

РЕКУЛЬТИВАЦИЯ ПО-ШВЕЙЦАРСКИ

*В. Хефели, доктор технических наук Высшей технической школы г. Цюриха,
А. Амманн, Smart Resources, Швейцария*

Мы часто слышим о том, что самые передовые страны в области обращения с отходами тоже прошли через большие трудности и потратили немало труда и средств, прежде чем достигли благополучия. Но лишь прочитав эту статью, вы сможете в полной мере представить себе, насколько тяжелы порой были эти проблемы и какой огромный труд понадобился для их преодоления...

Начавшийся в 1960-х гг. экономический подъем и прогрессирующая индустриализация общества сопровождалась резким увеличением количества отходов. В те времена в Европе захоронение отходов на полигонах являлось общепринятой практикой, отвечавшей уровню развития технического прогресса. В соответствии с этим и швейцарская стратегия обращения с отходами была ориентирована частично на сжигание, а частично на захоронение.

В качестве прогрессивного по тем временам технического решения были созданы полигоны для утилизации опасных видов отходов, такие как, например, сооруженный на месте одного из карьеров для добычи глины в 1978 г. специальный полигон для захоронения опасных отходов в г. Келликен, кантон Цюрих (Sondermuelldeponie Koelliken, SMDK).

Полигон SMDK должен был стать лучшей и легальной альтернативой неуправляемому, нелегальному и децентрализованному захоронению отходов в многочисленных неконтролируемых карьерах.

Концепция, технические требования и условия хранения отходов на полигоне SMDK на тот момент уровня развития науки и техники были вполне прогрессивными и могли послужить образцом для аналогичных полигонов других стран Европы (Германии, Франции и Италии). Для того времени условия хранения отходов считались очень строгими.

На полигоне подвергались захоронению самые разные отходы: отходы технологических процессов, перегонки, партии дефектной продукции, отходы очистных сооружений, шлаки, загрязненный грунт, строительный мусор от разборки сооружений, аккумуляторы, отходы сверления и фрезерования (например, магниевые), текстильные отходы и т. п.

Сотрудники полигона не были специалистами в области долгосрочного захоронения опасных отходов, поэтому на захоронение отправлялись даже те отходы, с которыми с современной точки зрения нельзя было так обращаться. Речь идет, в частности, о легкорастворимых солях. Герметизирующие функции глиняного карьера оценивались как очень хорошие. Однако вскоре было установлено, что фильтрат все же поступает в окружающую среду.

Не был учтен и тот факт, что на полигоне для опасных отходов могут активно протекать процессы биологиче-

ской и химической деструкции. Выделяющиеся в результате самых разных химических реакций и биологических процессов газы становились причиной сильных неприятных запахов.

В связи с многочисленными экологическими проблемами полигон был закрыт уже в 1985 г. Таким образом, эксплуатировался в период с 1978 по 1985 г.; за это время на нем накопилось около 550 тыс. т опасных отходов.

Закрытие полигона вызвало в Швейцарии серьезные волнения. Политики, население, представители промышленности и средств массовой информации тему опасных отходов обсуждали как национальную проблему. Широкая общественность впервые оказалась в курсе недопустимого состояния дел в сфере швейцарской системы утилизации отходов.

В качестве выхода из создавшегося положения была разработана новая швейцарская стратегия обращения с отходами, предусматривающая в первую очередь предотвращение образования отходов, уменьшение их количества, сжигание и только потом захоронение. Система развивается в заданном направлении и по сей день.

Что же касается описываемого полигона, очень быстро выяснилось, что большая часть подвергнутых захоронению в бочках ядовитых веществ не может просто оставаться в земле. Поэтому органы власти распорядились в период с 1986 по 1989 г. провести ревизию состояния полигона. Вслед за этим в 1991–2001 гг. были приняты надлежащие меры безопасности (рис. 1).

В 1986–1990 гг. полигон был укрыт несколькими слоями минеральных



Захоронение опасных отходов на полигоне SMDK (1980 г.)

материалов (капиллярный барьер). В это укрытие были интегрированы 70 вертикальных газовых скважин, а также сеть горизонтальных газодренажных труб. Тем самым было обеспечено непрерывное отсасывание газов и их термическая обработка.

