

Структура затрат на исследования состояния гидротехнических сооружений накопителей жидких промышленных отходов Кольского региона

А. И. Калашник¹, кандидат технических наук,
А. А. Гилярова², Н. А. Калашник³, О. В. Смирнова⁴
ФГБУН Горный институт Кольского научного центра РАН

Выполнен анализ структуры затрат на проведение исследований состояния гидротехнических сооружений накопителей жидких промышленных отходов предприятий Кольского региона. Выявлено, что наиболее затратными являются инженерно-геодезические работы, для оптимизации которых предложены спутниковые съемки.

Ключевые слова: гидротехнические сооружения накопителя жидких отходов, исследования состояния, затраты, анализ.

Введение

Гидротехнические сооружения (ГТС) согласно [18] — это сооружения, подвергающиеся воздействию водной среды и предназначенные для использования и охраны водных ресурсов, предотвращения вредного воздействия вод, в том числе загрязненных жидкими отходами. ГТС включают в себя [10]: плотины, здания гидроэлектростанций, водосбросные, водоспускные и водовыпускные сооружения, туннели, каналы, насосные станции, судоходные шлюзы, судоподъемники; сооружения, предназначенные для защиты от наводнений и разрушений берегов водохранилищ, берегов и дна русел рек; сооружения (дамбы), ограждающие золошлакоотвалы, шламохранилища и хранилища жидких отходов промышленных и сельскохозяйственных организаций; устройства защиты от размывов на каналах, сооружения морских нефтегазопромыслов и т. п.

В регионе Баренцева моря находится значительное число ГТС различного назначения, представляющих собой комплексные сооружения добывающей промышленности (горнорудной, строительной, нефтегазовой), энергетики (комплексы ГЭС, АЭС и ТЭЦ) и строительства (в основном промышленного, гражданского и дорожного), а также комплексы по складированию жидких отходов горнодобывающих и перерабатывающих предприятий, жизнедеятельности

и сельского хозяйства, энергетики (в том числе отработавшего ядерного топлива). Кроме того, в регионе имеются специальные ГТС, предназначенные для регулирования и управления водными ресурсами в целях жизнехозяйственного, промышленного и водотранспортного обеспечения, а также защитные сооружения от неблагоприятных природных и природно-техногенных воздействий. Основные ГТС горнопромышленного и энергетического назначения Кольского региона показаны на рис. 1.

Обеспечение безопасности накопителей

ГТС накопителей жидких промышленных отходов являются потенциально опасными объектами I и II классов, эксплуатация которых должна выполняться в строгом соответствии с требованиями промышленной безопасности, регламентируемыми федеральным законом «О безопасности гидротехнических сооружений» [10], строительными нормами и правилами «Гидротехнические сооружения. Основные положения» [18] и правилами безопасности [12]. Нарушение фильтрации и функциональности, потеря устойчивости таких ГТС могут привести к аварийной ситуации и принести значительный социально-экономический ущерб населению, гражданским и промышленным зданиям, дорогам, инженерно-техническим коммуникациям и т. п., что влечет финансовые потери (недополученная прибыль вследствие остановки ГЭС или горного предприятия), дополнительные затраты (ремонтно-восстановительные работы на плотинах, дамбах,

¹ e-mail: kalashnik@goi.kolasc.net.ru.

² e-mail: gilyarova@goi.kolasc.net.ru.

³ e-mail: nadezhda-kalashnik28@rambler.ru.

⁴ e-mail: smirol67@rambler.ru.



Рис. 1. Основные горнопромышленные и энергетические предприятия Кольского региона

пульпопроводах, дорогах, линиях электропередач, пьезометрических станциях, устройствах и механизмах и др.; ликвидация последствий аварии; восстановление окружающих природных систем) и штрафы за загрязнение окружающей среды и экологический ущерб [3; 6].

