

УДК 622.271

Нольмер Чешлок, Стефан Гесс

**НАБЛЮДЕНИЯ ЗА ОСАДКОЙ В СИСТЕМЕ ИЗОЛЯЦИИ
ОСНОВАНИЯ ДЛЯ ПОДДЕРЖАНИЯ БАРЬЕРНОГО
ЭФФЕКТА ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ЦЕНТРАЛЬНОГО
ХРАНИЛИЩА КРЕБЕРН НА ОТВАЛЕ ОТРАБОТАННОГО
КАРЬЕРА (СРЕДНЕГЕРМАНСКИЙ БУРОУГОЛЬНЫЙ
БАССЕЙН)**

Установлена система наблюдения для ЦХ Креберн, описаны методы измерения, доказавшие свою надежность и давшие важные результаты. Геотехнический контроль многобарьерной системы до сих пор позволяет эксплуатировать свалку безаварийно. Не обнаружены отрицательные явления, препятствующие эффективному функционированию отвала.

Ключевые слова: хранилище бытовых отходов, лигнит, отвалообразование, многобарьерная система.

Семинар № 1

Центральное хранилище (ЦХ) бытовых отходов Креберн расположено на 70-метровом отвале отработанного буровугольного карьера Эспенхайн. С учетом строения техногенного основания ЦХ прогнозировалось оседание до 2,4 м. Последующее безопасное строительство возможно после получения результатов измерений.

Добыча лигнита в горно-добывающих районах Германии имеет давнюю традицию. Высокоэффективная добыча лигнита стала возможной только после введения шахт в эксплуатацию. На начальных этапах освоения месторождения для складирования вскрыши использовались внешние отвалы или существующие выработанные карьеры. Затем в ходе эксплуатации осуществляли переход к внутреннему отвалообразованию. В зависимости от применяемой технологии, для складирования вскрышных масс, были использованы различные типы оборудования.

В отработанном угольном карьере Эспенхайн выемка верхней части вскрыши, а также ее складирование осуществлялось с помощью транспортно-отвального моста (ТОМ) и ленточного конвейера, при этом имелась возможность вынимать почвенный слой для последующего восстановления отвальных территорий. Средний и нижний слой вскрыши укладывали с помощью консольного ленточного отвалообразователя (абзетцера). Кроме того, отвалообразователь укладывал золу от близлежащих ТЭЦ. В зависимости от типа выемки, транспортировки и складирования вскрыши происходило смешивание пород в отвале. Внутренний отвал состоит из двух отвальных слоев. На рис. 1 показана внутренняя часть отвала, расположенного на карьере Эспенхайн. В отвальном массиве мощностью до 70 метров существует высокая вероятность образования пустот.

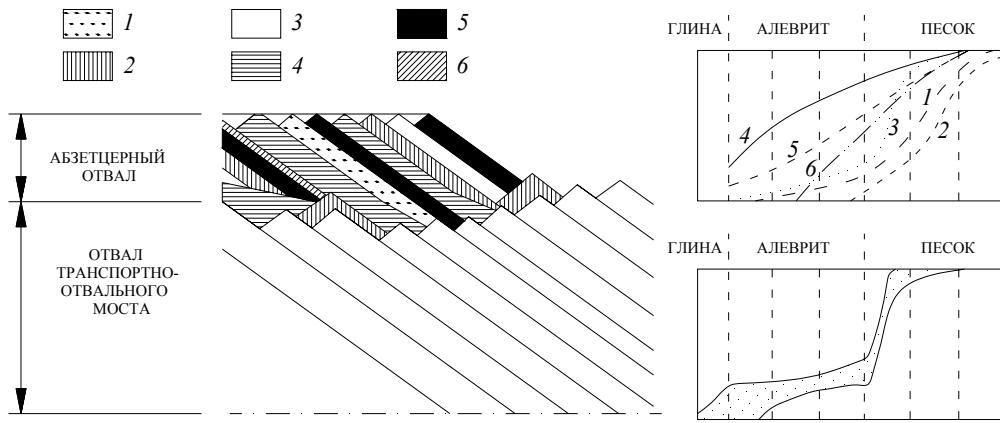


Рис. 1. Строение отвала под ЦХ Крёберн: 1 — речной песок; 2 — среднезернистый песок; 3 — мелкозернистый песок; 4 — каолиновая глина; 5 — почвенный слой; 6 — зола ТЭЦ

