

КОНТРОЛЬНЫЙ СПИСОК КАК ИНСТРУМЕНТ ПОВЫШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ХВОСТОХРАНИЛИЩ

*И.А. Николаева, Инновационный центр «Экосистема», Украина
Д.В. Рудаков, Национальный горный университет, Украина*

Описывается суть и преимущества Контрольного списка хвостохранилищ. Данный документ включает список вопросов с унифицированными ответами, специальный порядок обобщенной и дифференцированной оценки уровня безопасности объекта и Каталог мероприятий, основанных на наилучших доступных технологиях в горной промышленности и охране окружающей среды. Контрольный список предназначен для повышения уровня экологической безопасности и предлагается к использованию государственными экологическими инспекциями, экологическими аудиторами и операторами хвостохранилищ.

Введение. Хвостохранилища, предназначенные для хранения больших объемов отходов горнодобывающей промышленности, представляют серьезную угрозу для окружающей среды, особенно если они спроектированы, построены и эксплуатируются без соблюдения нормативных требований и рекомендаций [1, 2]. Общий объем хвостов в хвостохранилищах во всем мире оценивается в сотни млрд. тонн, причем только в Украине – более 25 млрд. тонн. Отходы горной промышленности часто хранятся в устаревших или заброшенных хранилищах, не отвечающих современным требованиям безопасности.

В случае высокой токсичности хранящихся материалов на объектах, расположенных вблизи жилых районов и без должного соблюдения мер безопасности, аварии могут привести к длительному загрязнению почв, подземных и поверхностных вод, биоты, значительному ущербу для инфраструктуры, здоровья и жизни местного населения. Разрушения дамб сопровождаются неконтролируемыми разливами жидких хвостов, опасными выбросами токсичных веществ.

Негативные последствия таких инцидентов на человека и окружающую среду, в том числе трансграничный перенос загрязнений, стали результатами недавних аварий в Европе. В последние два десятилетия они произошли на хвостохранилищах в Байя-Маре (Румыния, 2000 г.), на хвостохранилище отходов алюминиевых руд в Колонтаре (Венгрия, 2010 г.), на хвостохранилище компании Talvivaara Mining Company (Финляндия, 2012 г.). Серьезный ущерб окружающей среде был нанесен в результате пыления хвостов алюминиевого производства недалеко от г. Николаев (Украина, 2011 г.).

Состояние вопроса. Хотя в настоящее время требования к безопасности хвостохранилищ повышаются во многих странах, этот процесс должен стать постоянным, учитывая увеличение объема отходов, возрастающие геологические риски, изменения климата; при этом должны максимально учитываться наилучшие доступные технологии (Best Available Technologies или BAT) в горной промышленности и в области восстановления окружающей среды [3].

Эффективный менеджмент требует регулярных проверок хвостохранилищ, которые в настоящее время проводятся в различных странах преимущественно в соответствии с национальными документами, без системного подхода или должного учета BAT. Сравнительный анализ опасностей и рисков, создаваемых хвостохранилищами в различных регионах мира, показывает необходимость выработки общей стратегии по повышению безопасности хвостохранилищ и гармонизации нормативно-правовой базы, что является необходимым с точки зрения менеджмента таких опасных объектов, как хвостохранилища. Как правило, основные усилия инспекторов сосредоточены на проверке отдельных аспектов функционирования хвостохранилища, прежде всего ОВОС, мониторинг, состояние плотины и т.д. Поэтому комплексная оценка уровня безопасности хвостохранилища, на основе которой предписываются рациональные защитные и профилактические меры, основанные на BAT, становится актуальной задачей.

Постановка задачи. Цели Контрольного списка хвостохранилищ можно сформулировать следующим образом:

- 1) эффективная и надежная оценка уровня безопасности хвостохранилищ с использованием современного программного обеспечения,
- 2) разработка процедуры предписания защитных и профилактических мер по устранению несоответствий между фактическим состоянием хвостохранилища и современными стандартами экологической безопасности.