К сожалению, в практике эксплуатации ГТС накопителей жидких отходов случались чрезвычайные ситуации и аварии. Например, в 1999, 2001 и 2002 гг. в результате прорыва ограждающей дамбы помехохранилища птицефабрики близ Мурманска было сброшено около 96 тыс. т пометного ила на поля, в реку Кола и озера Рогозеро и Большое, из которых осуществляется забор питьевой воды для Мурманска [15], и город был временно отключен от водоснабжения из-за угрозы возникновения эпидемии. В 2012 г. произошли протечки ограждающей дамбы в зоне отработки техногенного месторождения Ковдорского горно-обогатительного комбината (ГОК) [4]. По опубликованным данным [2; 3], имели место отказы при работе ГТС накопителей отходов комбинатов АО «Североникель», АО «ОЛКОН», АО «Ловозерский ГОК» (горнопромышленные отходы последнего содержат радиоактивные элементы). Реконструкция хвостохранилища АНОФ-2 АО «Апатит», предусматривающая наращивание высоты дамб до 100 м (при нынешней высоте 60 м), также ставит много вопросов по устойчивости такого сооружения

и надежности всего хвостохранилища, если принять во внимание ранее имевшие место протечки и проседания отдельных участков ограждающих дамб [1].

Мировой опыт эксплуатации комплексов ГТС накопителей жидких промышленных отходов знает многочисленные примеры возникновения чрезвычайных ситуаций и аварий, наиболее известные из которых произошли на Качканарском ГОКе (Россия), руднике «Эль-Кобра» (Чили), Карамкенском горно-металлургическом комбинате (Россия), углеобогадательной фабрике в Буффало-Крик (США), шахте «Преставель» (Италия), шламохранилище завода «MAL Hungarian Aluminium» в Колонтаре (Венгрия), ОАО «Аммофос» (Россия) и др. [13; 14; 19; 20]. В Финляндии 4 ноября 2012 г. на руднике «Талви-ваара» (расположенном в области Кайнуу) дал течь резервуар со сточными водами. Отходы, содержащие уран, попали в водную систему — были сообщены, что концентрация урана в водных источниках выросла более чем в 50 раз [21]. По мнению финских специалистов, эта авария стала одной из крупнейших в стране и повлекла большие экологические последствия.

Анализ опубликованных исследований показывает, что в основном возможны следующие разрушения и потери функциональности ограждающих сооружений, в наибольшей степени влияющие на безопасность ГТС накопителя жидких промышленных отходов:



Рис. 2. Блок-схема проведения комплексных исследований состояния ГТС накопителя жидких промышленных отходов

- потеря устойчивости низового откоса ограждающего сооружения;
- потеря фильтрационной прочности грунтов конструкций ГТС;
- отказ водорегулирующих систем и перелив воды (селеобразных шламов и отходов) через гребень ограждающих сооружений;
- разрушение конструкций ГТС и образование проранов.

Поэтому «Правила безопасности гидротехнических сооружений накопителей жидких промышленных отходов» [12] предписывают регулярно проводить комплексные инженерно-геотехнические исследования их состояния, после чего должен составляться годовой отчет, который представляется в территориальные органы Госгортехнадзора России и в аналитические центры мониторинга безопасности ГТС, определенные Госгортехнадзором. При этом решаются следующие задачи:

- обеспечение постоянного контроля состояния ГТС и его воздействия на окружающую природную среду;
- регулярное определение геометрических параметров накопителя жидких промышленных отходов перед переходом к режимам «зима-лето» и весенне-летнего паводка;

- определение соответствия и сравнения измеренных величин текущих параметров накопителя жидких промышленных отходов критериям безопасной эксплуатации и параметрам, заданным в проектной и рабочей документации по эксплуатации ГТС и декларации безопасности;
- анализ, оценка и прогноз состояния ГТС;
- выявление на ранних стадиях опасных деформационно-фильтрационных процессов и предотвращение возникновения аварийных ситуаций;
- разработка мероприятий по обеспечению промышленной безопасности эксплуатации ГТС.

Цель и метод исследования

Для решения перечисленных задач и соблюдения нормативных требований по обеспечению промышленной и экологической безопасности ГТС накопителя жидких промышленных отходов собственник ежегодно силами своих служб или с привлечением подрядных организаций выполняет исследования состояния ГТС. Эти исследования традиционно включают нормированные полевые комплексы инженерно-геологических и инженерно-геодезических работ и соответственно камеральную обработку, анализ и обобщение полученных данных, завершающуюся составлением технического отчета (рис. 2).