Это означает, что после складирования в отвальных пластах наблюдается высокий уровень осадки, что может быть связано с риском при последующем проведении строительных мероприятий.

Нижний слой формирует вскрышной пласт с мощностью приблизительно 45 метров. Отвал имеет однородную структуру, что подтверждено существованием в отложениях пояса гранулирования. Массы вскрышных пород в прослойках, подошве горной выработки и в некоторой степени также золы ТЭЦ были складированы в отвал отвалообразователя (верхний слой отвала). Для отвала Крёберн был сделан прогноз оседания до 2,4 метров. С величиной осадки связано повышение нагрузки на отдельные структурные компоненты многобарьерной системы, что было учтено при планировании и развитии. Было установлено увеличение расходов для контроля за строительством и функционированием отвала, чтобы обеспечить работоспособность важных структурных компонентов, таких как система изоляции основания и водосбор инфильтрационных вод.

На основе плана по наблюдению за центральным хранилищем отходов Крёберн проводятся замеры, дается их оценка, и формируются выводы. Данный план основан на методе наблюдения соответствующем стандарту DIN 1054 (проект). При планировании и строительстве отдельных компонентов системы, в зависимости от формы конструкции и геотехнической ситуации, были выбраны элементы наблюдения. Параллельно со строительством базисных систем также проводились измерения, результаты которых постоянно обрабатывались и анализировались. В случае необходимости, было также возможно проверить прогнозируемые значения, используя результаты наблюдений. План наблюдения за хранилищем отходов показал необходимость постоянного контроля над соотношением между возникающими в ходе строительства нагрузками и процессом складирования, а так же за деформациями основных элементов конструкции ЦХ. Планирование свалки основано на существующих условиях Технической инструкции по отходам.

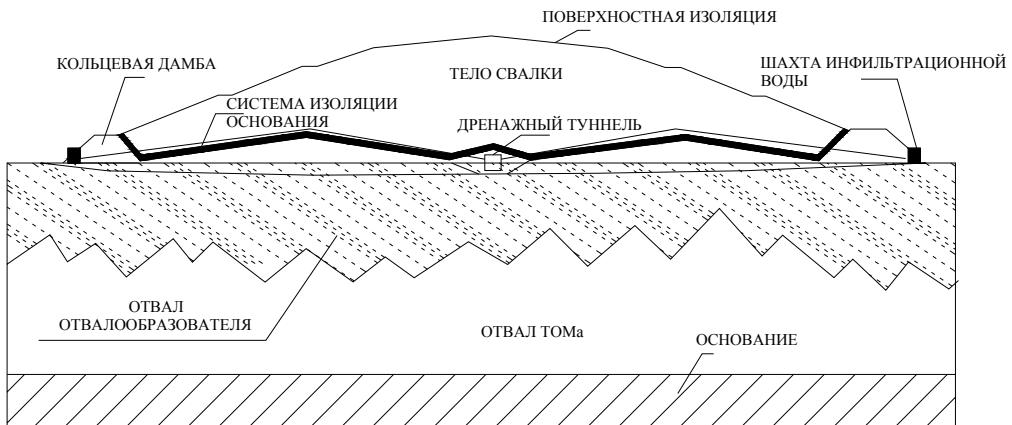


Рис. 2. Разрез ЦХ Крёберн

Причина этого возможно кроется в геотехнической ситуации на свалке, так как она непосредственно контактирует с поверхностью. Отдельные элементы многобарьерной системы в основании свалки включают:

- твердую часть отвала мощностью приблизительно 70 м. в виде вскрышного пласта ТОМа и отвала отвалообразователя. Два пласта отвала обладают проницаемостью $k_f < 1 \cdot 10^{-6}$ м/с и $1 \cdot 10^{-5}$ м/с.

