

## МЕРОПРИЯТИЯ ПО ОХРАНЕ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ НАКОПИТЕЛЕЙ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ

*Рассматриваются результаты исследований при строительстве и эксплуатации накопителей промышленных отходов на объектах промышленной гидротехники Украины (Криворожье, Донбасс, Приднепровье) и России (КМА). Автором во время работы ведущим научным сотрудником и руководителем лаборатории в научно-исследовательском институте «УкрВодгео» разработан комплекс мероприятий по экологической безопасности этих объектов и защите окружающей среды.*

**Ключевые слова:** окружающая среда, накопители промышленных отходов, охрана окружающей среды.

**А.П. Завальний. ЗАХОДИ З ОХОРОНИ ДОВКІЛЛЯ ПІД ЧАС ЕКСПЛУАТАЦІЇ НАКОПИЧУВАЧІВ ПРОМИСЛОВИХ ВІДХОДІВ.** Розглядаються результати досліджень під час будівництва та експлуатації накопичувачів промислових відходів на об'єктах промислової гидротехники України (Криворіжжя, Донбасу, Придніпров'я) та Росії (КМА). Автором під час його роботи ведучим науковим співробітником та завідувачем лабораторії в науково-дослідницькому інституті «УкрВодгео» розроблений комплекс заходів екологічної безпеки цих об'єктів та захисту довкілля.

**Ключові слова:** довкілля, накопичувачі промислових відходів, охрана довкілля.

В Украине добывается около 5% мирового объема сырьевых ресурсов. Разработкой полезных ископаемых и их переработкой занимаются около 3,5 тысяч промышленных предприятий. По предварительным данным общее количество твердых отходов этих предприятий составляет 1,3-1,5 млрд. тонн в год, а под их складирование отведено более 53 тысяч га земельных угодий. Жидкие и твердые отходы промышленных предприятий складироваются в специальных накопителях промышленных отходов, которых в Украине насчитывается около двух с половиной тысяч.

В зависимости от вида отходов и назначения емкостей различают: хвостохранилища, шламохранилища, накопители производственных сточных вод, пруды-отстойники, пруды-испарители, золоотвалы, иловые площадки и прочее.

Все виды этих емкостей называют «накопители промышленных отходов» или «накопители».

Отходы промышленных производств в большинстве случаев транспортируют гидравлическим способом и реже в сухом виде - железнодорожным или автомобильным транспортом, а также транспортерами. В накопителях происходит отстаивание, осветление, испарение и доочистка жидкой фазы отходов с целью ее повторного использования в производстве, а также накопление твердой фазы для ее захоронения или возможного использования в промышленности (повторное извлечение металлов, изготовление строительных материалов и проч.).

Накопители промышленных отходов представляют собой емкости, образованные на поверхности земли ограждающими плотинами и дамбами. Высота ограждающих сооружений современных накопителей достигает до 100м, а объем до нескольких сотен миллионов м<sup>3</sup>. Сос-

тав содержимого накопителей довольно разнообразен, а многие его компоненты токсичны.

Значительная часть накопителей промышленных отходов была построена десятки лет назад, когда в полном объеме не учитывалось их негативное воздействие на окружающую среду, и поэтому не предусматривались специальные природоохранные мероприятия. Кроме того большинство накопителей первоначально были запроектированы как сооружения 3-4 классов капитальности; в дальнейшем в связи с наращиванием дамб они перешли в категорию сооружений 1-2 классов и высота их продолжает расти.

В связи с этим особую актуальность приобретает разработка мероприятий по защите окружающей среды как при проектировании новых накопителей, так и при эксплуатации ранее построенных [1].

### Общие положения

Положения проекта накопителя должны находиться в соответствии с Законом Украины об охране окружающей природной среды, Водным кодексом Украины, Законом о животном мире и другими природоохранными законодательными актами Украины.

В разделе проекта «Охрана окружающей природной среды» в обязательном порядке следует рассматривать мероприятия по охране всех природных сред. При отсутствии какого-либо вида загрязнений в требуемом подразделе приводится мотивированное доказательство этого.