Таблица 1. Структура затрат на исследования

№	Характеристика видов работ	Номера частей, глав, таблиц, параграфов и пунктов указаний к разделам справочников базовых цен [16; 17]	Стоимость, тыс. руб.
<i>1.1. Инженерно-геодезические изыскания</i>			
1.1.4	Нивелирование через 50 м (по гребням намывных дамб 2 цикла по 8 км — 320 точек измерения штативом двойного хода)	Справочник базовых цен на инженерно-геодезические работы 1999 г. (СБЦ), гл. 2, табл. 8, п. 2, $K_1 = 1,25$ (коэффициент, учитывающий районный коэффициент к заработной плате, — п. 8д); $K_2 = 1,5$ (за условия Крайнего Севера — п. 8е); $K_3 = 1 + (1 - K_1) + (1 - K_2) = 1 + 0,25 + 0,5 = 1,75$ (общий повышающий коэффициент — примечание к п. 8); $K = 1,4$ (коэффициент, учитывающий неблагоприятный период — табл. 2); $K = 42,58$ (индекс изменения базовых цен на IV квартал 2014 г.)	427,3
<i>1.2. Инженерно-геологические работы</i>			
1.2.1	Отбор проб грунтов и отложений (51 шт.)	СБЦ, гл. 16, табл. 60, п. 7, $K_1 = 1,25$ (коэффициент, учитывающий районный коэффициент к заработной плате, — п. 8д); $K_2 = 1,5$ (за условия Крайнего Севера — п. 8е); $K_3 = 1 + (1 - K_1) + (1 - K_2) = 1 + 0,25 + 0,5 = 1,75$ (общий повышающий коэффициент — примечание к п. 8); $K = 42,58$ (индекс изменения базовых цен на IV квартал 2014 г.)	26,22
<i>2.1. Камеральная работа</i>			
2.1.2	Обработка данных нивелирования (по гребням намывных дамб 2 цикла по 8 км — 320 точек измерения)	СБЦ, гл. 2, табл. 8, п. 2, $K_1 = 1,25$ (коэффициент, учитывающий районный коэффициент к заработной плате, — п. 8д); $K_2 = 1,5$ (за условия Крайнего Севера — п. 8е); $K_3 = 1 + (1 - K_1) + (1 - K_2) = 1 + 0,25 + 0,5 = 1,75$ (общий повышающий коэффициент — примечание к п. 8); $K = 42,58$ (индекс изменения базовых цен на IV квартал 2014 г.)	271,83

Стоимость работ, являющихся достаточно затратными, определяется по справочникам [16; 17]. В качестве примера уровень фактических затрат в количественной форме (в виде извлечения из расчетной таблицы сметы затрат на исследования) приведен в табл. 1. При этом существенное значение имеют сезонность и объемы полевых работ, а также наличие и состояние контрольных пунктов и контрольно-измерительной аппаратуры.

Цель данной работы — систематизация и анализ структуры затрат как на проведение плановых исследований состояния ГТС накопителя жидких промышленных отходов в целом, так и по основным видам полевых и камеральных работ. В основном использовался формально-логический метод (анализ плюс синтез).

Анализ структуры затрат на исследования состояния ГТС

Опыт проведения авторами и другими исследователями комплексных исследований состояния ГТС накопителей жидких отходов (хвостохранилищ обогатительных фабрик) основных горнодобывающих предприятий Кольского полуострова (АО «Ковдорский ГОК», АО «Кольская горно-металлургическая компания», АО «Апатит», ГОК «Олений ручей» «Северо-западной фосфорной компании») позволил

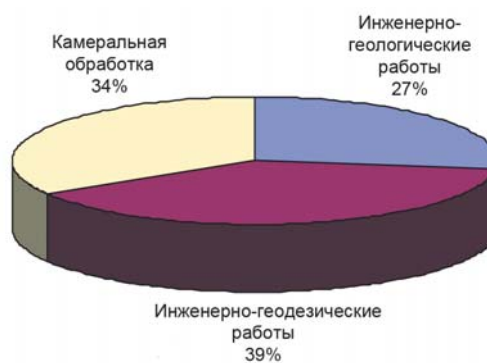


Рис. 3. Укрупненная структура годовых затрат на исследования состояния ГТС накопителя жидких промышленных отходов

выявить общую картину формирования обобщенной экономической структуры годовых затрат на проведение этих работ (рис. 3). Затраты на проведение полевых работ составляют две трети общей стоимости, при этом стоимость инженерно-геологических работ практически в полтора раза ниже, чем инженерно-геодезических. Затраты на камеральную обработку составляют примерно треть общего объема стоимости работ.