Предпосылки разработки Контрольного списка. Хвостохранилища являются типичной геотехнической системой, которая состоит из естественных и технических элементов, тесно связанных между собой и функционирующих как единое целое. Они включают элементы трех типов:

- созданные человеком (например, хвостохранилище, пруд-накопитель, системы транспортировки, дренажа и канализации, экраны и покрытия);
- природного происхождения (например, почвы, грунтовые воды, поверхностные водные объекты в зоне влияния хвостохранилища);
- смешанного происхождения или измененные во время строительства и эксплуатации (например, хвосты, вода в хвостохранилище).

Следовательно, Контрольный список должен надлежащим образом учитывать специфику хвостохранилищ как многофункциональных объектов.

Разрабатываемый Контрольный список основывается на методе тестовых вопросов [4 - 6]. Он предполагает, что путем ответов на специально подобранные вопросы можно выявить основные проблемы и прийти к наиболее рациональным решениям в каждом случае. Метод тестовых вопросов используется в изобретательстве, при совершенствовании технологий и организационных структур, для поиска новых бизнес-идей и т.д. Тестовые вопросы, сформулированные в виде Контрольного списка, могут иметь сложную многоуровневую иерархию.

Применительно к хвостохранилищам преимущества разрабатываемого Контрольного списка состоят в том, что

- все пользователи (инспекторы, аудиторы и операторы хвостохранилищ) работают по единому алгоритму проверки;
- операторы заранее знают несоответствия объекта требованиям безопасности и могут начать их устранение заблаговременно, до начала проведения инспекционных или аудиторских проверок,
- все пользователи работают с тем же Каталогом мероприятий, основанным на наилучших доступных технологиях.

В более общем контексте Контрольный список хвостохранилищ является примером экспертных систем, все чаще применяемых для управления сложными техническими устройствами и сооружениями. Современная экспертная система – это обычно компьютерная система, способная частично или полностью заменить профессиональных экспертов при решении проблемных ситуаций. Экспертные системы начали разрабатываться в 1970-е годы, для создания искусственного интеллекта; в 1980-х гг. появились первые коммерческие приложения. Их примерами являются прием сотрудников на работу, диагноз болезни по симптомам, создание логических структур в программировании с использованием мастера инструментов, картирование, проектирование электронных сетей и т.д. Одна из целей экспертных систем заключается в автоматизации процесса мониторинга и принятия решений, которые позволили бы сократить негативное проявление человеческого фактора (субъективность, отсутствие навыков и т.д.).

Основными проблемами при разработке Контрольного списка хвостохранилищ являются:

- разработка оптимальной структуры списка и процедуры его применения,
- отбор вопросов с учетом национальной практики и имеющихся документов,
- определение категорий, характеризующих состояние хвостохранилища,
- разработка критериев, позволяющих адекватно оценить уровень безопасности.

- выбор мероприятий по устранению типичных проблем хвостохранилища.

Ранее принятые документы по безопасности хвостохранилищ [2, 7 - 10] охватывают большую часть всех важных вопросов. Тем не менее, многие из них не содержат детальных процедур оценки безопасности, недостаточно структурированы или не включают мероприятий по улучшению состояния объекта. В качестве основы Контрольного списка хвостохранилищ, прежде всего по общей структуре и содержанию, был использован документ [1], существенно обновленный в последние годы.

Структура и порядок применения Контрольного списка. Все вопросы Контрольного списка хвостохранилищ разделены на четыре группы в зависимости от их назначения, применяемых критериев и уровня детализации.

Первая группа вопросов предназначена для предварительного и оперативного оценивания уровня безопасности хвостохранилища с использованием имеющейся документации оператора. Пользователь может самостоятельно в течении небольшого периода времени оценить уровень безопасности, а затем должен решить, имеется ли необходимость в более детальной инспекции объекта.