Вокруг накопителя выделяется две охранные зоны: зона эксплуатации накопителя и санитарно-защитная зона.

В зоне эксплуатации располагают технологические коммуникации, КИА, инспекторские автодороги, а также другие сооружения, обслуживающие накопитель, но не имеющие собственной зоны охраны. Ее ширину по периметру накопителя следует назначать с учетом охвата

всех указанных объектов, но не менее 100м, считая от бровки низового откоса ограждающих сооружений накопителя. Ширина охранной зоны эксплуатации может быть переменной по периметру накопителя. Охранная зона эксплуатации ограждается и снабжается надписями, запрещающими нахождение в ней посторонних лиц.

Санитарно-защитная зона накопителя представляет собой совокупность подзон охраны различных природных сред (вод, воздуха, почв). Размеры и местоположение каждой из подзон на стадии проектирования определяется расчетами с учетом проведения природоохранных инженерных мероприятий.

Перечень природоохранных мероприятий, осуществляемых в каждой из подзон, определяется исходя из вида и интенсивности негативного воздействия накопителя [2].

После ввода накопителя в эксплуатацию проект защитной зоны корректируется как по размерам, так и по номенклатуре проводимых защитных мероприятий. В случае отклонения уточненных размеров от первоначальных более чем на 100м площадка подлежит новому согласованию.

При наличии специфических условий, способствующих миграции загрязнений далеко за пределы расчетных защитных зон, в проекте следует предусматривать мероприятия, исключающие или значительно снижающие такую миграцию.

Мероприятия по охране окружающей среды необходимо предусматривать на самом накопителе и в пределах его охранных зон [3].

По периметру накопителей всех видов в пределах их зоны эксплуатации необходимо устраивать систему для отпугивания животных. Вокруг накопителей с токсичным содержимым дополнительно следует устраивать систему для отпугивания птиц. Проекты указанных систем должны разрабатывать специализированные организации.

В проекте необходимо провести оценку воздействия на окружающую среду (ОВОС) накопителя с выявлением и детальной характеристикой:

- источника и объекта воздействия;
- состояния окружающей среды на рассматриваемый период времени;
- прогнозирования изменения геологической среды и в целом природной среды;
- способов снижения (предупреждения) отрицательного воздействия объекта на окружающую среду;
- остаточного воздействия объекта на подземные воды и метод его контроля;

- оценки вероятных аварийных ситуаций и их последствия.

#### **Прорыв дамб и меры по его предупреждению и локализации**

Строгий гидравлический расчет параметров потока при прорыве дамб накопителей следует производить для сооружений всех классов капитальности, в тех случаях, когда предполагаемая трасса потока проходит по хозяйственным объектам (сельхозугодиям, лесным массивам, заповедникам, промплощадкам, жилмассивам и т.п.). Строгого гидравлического расчета не требуется производить в тех случаях, когда прорыв происходит в искусственную емкость или природную котловину, объем которых позволяет удержать всю массу разжиженных отложений накопителя. При этом объем аккумулирующей емкости должен одновременно удерживать паводковые воды 95% обеспеченности.

При расчете прорыва ограждающих сооружений 1-2 классов капитальности в условиях сложного рельефа местности, затрудняющего однозначный выбор направления трассы потока, следует проводить физическое моделирование участка возможного растекания.

Для всех накопителей результаты расчета волны прорыва и необходимый перечень защитных мероприятий должны включаться в паспорт накопителя в разделе «Охрана окружающей среды».

Специальные защитные сооружения необходимо устраивать в тех случаях, когда прорыв дамб влечет за собой:

- разрушение или повреждение жилых, общественных или производственных зданий и сооружений или затопление их на высоту более 0,5м;
- затопление перечисленных объектов на глубину не менее 0,5м содержимым накопителей, включающим токсичные компоненты в концентрации, хотя бы по одному из них превышающей ПДК;
- затопление сельхозугодий, пастбищ, лесных массивов, заповедников и пр. токсичным содержимым накопителей на любую глубину;
- излив токсичного содержимого накопителем в природный поток;
- движение потока шириной более 10м по сельхозугодиям, пастбищам, лесным массивам, заповедникам и прочим природным объектам со скоростями, превышающими неразмывающие для данных видов грунтов.