Для дальнейшего анализа и понимания трудоемкости необходимо выделить основные виды работ,

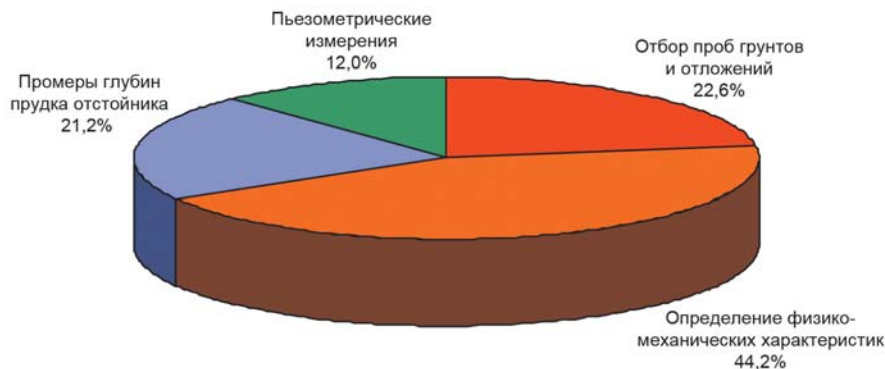


Рис. 4. Структура затрат на проведение инженерно-геологических работ

составляющие соответствующую группу: инженерно-геологические, инженерно-геодезические и камеральные.

Основными инженерно-геологическими работами являются: отбор проб грунтов и отложений, определение в лабораторных условиях их физико-механических характеристик, промеры глубин прудка отстойника, гидрогеологические измерения на контрольных пунктах на ограждающих сооружениях. Отбор проб осуществлялся по специальной методике по линиям створных наблюдений с плановой и высотной привязкой точек отбора. Отобранные пробы непосредственно на месте взвешивались и помещались в герметичные контейнеры, что позволяло сохранить их естественную влажность. В последующем в лабораторных условиях стандартными методами определялись их основные физико-механические характеристики.

Промеры глубин прудка отстойника проводились при помощи мерного шеста и погружением металлического диска (гири) по сетке 150×150 м с плановой привязкой точек промеров тахеометром. Это позволяло определить как глубину непосредственно воды, так и суммарную глубину воды и донных отложений. Выполнялись также измерения по оборудованным контрольным пунктам (пьезометрам и гидрогеологическим скважинам) на ограждающих дамбах.

Вместе с тем уместно отметить, что работы гидрогеологического характера могут быть выполнены с применением современных высокоинформативных и в то же время малозатратных подповерхностных георадарных измерений [9].

Обобщенная структура затрат на проведение инженерно-геологических работ приведена на рис. 4. Как видно из рисунка, более 44% составляют затраты на определение физико-механических свойств отобранных проб хвостовых отложений. Примерно одинаковыми (чуть выше 20%) являются затраты на непосредственно отбор проб и на промеры глубин прудка отстойника. Пьезометрические измерения в силу их дискретности удельно занимают чуть более 10%.

Выполнение инженерно-геодезических работ включало: проложение ходов полигонометрии

I разряда для топографической съемки ГТС накопителя жидких отходов, в том числе по имеющимся контрольным пунктам; непосредственно топографическую съемку; нивелирование III класса по контрольным пунктам; техническое нивелирование по гребням ограждающих сооружений; плановую и высотную привязку точек отбора проб грунтов и отложений и промеров глубин прудка отстойника.