В случае, если обнаруживаются несоответствия с требованиями безопасности, применима вторая группа вопросов, целью которой является детальная оценка уровня безопасности. Для такой проверки потребуются не только документация оператора, но и дополнительные исследования и проверки, уточняющие все параметры хвостохранилища, проводимые сторонними экспертами с подтвержденным профессиональным уровнем технического экспертирования.

Третья группа вопросов предназначена для регулярного контроля состояния хвостохранилища при нормальных условиях эксплуатации. Она включает в себя параметры, характеризующие в основном инженерно-геологические и гидрогеологические условия площадки и собственно объекта.

Четвертая группа вопросов охватывает все аспекты выведенных из эксплуатации и заброшенных хвостохранилищ, которые должны рассматриваться отдельно от эксплуатируемых объектов. Пользователями первой, второй и четвертой групп Контрольного списка являются государственные контролирующие органы, независимые аудиторы, и операторы хвостохранилища. Третья группа вопросов предназначена для операторов хвостохранилищ.

С течением времени элементы хвостохранилища изменяются, при этом увеличиваются риски и опасности при их эксплуатации вследствие увеличения объема хвостов, амортизации различных сооружений и конструкций, включая плотины, системы дренажа, трубопроводы; кроме того, деградируют природные элементы. Соответственно, задачи управления хвостохранилищем должны постоянно корректироваться. Для адекватного решения этих проблем упомянутые документы, принятые в Украине и за рубежом (Евросоюз, Австралия, Канада) различают такие фазы жизненного цикла хвостохранилищ, проектирование, строительство, эксплуатация, закрытие и рекультивация. На протяжении всего жизненного цикла экологические инспекции и операторы должны контролировать состояние хвостохранилища, его воздействие на окружающую среду, условия эксплуатации, квалификацию персонала и их готовность к чрезвычайным ситуациям.

Порядок применения различных групп вопросов Контрольного списка показан на рис. 1.

Принципы оценивания и Каталог мероприятий. Вследствие multifunctionality хвостохранилищ пользователь Контрольного списка имеет дело со «смешанными» рисками, возникающими от различных элементов объекта. Таким образом, вводятся различные шкалы рисков, которые объединяют группы критериев. Фактически пользователь списка определяет, сколько обнаружено несоответствий нормативам безопасности. В то же время пользователь не рассчитывает риски как таковые, поскольку они должны быть оценены с помощью специальных методик, не используемых непосредственно в данном документе.



Рис. 1. Порядок применения Контрольного списка хвостохранилищ

Для обеспечения непротиворечивости процедуры оценивания все ответы на вопросы первой, второй, и четвертой групп унифицированы. Положительный ответ («Да») всегда интерпретируется как максимальный уровень безопасности по оцениваемому критерию; отрицательный ответ («Нет»), рассматривается как минимальный уровень, соответственно. Положительный ответ эквивалентен максимально возможному численному значению в принятой шкале; Отрицательный ответ эквивалентен нулевому значению. В Контрольном

списке предусмотрены неоднозначные ответы «Скорее да» и «Скорее нет», принимаемые в зависимости полноты имеющейся информации и оцениваемые с различными весами.

В Контрольном списке используются два вида оценки уровня безопасности:

1) общий уровень безопасности, суммирующий вклад всех ответов, который обобщенно характеризует состояние хвостохранилища и приоритет мероприятий по устранению установленных несоответствий;

2) "категориальный" уровень безопасности, количественно характеризующий безопасность по разным аспектам эксплуатации объекта.

Для дифференцированной оценки состояние объекта вводятся следующие категории:

- геологические, климатические и местные риски,
- план расположения хвостохранилища,
- вещества (емкость хвостохранилища, токсичность),
- дамба и экраны,
- транспорт и инфраструктура,
- управление водными потоками,
- оценка воздействия на окружающую среду,
- план действия в чрезвычайных ситуациях,
- мониторинг,
- защитные меры,
- проверка и отчетность,
- стратегия закрытия и рекультивации.