В тех случаях, когда по расчету прорыв ограждающих сооружений ведет к вышеперечисленным катастрофическими последствиям, необходимо предусматривать мероприятия, повышающие надежность сооружения в угрожае-

мых створах. К подобным мероприятиям относятся:

- мониторинг целостности тела ограждающих сооружений посредством установки специальной аварийной сигнализации с одновременным созданием системы быстрого реагирования для прекращения начавшейся аварии;

- конструктивные мероприятия по повышению коэффициента запаса устойчивости (пригрузка, уполаживание откоса, понижение кривой депрессии и т.д.);

- создание системы защитных сооружений – удерживающих дамб, отводных каналов, аккумулярующих емкостей и пр.

Конструкция защитных сооружений, вид и объем противоаварийных мероприятий выбираются на основании технико-экономического сравнения вариантов.

При расчете на прочность строительных конструкций зданий и сооружений, попадающих в зону растекания потока, следует учитывать динамическое воздействие волны прорыва. Для уже существующих зданий и сооружений следует производить их расчетную проверку на прочность.

#### **Прогноз загрязнения грунтовых вод и грунтов, подтопления территорий**

Прогноз загрязнения грунтовых вод и грунтов и подтопления территорий следует производить на основании результатов комплексных инженерно-геологических изысканий и исследований.

Используемые при этом карты: инженерно-геологического районирования, гидрогеологические, инженерно-геологические, гидроизогипс и глубин залегания грунтовых вод, а также гидрогеохимические следует представлять в масштабе 1:500000 – 1:200000 на начальных стадиях проектирования и 1:100000 на стадии рабочих чертежей.

При ожидаемом слабом влиянии накопителя на сложившуюся экологическую обстановку, а также на стадии ТЭО прогнозные гидрогеологические задачи могут решаться аналитическими методами или на профильных моделях характерных сечений.

В сложных условиях функционирования накопителя должно производиться моделирование плановой фильтрации с использованием ЭВМ, при необходимости – с дополнением метода фрагментов. При этом возможно проведение специальных исследований фильтрации загрязненных вод с учетом явлений сорбции, десорбции, конвективной диффузии, смешивания вод различного состава, минерализации, температурного режима и т.п.

В результате выполнения гидрогеологических расчетов и моделирования выдаются для проектирования следующие материалы:

- карты гидроизогипс водоносного горизонта (гидроизопьез напорных вод) в прогнозируемых условиях, данные о подъеме уровня подземных вод при техническом воздействии с выделением участков предполагаемого подтопления территории в условиях отсутствия противофильтрационных мероприятий и в условиях осуществления различных вариантов инженерных мероприятий по защите территории от подтопления;

- гидрогеохимическая карта зоны влияния проектируемого объекта;

- гидрогеологические и гидрогеохимические поперечники по характерным сечениям, с выходом их за пределы зоны влияния проектируемого объекта;

- таблица исходных гидрогеологических и гидрогеохимических параметров грунтового (гидрогеологического) массива;

- записка, в которой приводятся характеристика и оценка исходной гидрогеологической информации, положенной в основу выполненных исследований, принятая методика гидрогеологических расчетов и моделирования, результаты исследований, гидрогеологические рекомендации для проектирования защитных (противофильтрационных, дренажных) мероприятий, а также перечень недостаточно изученных вопросов, подлежащих дальнейшему изучению или уточнению на следующем этапе изысканий, в период строительства объекта и натурных наблюдений в период строительства и эксплуатации объекта, рекомендации по организации наблюдений по системе инженерно-геологического (гидрогеологического) мониторинга.