Была также создана система мониторинга состояния грунтовых вод и приняты дополнительные меры по защите грунтовых вод путем возведения специальных ограждений – Южного и Северного, уходящих на несколько метров в землю: поскольку полигон располагался на склоне, во избежание попадания в тело полигона поверхностного стока с севера было построено Северное ограждение, а для предотвращения попадания в окружающую среду (грунтовые воды) загрязненного стока с самого полигона (что было выявлено системой мониторинга) – Южное ограждение.

В качестве дополнительной меры безопасности были предусмотрены сбор и обработка диффузионных загрязненных вод; ниже по течению грунтовых вод был построен предохранительный колодец, который в случае попадания загрязненной воды из полигона в грунтовые воды позволял ее отсосать и очистить.

Результаты мониторинга оказались неутешительными. На рис. 2 показано продвижение фронта вредных веществ в грунтовых водах. Приходилось считаться с прогрессирующим загрязнением грунтовых вод в долгосрочной перспективе.

После проведения специальных исследований была определена оптимальная программа действий в отношении полигона SMDK на долгосрочную перспективу, было установлено, что для наиболее быстрого и радикального устранения связанных с полигоном SMDK экологических проблем требуется проведение общей санации полигона.

Целью общей санации являлось восстановление такого состояния территории полигона, при котором его можно было бы с чистой совестью передать будущим поколениям.

Поскольку состав захороненных опасных отходов не был в точности известен, а ближайшие жилые дома находились всего в 50 м от полигона, было принято решение проводить

работы в условиях повышенных требований к безопасности. Над полигоном была сооружена самая большая в Швейцарии крыша без единой опоры в середине. В расположенных над

территорией полигона помещениях с помощью мощных вентиляторов постоянно поддерживалось пониженное давление воздуха, состояние отводимого воздуха непрерывно контроли-