Каждый вопрос относится только к одной из этих категорий.

Показатель «Безопасность» в Контрольном списке хвостохранилищ определяется как индекс, количественно характеризующий, насколько параметры всех или отдельных его элементов соответствуют современным требованиям экологической и промышленной безопасности. Данный показатель определяется путем суммирования количественных значений ответов на вопросы списка.

Показатель «Достоверность» в Контрольном списке хвостохранилищ определяется как индекс, количественно характеризующий достаточность объема данных при расчете показателя «Безопасность»; он рассчитывается путем суммирования количества однозначных ответов («да» или «нет»).

Положение маркера на двумерном графике (рис. 2,а) показывает, в какой степени хвостохранилище соответствуют требованиям безопасности. Маркер, расположенный ближе к правому верхнему углу, показывает более высокий уровень безопасности; напротив, позиционирование точки в левом нижнем углу означает низкий уровень безопасности. Критерии, количественно характеризующие уровень безопасности на основе индексов «Безопасность» и «Достоверность», должны интегрировать различные подходы к оценке опасных объектов, принятые в различных странах. Эти критерии следует разрабатывать на основе национальной практики и международного опыта. Пример визуализации категориальной оценки уровня безопасности хвостохранилища показан на рис. 2,б.

Каталог мероприятий является ключевым элементом Контрольного списка. Он определяет порядок предписания, в зависимости от местных условий, наиболее рациональных мер по повышению уровня безопасности хвостохранилища. Конкретные параметры этих мер должны быть установлены национальными документами или на основании специальных исследований экспертов.



Рис. 2. Пример общей (а) и категориальной (б) оценки безопасности хвостохранилища

Каталог мероприятий включает список действий, которые необходимо предпринять в случае установления частичного или полного несоответствия состояния хвостохранилища современным требованиям безопасности. Пользователь списка должен предписать соответствующие меры по каждой проблеме, обнаруженной в ходе инспекции. Мероприятия охватывают все стадии жизненного цикла и структурированы таким образом, чтобы каждая их группа была направлена на решение конкретной проблемы, выявленной при проверке; причем для каждого мероприятия указывается ее приоритетность.

Обнаруженная проблема определяется в Контрольном списке как четко и кратко сформулированное, частичное или полное, несоблюдение нормативных документов, правил или требований безопасности. Каждый вопрос второй группы Контрольного списка для детальной проверки адресуется к определенной проблеме из Каталога мероприятий. Для каждой проблемы перечислены одно или несколько альтернативных действий, что облегчает обработку данных и выбор мероприятий для пользователя.

Приоритетность мероприятий зависит от срочности и затрат на рекомендуемые действия и может быть определена как кратко-, средне-, и долгосрочная. Краткосрочные мероприятия

– это, как правило, недорогие технические и/или организационные меры или действия, которые оператор хвостохранилища в состоянии осуществить за счет собственных средств [6]. Следует различать краткосрочные меры и чрезвычайные меры Плана локализации и ликвидации аварийных ситуаций (ПЛАС); последние определяются отдельно и должны быть согласованы с местными органами по чрезвычайным ситуациям.

Среднесрочные меры – это технические и/или организационные меры, направленные на улучшение условий безопасности хвостохранилища с учетом экономического потенциала компании, управляющей объектом. Меры должны быть тщательно изучены и оценены по критерию «затраты – эффективность». Долгосрочные меры должны обеспечить техническую трансформацию проверяемого хвостохранилища в контексте внедрения современных стандартов в области экологической безопасности. Эти меры в основном применимы к таким стадиям жизненного цикла хвостохранилища, как закрытие и рекультивация.