Защита от подтопления, осуществляемая на основании прогноза изменения гидрогеологического режима территории, должна осуществляться для отдельных промышленных и народно-хозяйственных объектов, а также для населенных пунктов. Защитные устройства рекомендуется проектировать в виде дренажных и противофильтрационных устройств, а также их сочетаний в зависимости от рельефа местности, литологических особенностей пород, от значения объектов, подлежащих защите.

#### **Пылеподавление на накопителях**

В проекте накопителя в обязательном порядке следует предусмотреть мероприятия по защите атмосферного воздуха от пыли. Отказ от подобных мероприятий должен быть детально обоснован.

Откосы ограждающих сооружений накопителей следует закреплять наиболее дешевыми видами креплений.

Разрабатывать в проекте специальные мероприятия по борьбе с пылением обезвоженных поверхностей накопителей необходимо в следующих случаях:

- наличие в намытых отходах наряду с эрозивно-опасными (0,05-0,1мм) пылеватых и глинистых фракций (> 0,01мм);

- применение схем намыва, при которых возможно полное обезвоживание (вплоть до высыхания) значительных участков поверхности намытых отходов.

Вид и объем мероприятий по пылевыделению определяется на основании технико-экономического сравнения вариантов исходя из:

- степени опасности последствий пыления для прилегающей территории (в т.ч. по различным направлениям);

- имеющихся материальных ресурсов (вяжущие вещества, чистая вода, мелкодисперсные фракции в исходной пульпе и др.);

- способа намыва ограждающих сооружений накопителя.

Вне зависимости от принятых мероприятий по пылеподавлению в проекте производства работ должна предусматриваться раскладка распределительных пульпопроводов и порядок работы выпусков, обеспечивающих максимальное увлажнение намываемых отложений в бесснежный период года.

Основными специальными мероприятиями по пылеподавлению на накопителях являются:

- покрытие пылящей поверхности закрепляющими и вяжущими веществами;

- намыв на пылящую поверхность мелкодисперсных глинистых фракций складироваемых отходов;

- орошение пылящей поверхности водой;

- устройство по периметру (или его части) накопителя гидрозавесы.

Состав и оптимальная доза закрепляющих и вяжущих композиций при отсутствии данных об объектах-аналогах должны определяться путем проведения опытных работ в лабораторных условиях, а способ их нанесения – опробоваться в натуральных условиях.

При проектировании пылеподавления указанным методом необходимо предусмотреть реагентное хозяйство и механизм для нанесения композиции.

Намыв мелкодисперсных фракций отходов следует производить путем подачи пульпы из выпусков диаметром 100–200 мм, присоединенных к распределительному пульпопроводу диаметром (Д) на высоте 0,6 Д от лотка пуль-

попровода на предварительно обвалованный участок (карту) пылящей поверхности. Средневзвешенная крупность намытых отложений должна быть не более 0,02-0,03мм, а их толщина – 3-5см. При этом дамбочки обвалования должны быть выполнены из непылящего материала или покрыты им сверху.

Орошение пылящих поверхностей целесообразно применять при незначительных по площади и прилегающих к ограждающим сооружениям очагам пыления.

Применение гидрозавесы возможно при любых параметрах источника пыления. Параметры гидрозавесы следует назначать исходя из результатов проведения специальных опытных и опытно-конструкторских работ.

В случае фактического проявления пыления на накопителе, проект которого обоснованно не предусматривал мероприятий по борьбе с пылью, на стадии эксплуатации накопителя следует откорректировать рабочие чертежи и разработать комплекс мероприятий по пылеподавлению с обязательным включением их в комплект проектной документации по накопителю.