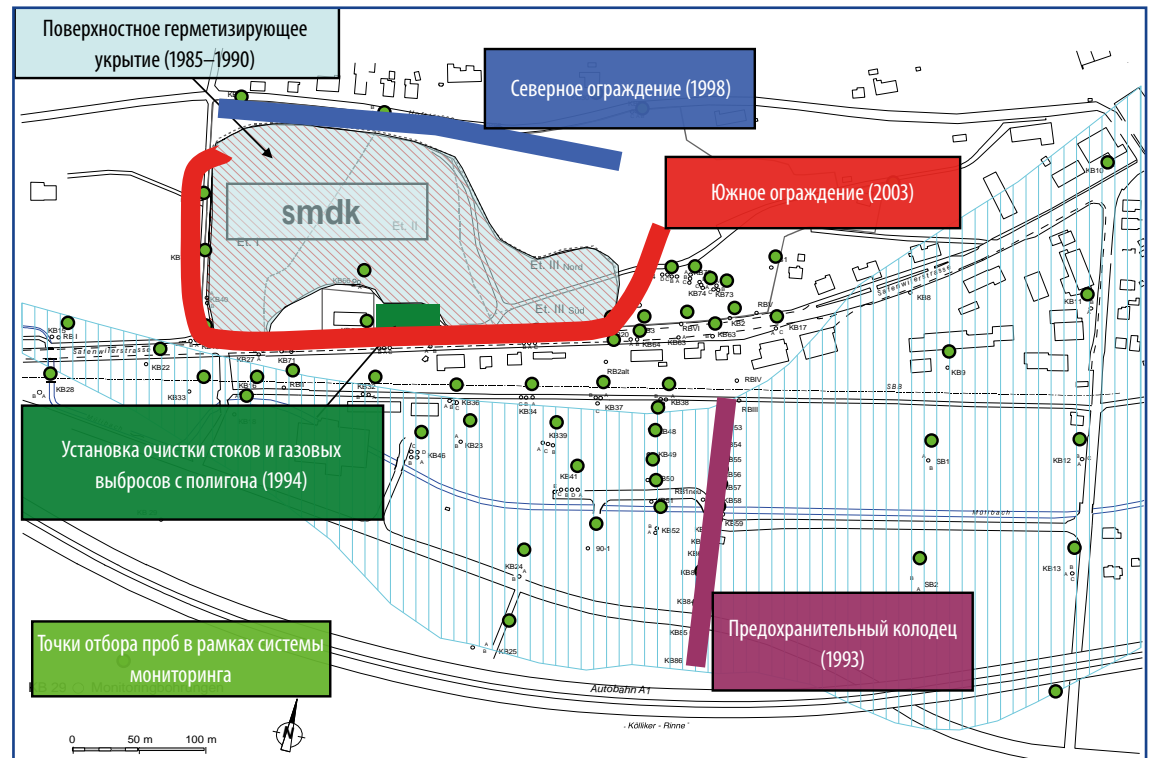


Рис. 1. Обеспечение безопасности полигона и система мониторинга

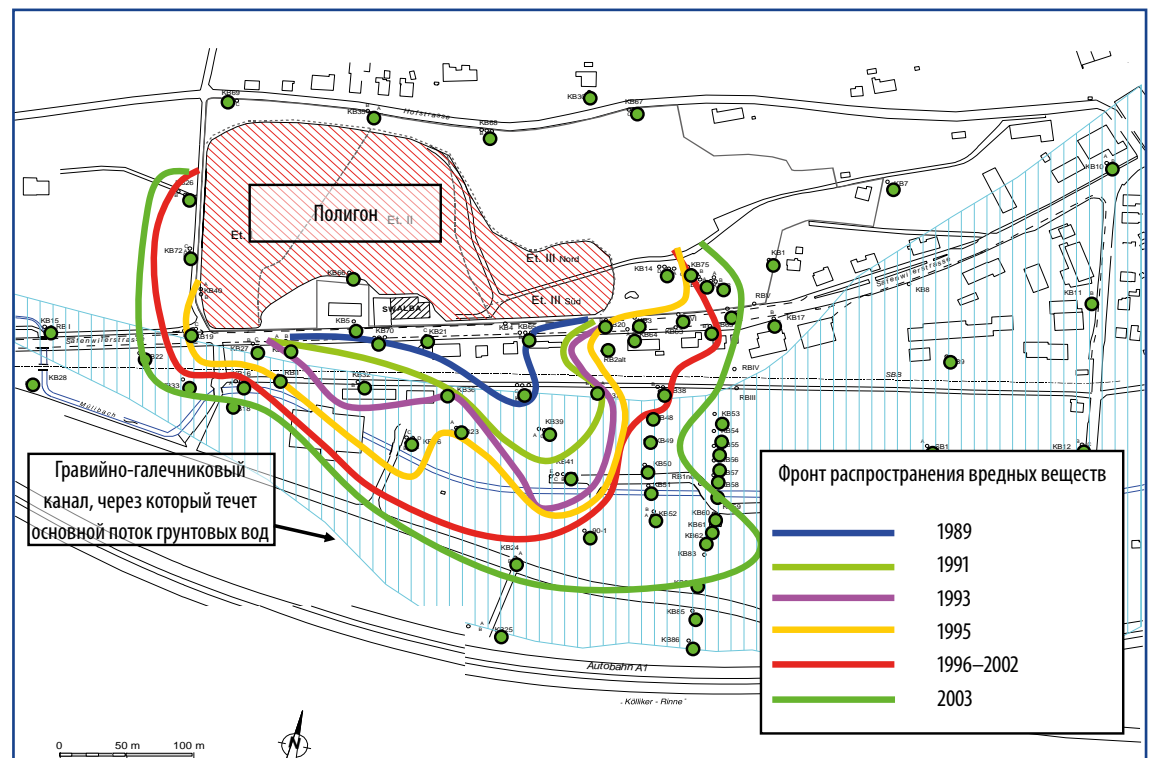


Рис. 2. Фронт вредных веществ в грунтовых водах в 1989–2003 гг.



Полигон SMDK, вид сверху до возведения крыши

ровалось, и проводилась его достаточно затратная очистка. Тем самым была полностью исключена возможность эмиссии загрязняющих веществ в атмосферу.

Ликвидация полигона началась 1 ноября 2007 г. с двух тестовых этапов (предварительного и опытного), которые проводились с уменьшенной интенсивностью разгрузки полигона. Главная цель при этом заключалась в проверке всех вновь применяемых процессов и устройств. После этого перешли на заданный режим разгрузки полигона со средней скоростью 400 т/сут.

