседних странах Центральной и Восточной Европы²².

Окисление в сверхнагретой воде (SCWO)

В данной технологии используются уникальные свойства сверх нагретой воды (с температурой, превышающей > 374 °С, и давлением > 22 МПа) для полного окисления и разложения токсичных органических веществ и отходов. В ранних системах постоянно наблюдались проблемы надежности и коррозии материалов оборудования. В настоящее время, эти проблемы успешно устранены путем использования антикоррозийных материалов и специальной конструкции установок. В настоящее время установка промышленного масштаба, использующая процесс SCWO, функционирует в Японии. После эффективной демонстрации в масштабах пилотного эксперимента и доработки, данный процесс недавно был одобрен для полномасштабного использования в США^{23,24,25}.

Сверх нагретая вода известна тем, что имеет очень хорошие свойства катализатора в реакциях восстановления окислением, путем растворения органического вещества и кислорода¹⁰. SCWO является высокотемпературным процессом, протекающем при высоком давлении в полностью закрытой системе при температуре 400 - 500 °С и давлении 25 МПа, способствующих быстрому завершению процесса окисления. Продукты восстановления включают двуокись углерода, неорганические кислоты и соли. Использование системы ограничивается переработкой жидкостей и твердых веществ с содержанием органического вещества $< 20\%$ и диаметром твердых веществ < 200 микрон. Отходы с высоким содержанием ПХБ в результате процесса образуют кислотные осадки (низкий уровень pH), и поэтому, чтобы избежать коррозии оборудования, материал, из

²⁰ Инженерно-техническая лаборатория снижения рисков, АОС США, 1993 // US EPA Risk Reduction Engineers Laboratory, 1993

²¹ Совет национальных исследований, 1993 год // National Research Council, 1993

²² «Обзор новых, инновационных технологий по уничтожению и нейтрализации СОЗ и определение многообещающих технологий для использования в развивающихся странах», Группа экспертов по научным и техническим вопросам, ГЭФ, ПРООН, 2003 год // “Review of Emerging, Innovative Technologies for the Destruction and Decontamination of POPs and the Identification of Promising Technologies for Use in Developing Countries”, The Scientific and Technical Advisory Panel of the GEF, UNEP 2003.

²³ «Обзор новых, инновационных технологий по уничтожению и нейтрализации СОЗ и определение многообещающих технологий для использования в развивающихся странах», Группа экспертов по научным и техническим вопросам, ГЭФ, ПРООН, 2003 год // “Review of Emerging, Innovative Technologies for the Destruction and Decontamination of POPs and the Identification of Promising Technologies for Use in Developing Countries”, The Scientific and Technical Advisory Panel of the GEF, UNEP 2003.

²⁴ Костнер Р, Люскомбе Д. и Симпсон М. «Технические критерии для уничтожения запасов стойких органических загрязняющих веществ», Гринпис, 1998 // Costner, P., Luscombe, D. and Simpson, M., “Technical Criteria for the Destruction of Stockpiled Persistent Organic Pollutants”, Greenpeace 1998.

²⁵ Проект «Сполана – диоксины», отчет в рамках процесса ОВОС, Прага, 2004 год // BCD CZ, “Projekt Spolana - dioxiny” report for EIA process, BCD CZ, Prague 2004.

которого оно изготовлено, и присоединенные трубы обрабатываются щелочными растворами для нейтрализации^{26,27}.

Имеющаяся демонстрационная установка, основанная на SCWO, имеет производительность около 400 кг/час, имеются планы увеличения производительности до 2700 кг/час. Процесс SCWO использовался для уничтожения широкого спектра материалов, в том числе CO₃, промышленных органических химикатов, химикатов, используемых в сельском хозяйстве, взрывчатых веществ, а также очистки широкого спектра загрязненных объектов, таких как промышленные стоки, илы (шламы), хозяйственно-бытовые сточные воды, загрязненные ПХБ, пестицидами, алифатическими и ароматическими галогенсодержащими веществами^{28,29}.

Технические характеристики процесса SCWO: Зарегистрированная эффективность уничтожения и удаления (DREs) для технологии SCWO составляет > 99.99994% для переработки диоксин содержащих отходов и > 99.999% для уничтожения различных опасных органических соединений (в том числе, хлор содержащих растворителей, ПХБ и пестицидов)^{30,31}. Экспериментальное тестирование показало значительный потенциал для высокоэффективного уничтожения ПХБ путем использования данной технологии³².

Экологические показатели: При использовании процесса SCWO все выбросы и остаточные вещества могут быть уловлены для дальнейшего анализа и доочистки, если необходимо³³. Газообразные выбросы – незначительные, отмеченный уровень однооксида углерода составляет < 10 ppm, они не содержат твердых частиц, окислов азота, хлористого

²⁶ Костнер Р, Люскомбе Д. и Симпсон М. «Технические критерии для уничтожения запасов стойких органических загрязняющих веществ», Гринпис, 1998 // Costner, P., Luscombe, D. and Simpson, M., “Technical Criteria for the Destruction of Stockpiled Persistent Organic Pollutants”, Greenpeace 1998.