В качестве основы для Каталога мероприятий использовались как международные, так и национальные документы [2, 3, 7]. Они обобщили передовой опыт безопасной эксплуатации и рекультивации участков хвостохранилищ и других горнопромышленных объектов. В дальнейшем Каталог мероприятий должен корректироваться путем включения эффективных мер, рекомендованных национальными документами стран с развитой горной промышленностью и технологиями восстановления окружающей среды.

Контрольный список сформатирован в электронном виде как таблица, рабочая версия разрабатывается в MS Excel. Это облегчает автоматическое оценивание уровня безопасности и перехода по гиперссылкам от вопросов к рекомендуемым мероприятиям, перечисленным в других вкладках одного и того же файла. В будущем, Контрольный список может быть переформатирован в виде геоинформационной системы с включением графических изображений и предыдущих отчетов по проверкам.

Значимость Контрольного списка для экологической безопасности. Контрольный список рассматривается как инструмент для повышения экологической безопасности в районах расположения хвостохранилищ, в модифицированном виде он может использоваться и для целей экологического аудита других объектов горной промышленности. При внедрении Контрольного списка должен быть задействован ряд нормативных и организационно-правовых механизмов.

Во-первых, утверждение Контрольного списка на правительственном уровне позволит выполнить первичную проверку всех хвостохранилищ и создать список (каталог) таких объектов на общегосударственном уровне. Этот список должен ранжировать проверенные хвостохранилища по условиям безопасности, опасностям и рискам, а затем определить последовательность дальнейших действий, например, более детальные проверки и защитные мероприятия, в зависимости от остроты выявленных проблем.

Во-вторых, Контрольный список включает рекомендации, основанные на наилучших доступных технологиях, при этом выдвигает единые жесткие требования как к операторам хвостохранилищ, так и к государственным инспекторам. Последние иногда не осведомлены в полной мере со всеми рисками, связанными с проверяемыми объектами, а также с современными требованиями безопасности. Инспектора часто используют нормативные документы, которые местами не согласованы друг с другом и не охватывает все аспекты эксплуатации хвостохранилищ. По этой причине, систематическое применение Контрольного списка приведет к повышению квалификации как операторов хвостохранилищ, так и государственных инспекторов на постоянной основе.

В-третьих, Контрольный список определяет четкие требования к оператору хвостохранилища относительно информирования местного населения, в том числе и в случае возникновения чрезвычайных аварийных ситуаций. Обсуждение с местными организациями в виде общественных слушаний, необходимость проведения консультаций с местными властями и получение их одобрения на проект хвостохранилища, особенно перед его строительством, становится обязательным в соответствии с предложенной концепцией. Это, безусловно, очень важно для стран с отсутствием такой практики и создает предпосылки

более широкого привлечения общественности к решению экологических проблем горнопромышленных районов. Согласно требованиям Контрольного списка оператор обязан развивать инфраструктуру в районе расположения хвостохранилищ, проводить инженерно-геологический и экологический мониторинг в соответствии с современными стандартами.

Контрольный список направлен на унификацию процедуры оценивания уровня безопасности хвостохранилищ, что особенно важно для коррекции часто непоследовательного подхода, пока еще применяемого в некоторых странах.

Данный документ требует обязательной разработки планов закрытия и рекультивации для всех хвостохранилищ, как эксплуатируемых, так и проектируемых и строящихся; наличие этих планов должно стать общим правилом и повсеместной практикой. Регулярное проведение тренингов для персонала станет обязательным требованием; что будет способствовать повышению готовности персонала к авариям и чрезвычайным ситуациям.

Ряд краткосрочных и среднесрочных мер из Каталога мероприятий может быть рекомендован к включению в ПЛАС, который обязателен для всех хвостохранилищ. Это позволит сократить риски аварий и чрезвычайных ситуаций на объектах, опасных для населения.