Разгрузка полигона и утилизация находящихся на нем отходов стали весьма специфическими задачами, которые предстояло решить предпринимательскому консорциуму. Пришлось создавать специальные транс-

портные средства с рабочими кабинами, оборудованными системами подачи сжатого воздуха для дыхания. Все транспортные средства оснащались защитой от возможного возгорания магния и от возможного взрыва мощностью, эквивалентной 10 кг тринитротолуола. Для входа в транспортные средства и выхода из них были сооружены специальные стыковочные станции, подобные тем, что используются для самолетов. Вентиляционные системы обеспечивали возможность отсасывания до 400 тыс. м³ воздуха в час. Фильтры с активированным углем для очистки воздуха пришлось сконструировать таким образом, чтобы можно было быстро и без выделения пыли осуществлять замену активированного угля. Для этой цели была разработана модуль-

ная транспортируемая система контейнеров для активированного угля.

Техническое оснащение здания также было выполнено в соответствии с предъявляемыми высокими требованиями. В частности, в здании была организована четкая групповая система доступа персонала. Вся территория здания для разгрузки полигона контролировалась 50 видеокameraми. Кроме того, зона разгрузки полигона была оснащена термокамерами, так как обычные системы оповещения о возгораниях в атмосфере здания, содержащей большое количество пыли, вредных веществ и водяного пара, не работоспособны. Для прохода в места ограниченного доступа была создана система разделения зараженных и незараженных зон, соответствующая стандартам ядерной промышленности (принцип луковицы).

При транспортировке отходов не должны были выделяться запахи. Для выполнения этого требования были построены специальные транспортные контейнеры, соединяющие чистую «белую» зону с зараженной «черной» зоной. Контейнеры заполнялись сверху из «черной» зоны; их разгрузку у приемщика груза можно было осуществлять через расположенный на торцевой стороне поворотный клапан. В крышу был интегрирован воздушный шлюз, предотвращающий опасность выхода зараженного воздуха в «белую» зону.

Для обеспечения экологической безопасности транспортировки отходов территория полигона была оборудована рельсовыми путями. Полувагон можно было загрузить не более чем за 1 ч. Таким образом, удалось осуществить транспортировку основной части отходов по железной дороге.

Во время эксперимента выяснилось, что отходы перемешаны в значительно большей степени, чем это предполагалось ранее. Предписанная законодательными нормами утилизация подобных смешанных отходов не представлялась возможной, так как не удавалось с достаточной надежностью обеспечить выполнение условий их приемки на утилизационные установки. Кроме того, среди отходов оказалось очень много аккумуляторов, которые необходимо было удалить, чтобы исключить опасность их попадания после термической обработки на какой-либо другой



Полигон SMDK под крышей

полигон. С учетом этого занимающаяся разгрузкой полигона компания построила специальную внешнюю подготовительную систему, которая позволяла сортировать подобные отходы и выделять фракции, пригодные для передачи. В результате выяснилось, что в отходах находится примерно 0,3 % аккумуляторов, содержащих 1–2 % масс. ртути. Все эти аккумуляторы были отсортированы вручную.

Общее количество подлежащих выгрузке отходов:

- поверхностный слой полигона – 94 500 т;
- опасные отходы – 457 300 т;
- грунт с основания полигона (скальные породы) – 76 300 т;
- всего отходов – 628 100 т.

Один грузовой автомобиль со специальными контейнерами мог транспортировать примерно 25 т груза. Таким образом, для удаления отходов потребовалось бы около 25 тыс. грузовиков. Если такое количество грузовиков выстроить в один ряд, то получится колонна длиной больше 350 км, что соответствует половине расстояния от Санкт-Петербурга до Москвы.

Процесс разгрузки полигона проходил в следующем порядке (рис. 3). Отходы с полигона разделялись на три группы:

- зараженные в относительно небольшой степени материалы поверхностного слоя;
- минеральные материалы промежуточных слоев;
- опасные отходы в бочках и «бигбегах».

Минеральные материалы промежуточных слоев и опасные отходы загружались в различные контейнеры и отправлялись на склад для временного хранения, где из них с помощью специально разработанного робота или дистанционно управляемого гусеничного экскаватора с ковшом малой емкости отбирались пробы. В зависимости от результатов исследования этих проб определялись пути и способы дальнейшей утилизации отходов.