Работы выполнялись по геодезическим методикам с использованием стандартного оборудования (тахеометр, отражатели, нивелир, нивелирные рейки). Такой традиционный подход делает их весьма трудоемкими и высокодискретными (один-два цикла измерений в год). В то же время в мировой практике передовыми технологиями геодезических съемок являются GPS-измерения и спутниковые георадарные снимки, позволяющие значительно повысить производительность и информативность получаемых данных с дискретностью до 10—15 сут и менее [7; 11].

Обобщенная структура затрат по видам инженерно-геодезических работ представлена на рис. 5. Наиболее затратными здесь явились работы по выполнению топографической съемки и нивелированию дамб обвалования и намыва (суммарно до 75%). Прокладка ходов полигонометрии и нивелирование по контрольным реперам имеют примерно равные доли (10—13%). Затраты на рекогносцировку исходных пунктов государственной геодезической сети (ГГС) и на работы по плановой и высотной отметкам точек отбора проб и промеров глубин незначительны (суммарно не превышают 2,5%).

Камеральные работы включали в себя обработку данных полевых инженерно-геологических и инженерно-геодезических измерений, результатов лабораторных определений физико-механических характеристик отобранных проб грунтов и отложений, создание ведомостей, планов, профилей, анализ результатов и составление технического отчета. Для этого выполнялись расчеты по ходам полигонометрии, нивелирования III класса по контрольным реперам, технического нивелирования по гребням ограждающих дамб, топографической съемки ГТС накопителя жидких отходов, промеров глубин

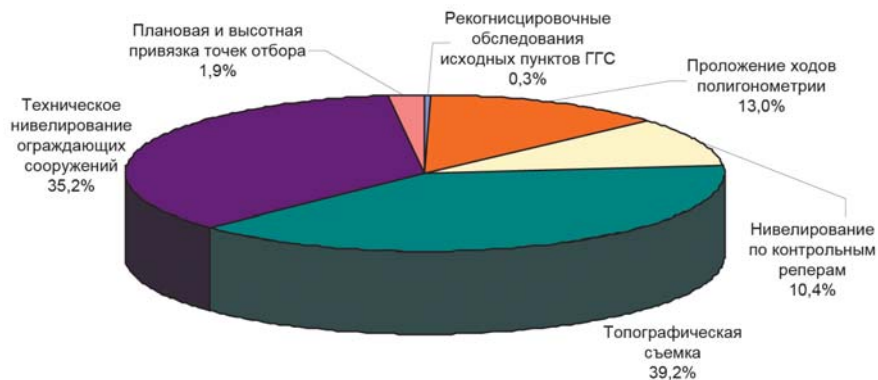


Рис. 5. Структура затрат на проведение инженерно-геодезических работ

прудка отстойника, пьезометрических наблюдений. Затем рассчитывались плановые координаты и высотные отметки точек наблюдений, относительные их изменения за циклы наблюдений, деформационные характеристики по контрольным реперам, объем воды в прудке (общий, условно чистый, объем донных отложений), площади ГТС, прудка отстойника т. п. На основе этих данных строились топографический план ГТС, продольные и поперечные профили ограждающих дамб с указанием депрессионных кривых, эпюры высотных и плановых деформаций.

Значительными и особенно важными являлись работы по анализу, систематизации и обобщению полученных результатов, а также по составлению технического отчета по итогам комплексных исследований. Следует заметить, что существенный временной и затратный выигрыш дает применение систем автоматизированной обработки информационно-справочных данных и поддержки принятия решений [5].

Обобщенная структура затрат по видам камеральных работ представлена на рис. 6. Удельное распределение затрат является достаточно равномерным (7—15%), но вместе с тем обработка данных нивелирования и топографической съемки суммарно превышает 40%. Логично затратным является анализ всех полученных результатов и составление отчета (до 15%).