#### **Консервация и рекультивация накопителя**

В проекте консервации накопителя следует включать следующие основные мероприятия:

- укрепления низовых откосов ограждающих дамб, обеспечивающее их устойчивость в период после консервации;

- предупреждение пыления пляжа намыва и низовых откосов ограждающих дамб;

- прогноз изменения депрессионной кривой фильтрационного потока в ограждающих дамбах с целью составления плана мероприятий, гарантирующих статистическую, фильтрационную и динамическую устойчивость откосов в период консервации накопителя;

- расчистка существующих или устройство новых водосборных канав для сбора и отвода атмосферных осадков, поступающих на поверхность накопителя и примыкающую к нему территорию;

- отвод жидкости, скопившейся за время эксплуатации накопителя, в специально устроенное хранилище или на переработку;

- осушение продуктивной зоны с использованием крупнозернистых естественных грунтов или отходов обогащения, а также с помощью специально устроенного дренажа;

- создание условий для максимального обезвоживания толщи накопившихся осадков, особенно в сейсмических районах, с целью предупреждения аварийных оползней;

- устройство водонепроницаемого экрана на специально подготовленной поверхности, с целью предотвращения накопления и фильтрации атмосферных осадков в толщу отходов;

- отсыпка слоя грунта с посевом трав, посадкой кустарников и деревьев для создания растительного покрова на поверхности накопителя;

- переоборудование дренажа на самотечный сброс в период консервации накопителя;

- демонтаж оборудования системы оборотного водоснабжения с тампонирующим водосбросных колодцев;

- создание условий для осуществления постоянного контроля законсервированного накопителя с помощью системы сохранившейся или вновь устроенной контрольно-измерительной аппаратуры.

#### **Размещение контрольно-измерительной аппаратуры (КИА)**

Вне зависимости от класса ограждающих сооружений накопителя на них должна устанавливаться КИА для определения:

- осадки тела плотины, основания и береговых примыканий;

- горизонтальных смещений гребня, берм, противофильтрационных элементов;

- положения депрессионной кривой в теле и берегах;

- при наличии глинистых элементов – поровое давление;

- аварийную сигнализацию.

Количество контрольно-измерительной аппаратуры и ее размещение зависят от класса ответственности сооружения, его конструкции и размеров, наличия тех или иных дренажных и противофильтрационных устройств, инженерно-геологических и гидрогеологических условий основания, методов возведения и особенностей эксплуатации. КИА устанавливается на поперечниках (наблюдательных створах), располагаемых на сооружении, в береговых примыканиях и на территории, прилегающей к сооружению. Для сооружений на слабых основаниях, а также имеющих высоту более 50м и наиболее ответственных наблюдательные створы располагают через 50-100м. Створы обязательно размещать на участках с максимальной высотой сооружения и в тех местах, где возможны наибольшие деформации и усиленная фильтрация. В каждом створе, по возможности, концентрируются все виды приборов, намеченных для установки. Для удобства производства работ и проведения наблюдений марки и пьезометры, а также специальные КИА размещают на гребне, бермах низового откоса в основании ограждающих сооружений.

В проекте надлежит предусматривать дублирование наблюдательных створов на случай их повреждения строительными механизмами как в период строительства ограждающих сооружений, так и в период их последующего наращивания.

Для контроля за эксплуатацией сооруженной следует применять надежную в эксплуатации КИА, которая отвечала бы требованиям длительной и безотказной работы в условиях возможного воздействия агрессивных промстоков.

Для своевременного выявления подтопления и загрязнения на изучаемой территории в проекте следует предусмотреть организацию сети наблюдательных скважин. На прилегающих к накопителю территории необходимо вести наблюдение за качеством подземных и поверхностных вод и за изменениями их уровней. В случае близкого расположения населенных пунктов, водозаборов, находящихся ниже по потоку от накопителя, необходимо предусмотреть створ наблюдательных скважин с расстоянием между скважинами 100-200м. Створы скважин следует располагать перпендикулярно к оси ограждающих сооружений. Расстояние между скважинами 150-200м. В районах со сложными инженерно-геологическими условиями (карст, просадочные грунты, разломы) наблюдательную сеть необходимо предусматривать более густой и охватывающей большую территорию.

#### **Инженерно-геологические изыскания**

Инженерно-геологические изыскания следует проводить при проектировании новых, расширения; реконструкции и консервации действующих накопителей, а также при их эксплуатации в случае опасных отклонений параметров сооружения от расчетных. В последнем случае основанием для постановки дополнительных изысканий могут являться результаты натурных исследований, выводы комиссии по обследованию, результаты проведенных НИР и т.д.