²⁷ Проект «Сполана – диоксины», отчет в рамках процесса ОВОС, Прага, 2004 год // BCD CZ, “Projekt Spolana - dioxiny” report for EIA process, BCD CZ, Prague 2004.

²⁸ Окружающая среда Австралии, 1997 // Environment Australia 1997

²⁹ Костнер Р, Люскомбе Д. и Симпсон М. «Технические критерии для уничтожения запасов стойких органических загрязняющих веществ», Гринпис, 1998 // Costner, P., Luscombe, D. and Simpson, M., “Technical Criteria for the Destruction of Stockpiled Persistent Organic Pollutants”, Greenpeace 1998.

³⁰ Костнер Р, Люскомбе Д. и Симпсон М. «Технические критерии для уничтожения запасов стойких органических загрязняющих веществ», Гринпис, 1998 // Costner, P., Luscombe, D. and Simpson, M., “Technical Criteria for the Destruction of Stockpiled Persistent Organic Pollutants”, Greenpeace 1998.

³¹ Конгресс США, 1991 год // U.S. Congress, 1991

³² «Обзор новых, инновационных технологий по уничтожению и нейтрализации CO₃ и определение многообещающих технологий для использования в развивающихся странах», Группа экспертов по научным и техническим вопросам, ГЭФ, ПРООН, 2003 год // “Review of Emerging, Innovative Technologies for the Destruction and Decontamination of POPs and the Identification of Promising Technologies for Use in Developing Countries”, The Scientific and Technical Advisory Panel of the GEF, UNEP 2003.

³³ «Обзор новых, инновационных технологий по уничтожению и нейтрализации CO₃ и определение многообещающих технологий для использования в развивающихся странах», Группа экспертов по научным и техническим вопросам, ГЭФ, ПРООН, 2003 год // “Review of Emerging, Innovative Technologies for the Destruction and Decontamination of POPs and the Identification of Promising Technologies for Use in Developing Countries”, The Scientific and Technical Advisory Panel of the GEF, UNEP 2003.

водорода или окислов серы³⁴. Последние исследования показали, что образование PCDD/F может происходить при определенных условиях во время разложения ПХБ при использовании данной технологии³⁵, поэтому требуется обязательный мониторинг выбросов СО и надлежащий и полный контроль за функционированием оборудования.

Восстановление натрием (SR)

Данная технология считается хорошо проработанной, использовалась в промышленном масштабе в течение ряда лет для переработки отработанных масел с низкими и высокими концентрациями ПХБ. Технология является переносной и широко используется для уничтожения ПХБ на производственных участках, где располагаются работающие трансформаторы³⁶.

В процессе SR полностью выводится хлор из ПХБ путем восстановления щелочным металлом при рассеивании натрия в минеральных маслах. Процесс дехлорирования осуществляется путем перемешивания реактивной смеси в сухой азотной среде при нормальном давлении. Размер частиц металлического натрия, его концентрация и оптимальная температура реакции меняется в зависимости от типа используемого процесса SR. Предварительная обработка заключается в удалении влаги из реагентов. В конце реакции избыток натрия удаляется путем добавления воды. При использовании процесса SR образуется минимальное количество твердого осадка. Побочные продукты реакции: вода, хлорид натрия, гидроокись натрия и бифенилы. Очищенные масла можно использовать повторно³⁷.

Передвижная установка, использующая технологию SR, производительностью до 15000 литров масла в сутки, использовалась для переработки загрязненного трансформаторного масла, содержащего ПХБ³⁸. Значение коэффициента уничтожения (DE) превышает 99.999%, и эффективность уничтожения и удаления (DRE) - 99.9999% отмечены для хлора и гексахлорбензола. Существует вероятность выбросов азота и водорода, тогда как информация о выбросах органических веществ отсутствует. Тем не менее, переработка восстановлением натрием (SR) отработанных трансформаторных

³⁴ Томсон Т.В., Хонг Г.Т. и др. «Процесс сверхкритического окисления MODAR», опубликованный в работе Фримана Х.М. (под редакцией) серия «Современные технологии переработки опасных отходов», том 1, Technomic Publishing Inc. 1990 год // Thomson, T.V., Hong, G.T. et al., “The MODAR Supercritical Oxidation Process”, published in Freeman, H.M. (Ed), “Innovative Hazardous Waste Treatment Technology Series“, Volume 1, Technomic Publishing Inc. 1990.

³⁵ Вебер Р. «Важность образования PCDD/PCDF для оценки технологий уничтожения СОЗ - уничтожение ПХБ путем окисления в сверх нагретой воде (SCWO)», органические галогенные соединения – Том 66 (2004), 1281-1288 // Weber, R., “Relevance of PCDD/PCDF Formation for the Evaluation of POPs Destruction Technologies – PCB Destruction by Super Critical Water Oxidation (SCWO)”. Organohalogen Compounds – Volume 66 (2004), 1281-1288.

³⁶ «Технологии переработки ПХБ в соответствии с законами о размещении отходов и очистке территорий» (29 описаний), сентябрь, 2003 года //“PCB Treatment Technologies Based on the Waste Disposal and Clean Up Law”, (29 Profiles), September, 2003.