- создание стравливания давления кровельного профиля для борьбы с прогнозируемой осадкой пустот, мощностью от 0 до 8 м. Стравливание давления устанавливается в кольцевой дамбе приблизительно 11 м. высотой.

- установка геотехнического барьера который состоит из 10 слоев уплотненного материала из отвала ТОМ.

- создание минеральной изоляции (6 слоев) из глины мощностью 1,5 м. При этом степень сжатия $DPr > = 95\%$, коэффициент фильтрации $k_f < 5 \cdot 10^{-10}$ м/с, содержание гранулированной глины $> = 20\%$

- пластичный изолирующий слой, сделанный из синтетического материала мощностью 2,5 мм;

- защитный слой, состоящий из слоя песка;
- слой дренажа, на половину состоящий из промытого гравия, где расположены элементы дренажа. На рис. 2 представлен разрез ЦХ Крёберн с севера на юг.

Многобарьерная система, применяемая в ЦХ Крёберн, сочетает в себе отдельные элементы системы изоляции основания. Проведение измерений стало возможным после пробного складирования, которое позволило оценить нагрузку отдельных компонентов данной системы. Также выполнялись исследования масс свалки на пригодность к эксплуатации, а так же их геологоразведку.

Были приняты различные методы для оценки свойства материалов в подземной части свалки. Оценка существующих нижних слоев позволила получить информацию относительно технологических процессов на карьере и движения вещества, связанных с экскавацией угля. Это позволяет выделять ежегодные пласти, а также период накопления отвальных территорий. Кроме того, в запланированной области отвала были размещены замерные пункты, с помощью которых

было возможно наблюдать процесс оседания на поверхности отвала.

Для исследования отвала были выполнены работы по бурению, проведены исследования давления, а также исследования свай и разведочные работы. Кроме этого, был сделан геофизический обзор на отдельных участках и извлеченные образцы подвергли детальным лабораторным исследованиям. Особо важными для оценки были следующие параметры: гранулярный состав, пределы консистенции, значения показателей по методу Проктора, проницаемость, параметры сдвига и модули устойчивости. Кроме того, было определено содержание известия, органических компонентов, а также проведены минеральные исследования глины.

Для определения характера осадки в массах отвала необходимо знать модули деформации отдельных материалов в отвалах и материалов в системе изоляции основания. Они были определены основываясь на разнообразные методы. Прежде всего, была оценена величина осадки под пробным отвалом, чтобы установить суммарный модуль устойчивости для материала отвала.

Применялись следующие исследования:

- малые эксперименты с использованием одометра;
- компрессионные испытания проб большого объема;
- трехосные испытания.

Также проведены эксперименты на минеральном изолирующем материале для изучения характера деформации.

Для проверки развития осадки на ЦХ Крёберн были использованы несколько методов измерения и получены параметры, такие как расширение и искривление. Измеряемые элементы

для отдельных методов были устроены в отдельных слоях. Были использованы:

- геодезические замеры, классические, а так же GPS (спутниковые);
- замеры инклинометром в фасонных трубах (измерение угла наклона с применением зонда);
- гидростатические замеры в трубах из нержавеющей стали (шланговый весовой принцип);
- электрическая система постоянных измерений, использующая датчик смещения в дренажном туннеле.