После получения результатов анализа проб однотипные отходы объединялись в укрупненные партии с целью оптимизации процесса их транспортировки. Составление партий осуществлялось со всеми необходимыми мерами предосторожности,

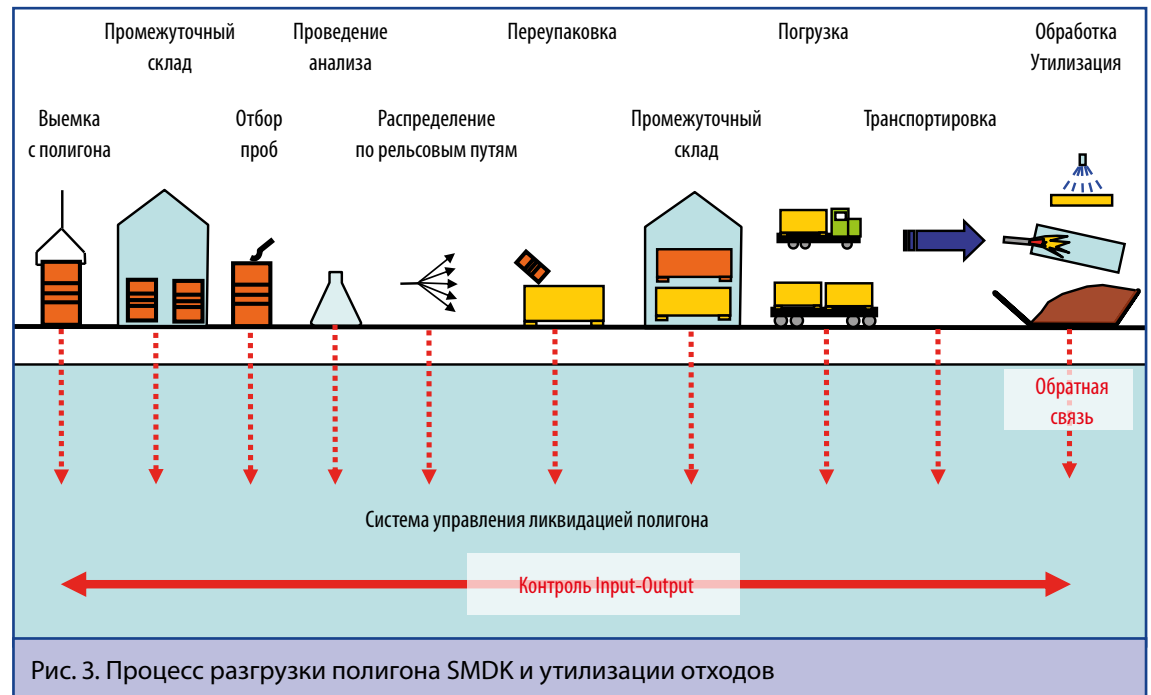


Рис. 3. Процесс разгрузки полигона SMDK и утилизации отходов

для того чтобы в случае необходимости незамедлительно прекратить нежелательные реакции. В частности, для контроля этого процесса использовались термокамеры. После этого на утилизационные станции направлялись заявки-декларации с результатами проведенных анализов. Только после подтверждения готовности к приемке каждой отдельной партии производилась погрузка отходов и транспортировка к получателю.

Все процессы осуществлялись с применением электронной системы обработки данных и протоколировались, таким образом отслеживалось движение отходов. «Обратная связь» осуществлялась постоянно и с каждого этапа утилизации. Место проведения работ еженедельно инспектировалось ответственными службами. Производился контроль Input-Output: сколько отходов вошло в процесс утилизации, столько же их должно быть на выходе, разница недопустима.

Одна треть отходов была отправлена на специализированные утилизационные предприятия Швейцарии и Европы для уничтожения.

Две трети извлеченных отходов были подвергнуты предварительной обработке в системе BAZO. Они были разделены на отдельные фракции, которые затем также были отправлены на различные утилизационные предприятия Швейцарии и Европы.



Работы по выемке отходов с полигона SMDK проводились внутри здания

Все утилизационные установки и способы утилизации соответствовали требованиям законодательных регулирующих документов Швейцарии и Евросоюза.

24 июня 2015 г. был удален весь опасный мусор и зачищено дно полигона. Теперь проводятся работы по очистке скального основания.

В самом ближайшем времени можно будет говорить о полной рекультивации территории полигона. ♻️

Авторы выражают благодарность фирме Eberhard AG (Швейцария), предоставившей информацию.

Перевод А. П. Сергеевкова