Поскольку затраты на отдельные виды работ (как полевые, так и камеральные) в основном определяются их масштабами — площадью ГТС, протяженностью ограждающих сооружений, количеством точек отбора проб грунтов и воды, числом контрольных наблюдательных пунктов и т. п., то дальнейший анализ этих затрат выполнялся удельно на соответствующую единицу измерения. Для инженерно-геологических работ это количество взятых проб, число пьезометров и точек промера глубин. Для инженерно-геодезических работ анализ удельных затрат проводился в расчете на единицу площади (1 га), на единицу длины (1 км) и на число контрольных пунктов и точек установки инструментов. В соответствии с этим на рис. 7 представлена обобщенная структура удельных затрат на проведение основных полевых работ и их камеральную обработку: удельные затраты на отбор одной пробы составят около 14%, в то время как на лабораторное определение ее физико-механических характеристик потребуется более 28%, т. е. вдвое больше. Промер глубины прудка отстойника удельно не превышает 3%, одно пьезометрическое измерение — чуть более 5%.

Выполнение инженерно-геодезических работ удельно занимает от 1% (плановая и высотная привязка одной точки отбора) до 26% (техническое нивелирование 1 км ограждающих сооружений).

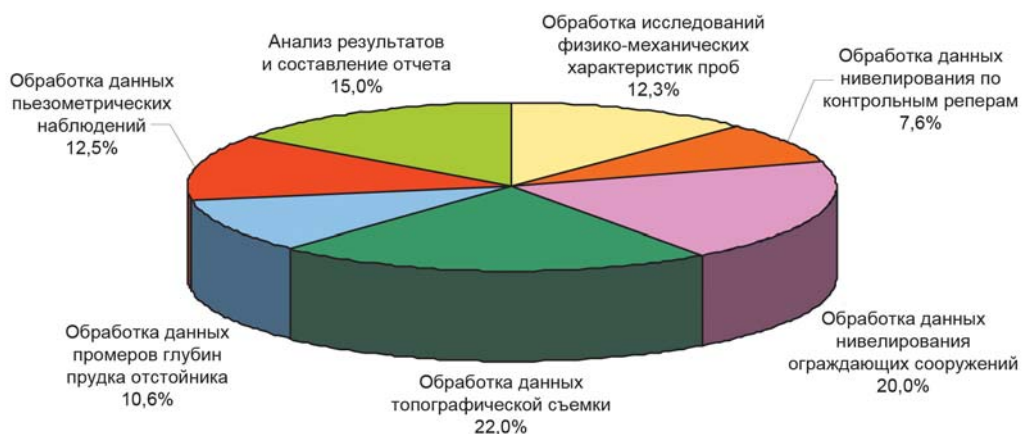


Рис. 6. Структура затрат на выполнение камеральных работ

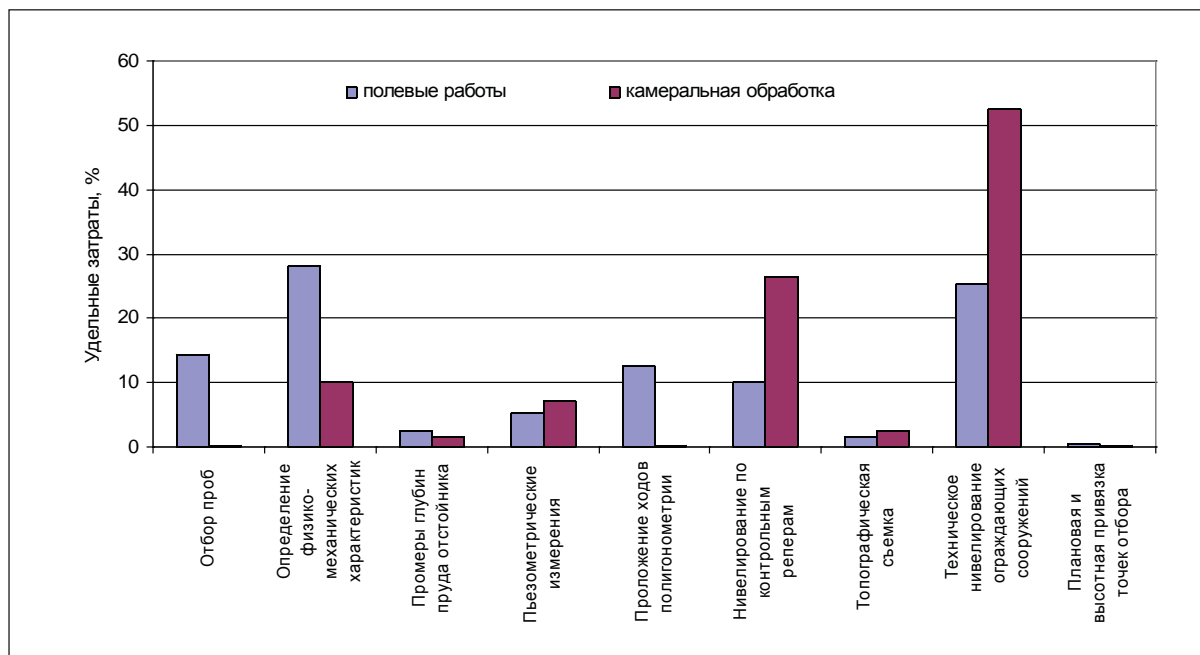


Рис. 7. Удельные затраты на единицу по основным видам полевых работ и их камеральной обработки

Нивелирные работы в расчете на один контрольный репер займут около 10%, прокладка 1 км полигонометрического хода — около 10%, топографическая съемка 1 га — 2%.

Удельные камеральные затраты достаточно неравномерны: для нивелирования — 25—52%, для определения физико-механических характеристик — 10%, для пьезометрических измерений — 6%. Для остальных видов удельные камеральные затраты составляют 1—2%.

Направление применения результатов

По нашему мнению, оптимизация и частичное снижение общего объема финансового обеспечения работ по комплексным исследованиям состояния ГТС накопителя жидких промышленных отходов наряду с повышением информативности и эффективности получаемых результатов могут быть достигнуты за счет интегрирования в стандартные системы наблюдений современных инновационных методов и технологий: георадарного подповерхностного и поверхностного зондирования, спутниковых георадарной съемки и GPS-измерений, а также