Геодезические замеры специально используются для проверки отдельных сооружений, таких как строения, шахты, опорные точки, а также для критической оценки за конченных структурных компонентов. GPS используется для съемки территорий и поверхностных профилей. Фасонные трубы инклинометрической системы измерения являются нижним измерительным уровнем и отражают прежнюю поверхность отвала. Эти трубы заканчиваются у кольцевой перемычки у шахт для инфильтрационных вод и объединяются в центре дренажного туннеля, как и система дренажа. Под дренажным тоннелем, согласно проекту, расположена измерительная труба гидростатической системы. Такое распределение обеспечивает под ЦХ систему, параллельную дренажным устройствам. Постоянная система измерения в дренажном туннеле формирует третий уровень измерения. Швы расположены в туннеле на расстоянии восьми метров, и делят конструкцию на отдельные сегменты. Эти швы делают возможными разнообразные движения, являющиеся результатом осадки. Кроме того, именно в этих швах

расположены датчики постоянной системы измерения.

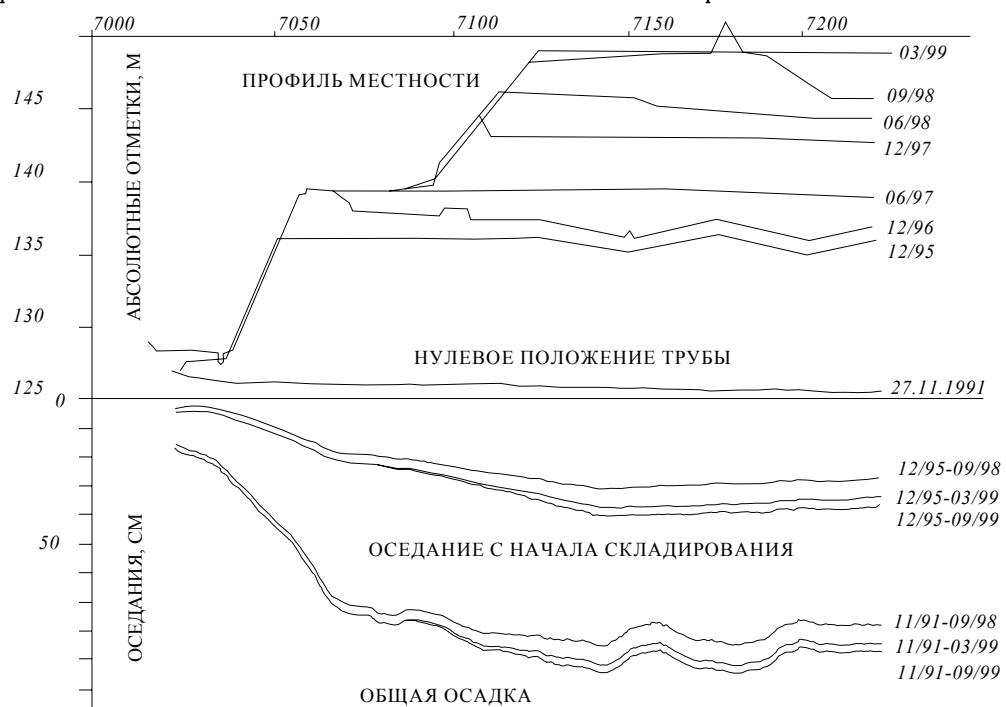


Рис. 3. Осадка по инклинометру I1D1WO

Компьютерные программы пересчитывают зарегистрированные движения датчиков в описание слоев туннельных элементов, таким образом, давая точное описание развития движений, а также абсолютные значения. Система координат строительной площадки используется для привязки всех результатов измерений на местности.

Измеряются отдельные компоненты системы наблюдения в различные периоды времени, что необходимо из-за процесса строительства и также для установления отдельных элементов на разных высотах под свалкой. Вообще, можно заявить, что развитие осадки происходит гармонично. Осадение происходит в соответствии с увеличением высоты складированных отходов. Не установлено резких перепадов. С другой стороны, внесение

сосредоточенной нагрузки на ограниченную территорию выражается в более быстром развитии осадки на близлежащем участке. Для защиты многобарьерной системы от любого повреждения необходима геотехническая экспертиза.

На рис. 3 приведено наглядное изображение осадки, измеренное с учетом топографии.