³⁷ «Технологии переработки ПХБ в соответствии с законами о размещении отходов и очистке территорий» (29 описаний), сентябрь, 2003 года //“PCB Treatment Technologies Based on the Waste Disposal and Clean Up Law”, (29 Profiles), September, 2003.

³⁸ «Технологии переработки ПХБ в соответствии с законами о размещении отходов и очистке территорий» (29 описаний), сентябрь, 2003 года //“PCB Treatment Technologies Based on the Waste Disposal and Clean Up Law”, (29 Profiles), September, 2003.

масел успешно продемонстрировала соответствие законодательно установленным критериям США, ЕС, Канады, Австралии, Японии и Южно-Африканской Республики. Данная технология широко используется во всем мире³⁹.

Другие технологии, отличные от сжигания

Технологии уничтожения отходов, содержащих СОЗ, отличные от сжигания, являются областью, где имеются большие возможности для разработки и внедрения новых технологий, но знания о них и реализация таких технологий ограничены. Большое число технологий существует в промышленном масштабе (например, процесс СДР непрерывного режима замкнутой цепи, испо«Обзор новых, инновационных технологий по уничтожению и нейтрализации СОЗ и определение многообещающих технологий для использования в развивающихся странах», Группа экспертов по научным и техническим вопросам, ГЭФ, ПРООН, 2003 год // “Review of Emerging, Innovative Technologies for the Destruction and Decontamination of POPs and the Identification of Promising Technologies for Use in Developing Countries”, The Scientific and Technical Advisory Panel of the GEF, UNEP 2003.

Используемый на Кипре⁴⁰ для очистки трансформаторов, загрязненных ПХБ), и несколько многообещающих технологий, которые можно будет использовать в ближайшем будущем, например, для очистки мусоросжигательных установок, загрязненных полихлордибензодιοксинами/фуранами (PCDD/F), летучих зол, а также ПХБ-содержащих отходов (основанных на различных каталитических реакциях^{41,42}).

* * * Рабочая группа по разработке «Базельского Руководства по обращению с отходами, содержащими СОЗ» пришла к единому мнению -рекомендовать, чтобы используемые

³⁹ «Обзор новых, инновационных технологий по уничтожению и нейтрализации СОЗ и определение многообещающих технологий для использования в развивающихся странах», Группа экспертов по научным и техническим вопросам, ГЭФ, ПРООН, 2003 год // “Review of Emerging, Innovative Technologies for the Destruction and Decontamination of POPs and the Identification of Promising Technologies for Use in Developing Countries”, The Scientific and Technical Advisory Panel of the GEF, UNEP 2003.

⁴⁰ Тумиатти В.,Тумиатти С., Туммиати М. «Масла, ПХБ и СОЗ». Инвентаризация, обращение и дезактивация электрических сетей», ПРООН «Химикаты», доклад на «Консультационной встрече по обращению и уничтожению ПХБ в соответствии со Стокгольмской Конвенцией по стойким органическим загрязняющим веществам», Женева, Швейцария, 9-10 июня, 2004 года // Tumiatti, V., Tumiatti, S., Tumiatti M., “Oil, PCBs & POPs: The inventory, management and decontamination in electrical networks” in UNEP Chemicals “Consultation Meeting on PCB Management and Disposal under the Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants. Geneva, Switzerland, 9 - 10 June 2004.

⁴¹ Вебер Р, «Weber, R., “Важность образования PCDD/PCDF для оценки технология уничтожения СОЗ – Уничтожение ПХБ с использованием катализатора V2O5-WO3 на основе TiO2. Органические галогенные соединения, том 66 (2004), 1289-1295. // Relevance of PCDD/PCDF Formation for the Evaluation of POPs Destruction Technologies - PCB destruction over a TiO2-Based V2O5-WO3 Catalyst”. Organohalogen Compounds – Volume 66 (2004), 1289-1295.

⁴² Пекарек В. «Технологии каталитического дегалогенирования соединений, содержащих СОЗ», сообщение на международном семинаре по технологиям уничтожения СОЗ, отличным от сжигания, Прага 2003 год // Pekarek, V. “Technology of catalytic dehalogenation of POPs compounds” in International Workshop on Non-combustion Technologies for Destruction of POPs, ed. Arnika/IPEN Dioxin, PCBs and Waste WG5, Prague 2003.

технологии имели способность достижения коэффициента уничтожения (DE), равного 99.9999%, при переработке отходов, состоящих из или содержащих СОЗ в количестве, превышающем 1%. Группа также, помимо прочего, пришла к соглашению рекомендовать описанные выше технологии (GPCR, BCD, SCWO и SR) в качестве технологий «Экологически приемлемых и экономически доступных». Недавние исследования также рекомендуют провести оценку имеющихся технологий уничтожения СОЗ по всем технологическим параметрам - TEQ (в том числе по обоим ее элементам: PCDD/Fs и ПХБ), которые бы включали как образование ПХБ, так и PCDD/Fs.