применения автоматизированных методов и технологий при камеральной обработке результатов полевых измерений. Авторы развивают концепцию многоуровневой системы комплексных исследований ГТС накопителя жидких промышленных отходов, учитывающую геолого-геофизические особенности региона и включающую современные комплексы натурных измерений потенциально опасных зон, прогнозных расчетов и компьютерного моделирования, экспертных оценок природных и техногенных воздействий на ГТС в целях прогнозирования и обнаружения на

ранних стадиях признаков возникновения опасных фильтрационно-деформационных процессов для принятия управляющих решений и превентивных мероприятий [9].

Наряду с уже традиционными инженерно-геологическими и инженерно-геодезическими работами для комплексных исследований состояния ГТС предлагается использовать поверхностную и подповерхностную георадиолокацию, достаточно хорошо зарекомендовавшую себя при мониторинге горнотехнических систем. Для определения смещений и деформаций ограждающих сооружений ГТС накопителей предлагается интегрировать в систему классической геодезии (нивелирование и полигонометрию) спутниковые GPS-измерения и георадарную площадную съемку [8].

Проведение комплексных исследований состояния ГТС накопителя жидких промышленных отходов с дополнительным (а для некоторых видов работ — заменяющим) применением указанных современных методов и технологий позволит более оперативно получать детализированную информацию о состоянии накопителя в целом с меньшими трудозатратами. При этом получаемые данные в автоматическом режиме будут интегрироваться в базу данных и параметров, что значительно ускорит и упростит их логическую обработку и сопоставление с нормативными и предельными значениями. На этой основе в автоматизированном режиме будет выполняться экспертная оценка текущего и прогнозного состояния ГТС накопителя, а также будут приниматься управляющие решения, в том числе по разработке в случае необходимости превентивных и защитных мероприятий.

Заключение

1. Выполнен анализ структуры затрат на регулярные комплексные исследования состояния ГТС накопителей жидких промышленных отходов. Выявлено, что наибольший объем (до 40%) составляют инженерно-геодезические работы, что практически в полтора раза превышает затраты на инженерно-геологические работы. Выполнение всех камеральных работ, в том числе составление ежегодного технического отчета, требует около трети общего финансового обеспечения работ.