С момента установки измерительной трубы, измеренное значение осадки составило до 96 см. к сентябрю 1999 года. Изменение кривой на графике не показывает никаких заметных скачков осадки и поэтому соответствует профилю нагрузки.

Даже кривая осадки с момента образования свалки также представляет балансирующий эффект структурных компонентов многобарьерных систем, созданных с использованием релье-

фа, геотехнического барьера и минерального герметика.

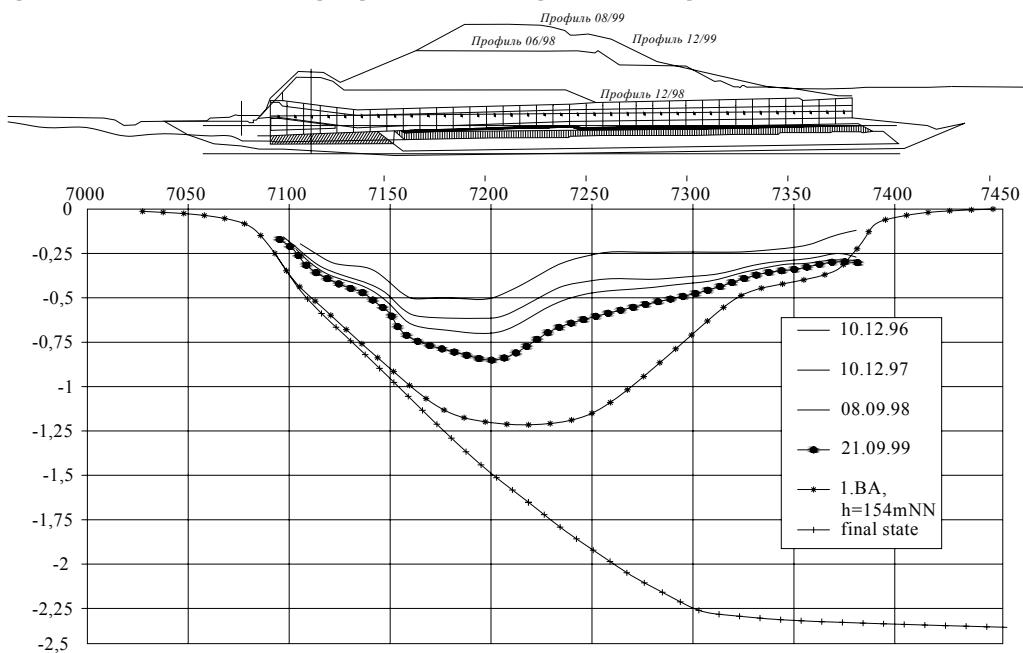


Рис. 4. Измерение оседания в дренажном туннеле

Эти структурные компоненты необходимы для гармоничной осадки верхних масс отвала. На рис. 4 показано измеренное оседание в дренажном туннеле.

Профиль над диаграммой показывает поперечное сечение вдоль туннелей на первой стадии строительства. Профили поверхности также дают возможность восстановить процесс развития складирования отходов в указанные промежутки времени. Было измерено оседание в туннеле, которое составило до 85 см. Полученный на основе этих измерений опыт, используется при дальнейшем строительстве и складировании отходов.

В процессе создания многобарьерной системы и герметизирующей системы, были оценены определенные слабые стороны, графически отображены подсчеты и выполнены соответствующие доработки. Установленная система наблюдения для ЦХ Крёберн, а также используемые методы измерения, доказали свою надежность и дали важные результаты. Геотехнический контроль многобарьерной системы до сих пор позволяет эксплуатировать свалку безаварийно. Не обнаружены отрицательные явления, препятствующие эффективному функционированию отвала. **ГИАБ**

Коротко об авторах

Чешлок Нольмер – доктор-инженер, фирма Баугрунд-Берлин, info@baugrund.de
Гесс Стефан – диплом-инженер, технический центр механики грунтов, Эспенхайн Германия, info@baugrund.de