Систематическое применение Контрольного списка к хвостохранилищам в различных странах будет способствовать лучшему пониманию рисков, связанных со сложными инженерно-геологическими условиями, а также уязвимости хвостохранилищ относительно природных и техногенных рисков. Регулярные проверки и отчеты по безопасности будут способствовать накоплению ценных знаний и информации о функционировании хвостохранилищ в разных геотехнических и климатических условиях. Таким образом, с течением времени Контрольный список может быть превращен в постоянно расширяющуюся базу данных или геоинформационную систему, которая будет использоваться властями для принятия решения в сфере восстановления окружающей среды.

Выводы. Контрольный список хвостохранилищ разрабатывается для решения проблем, связанных с эксплуатацией хвостохранилищ и подобных опасных объектов, он нацелен на повышение уровня их экологической безопасности. Применяемый метод основывается на должном учете передового опыта в области оценки опасных объектов и восстановления качества окружающей среды.

Контрольный список включает несколько групп вопросов, предназначенных для оперативной, детальной и текущей оценки состояния действующих хвостохранилищ, а также для инспекции неэксплуатируемых хвостохранилищ. Все группы вопросов Контрольного списка и Каталог мероприятий объединены в одном файле в виде электронной таблицы, что облегчает их практическое использование.

Систематическое применение Контрольного списка повысит достоверность оценивания безопасности хвостохранилищ. При регулярном применении Контрольный список обеспечит надежное оценивание состояния объекта, всех аспектов его безопасности и рисков для местного населения. Внедрение Контрольного списка будет способствовать повышению понимания рисков и угроз, связанных с опасными объектами, информированности местного населения.

Авторы выражают признательность г-ну G. Winkelmann-Oei (Федеральное агентство по охране окружающей среды Германии), г-ну J. Vijen (International HCN & Pesticides Association, Дания) за поддержку и творческое взаимодействие. Кроме того, авторы благодарны проф. Г.Г. Шматкову (Днепропетровск, Украина) и Ю.Г. Шестаку (Днепродзержинск, Украина) за плодотворное сотрудничество при разработке Контрольного списка хвостохранилищ.

Список литературы

1. Safety Guidelines and Good Practices for Tailing Management Facilities / UNECE. – New York and Geneva, 2014. – 34 p.
2. ДБН В.3.4-5:2013. Хвостосховища і шламонакопичувачі. Ч. I. Проектування Ч. II. Будівництво / К.: Мінрегіон України, 2013. – 71 с.
3. Reference Document on Best Available Techniques for the management of tailings and

waste-rock in mining activities / Joint Research Center of EU Commission, 2004. – 517 p.

4. Polia D. How To Solve It: A New Aspect of Mathematical Method / D. Polia. – Princeton: Princeton University Press, 1945. – 253 p.

5. Буш Г.Я. Основы эвристики для изобретателей. Чч. I–II / Г.Я. Буш – Рига: Знание, 1977. – 95 с.

6. Osborne A.F. Applied Imagination, Principles and Procedures of Creative Thinking / A.F. Osborne. – New-York: Scribner, 1953. – 379 p.

7. Checklisten für Untersuchung und Beurteilung des Zustandes von Anlagen mit wassergefährdeten Stoffen und Zubereitungen / Umweltbundesamt Deutschland, 2006.

8. Tailings Management. Leading Practice Sustainable Development Program for the Mining Industry / Australian Government Department of Industry, Tourism, and Resources. – Canberra. – 2007. – 79 p.

9. Sectoral Checklist for preparation and inspection of a safety report. UNECE convention on the transboundary effects of industrial accidents & the EU Directive 96/82/EC (SEVESO II) by a consistent Checklist system. Federal Ministry for the environment, Nature Conservation, and Nuclear Safety of Germany, Umweltbundesamt, UNECE Convention on Transboundary Effects of Industrial Accidents. – 2007. – 24 p.

10. Developing an Operation, Maintenance and Surveillance Manual for Tailings and Water Management Facilities / The Mining Association of Canada. – Ottawa. – 2011. – 50 p.