Инженерно-геологические изыскания следует производить в соответствии с требованиями ДБН А. 2.1-1-2008, а также заданием на проектирование, учитывающим конкретную специфику объекта.

Изыскания под накопителем должны обеспечивать, наряду с другими, получение материалов для обоснования проектирования объекта с учетом рационального использования и охраны окружающей природной среды.

В случае использования в конструкции накопителя искусственных грунтов, в том числе и отходов различных производств, изысканиями должны быть охвачены эти грунты, находящиеся в отвалах или непосредственно образующиеся

ся на производстве. При этом в комплекс изыскательских работ должен входить сбор и анализ материалов, собранных для данного вида отходов на объектах-аналогах. Кроме того, изыскания по специальным программам должны сопровождать проведение опытных работ в натуральных условиях.

При изысканиях особое внимание должно быть обращено на качество грунтов основания накопителя и на наличие в нем:

- грунтов, содержащих соли, растворимые в воде и в складываемой сточной жидкости;
- илистых грунтов как природного, так и искусственного происхождения;
- грунтов, в которых при возведении ограждающих дамб, может развиваться поровое давление;
- полускальных пород, которые при насыщении водой или складываемой сточной жидкостью могут оказываться ослабленными;
- скальных пород с тектоническими нарушениями (сбросами, сдвигами);
- разнородных грунтов, обладающих различной сжимаемостью, на контакте которых будет иметь место неравномерная осадка ограждающих сооружений.

Виды лабораторных определений свойств грунтов основания накопителя и тела его ограждающих сооружений перечислены в ДБН А.2.1-1-2008, причем для искусственных грунтов и в случае складирования в накопителе сточных вод, отличающихся по составу от природных, все виды определений, возможных для данного типа грунта, выполняются в обязательном порядке. В зависимости от специфических условий объекта в техническом задании могут оговариваться дополнительные виды определений.

#### **Научно-исследовательские работы**

К проведению специальных научно-исследовательских работ при проектировании следует прибегать в случаях, когда какие-либо параметры проектируемого объекта не поддаются предпроектному определению, не содержатся в данных об объектах-аналогах и не регламентируются нормативной литературой.

На основании результатов НИР, как правило, следует проектировать:

- системы гидротранспорта сгущенной пульпы на дальние расстояния;
- системы сгущения пульпы, по химическому и гранулометрическому составу не имеющих аналогов;
- мероприятия по укреплению тела ограждающих сооружений, предотвращению фильтрации через ложе и борта в случаях, когда возможно изменение исходных характеристик грунтов основания и тела ограждающих сооружений в процессе эксплуатации накопителя;
- способы улучшения основания сооружения;
- способ намыва при характеристиках исходной пульпы, существенно отличающихся от аналогов или в случае необходимости достижения специальных эффектов при намыве (раздельная укладка и пр.);
- системы пылеподавления, кроме идентичных осуществленным аналогам;
- способ ускорения консолидации мелкодисперсных отложений;
- комплекс защитных мероприятий, при сложных условиях прохождения волны прорыва и др.

Кроме того, к постановке специальных научно-исследовательских работ следует прибегать при фильтрационных расчетах для сложных гидрогеологических условий, составлении прогноза влияния накопителя на окружающую природную среду и в других случаях.

#### **Литература**

1. Завальний А.П. Влияние накопителей промышленных отходов на окружающую среду. *Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна*, №604: «Геологія – Географія – Екологія», 2003, с. 60-63.
2. Завальний А.П., Решетов І.К. и др. Экологические проблемы складирования промышленных отходов в Украине. *Науково-технічний журнал «Екологія довкілля та безпека життєдіяльності»*, №5, Київ, 2007, с. 28-32.
3. Завальний А.П., АнтимONOва Н.Г. и др. О введении нормативного документа на проектирование накопителей промышленных отходов – ДБН «Хвостосховища та шламонакопичувачі». *Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна*, №986: «Геологія – Географія – Екологія», випуск 35, Харків, 2011, с. 20-23.