2. Оптимизация и частичное снижение общего объема финансового обеспечения работ наряду с повышением информативности и эффективности результатов могут быть достигнуты за счет интегрирования в комплексные исследования состояния ГТС накопителя жидких промышленных отходов современных инновационных методов и средств: георадарного подповерхностного и поверхностного зондирования, спутниковых георадарной съемки и GPS-измерений, а также применения автоматизированных методов и технологий при камеральной обработке результатов полевых измерений

Исследования выполнены при финансовой поддержке Правительства Мурманской области и РФФИ, проект 14-05-98810 р_север_а, а также при финансовой поддержке РФФИ, проект 15-05-05835а.

Литература

1. Абрамов Н. Н., Снежкова Е. Е. Сейсмотомографическое изучение внутренней структуры дамбы хвостохранилища ОАО «Апатит» // Гор. журн. — 2007. — № 12. — С. 39—42.
2. Гальперин А. М., Ферстер В., Шеф Х.-Ю. Техногенные массивы и охрана окружающей среды: Учебник для вузов. — 2-е изд., стер. — М.: Изд-во МГГУ, 2001. — 534 с.
3. Доклад о состоянии и об охране окружающей среды Мурманской области в 2013 году / М-во природ. ресурсов и экологии Мурман. обл. — Мурманск, 2014. — 144 с.
4. Данилкин А. А., Калашник А. И., Запорожец Д. В., Максимов Д. А. Мониторинг состояния ограждающей дамбы в зоне отработки техногенного месторождения Ковдорского ГОКа // Гор. информ.-аналит. бюл. — 2014. — № 7. — С. 344—352.
5. Калашник Н. А. Разработка автоматизированной информационной системы для решения задач геомеханики // Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной пром-сти. — 2007. — № 11. — С. 2—5.
6. Калашник Н. А. Экономика аварий и ЧС // Берг-коллегия: Промышленная безопасность. Энергетика. Экология. — 2012. — № 9 (96). — С. 7—9.
7. Кутинов Ю. Г., Боголицын К. Г., Чистова З. Б. Исследования северных территорий Земли из космоса: проблемы, свойства, состояние, возможности на примере МКС «Арктика»: В 3 т. — Т. 1. — Екатеринбург: РИО УрО РАН, 2012. — 390 с.
8. Мельников Н. Н., Калашник А. И., Каспарьян Э. В., Калашник Н. А. Концепция геодинамического мониторинга объектов нефтегазопромысла в регионе Баренцева моря // Геоэкология. — 2015. — № 2. — С. 166—174.
9. Мельников Н. Н., Калашник А. И. Создание многоуровневой системы геодинамического мониторинга горнотехнических и нефтегазовых объектов западной части российского сектора Арктики // Арктика: экология и экономика. — 2015. — № 3 (19). — С. 66—75.
10. Федеральный закон «О безопасности гидротехнических сооружений» от 21 июня 1997 г. № 117-ФЗ.
11. Панжин А. А., Панжина Н. А. Об особенностях проведения геодинамического мониторинга при разработке месторождений полезных ископаемых Урала с использованием комплексов спутниковой геодезии // Физ.-техн. проблемы разработки полезных ископаемых. — 2012. — № 6. — С. 46—55.
12. Правила безопасности гидротехнических сооружений накопителей жидких промышленных отходов (ПБ 03-438-02). Сер. 03. Вып. 14. — М.: Гос. унитар. предприятие «Науч.-техн. центр по безопасности в пром-сти Госгортехнадзора России», 2003.
13. Причины аварий и повреждений плотин и их предупреждение // <http://engineeringssystem.ru/proektirovanie-kamlenno-zemljanih-plotin/prichinivariy.php>.
14. Проблемы защиты окружающей среды // <http://www.secandsafe.ru>.
15. Сергейчев А. И., Думанская К. М., Зайченко А. И. Обезвреживание помехохранилища, утилизация свежих пометных масс и накоплений на площадках птицефабрики ООО «Мурманская» // http://alyurdrop.ucoz.ru/publ/obezvrezhivanie_pomjotokhranilishha_utilizacija_svezhikh_pomjotnykh_mass_i_nakoplenij_na/ptf_quot_murman-skaja_quot_obezvrezhivanie_pomjotokhranilishha/17-1-0-19.
16. Справочник базовых цен на инженерно-геодезические изыскания при строительстве и эксплуатации зданий и сооружений. — М., 1999. — 51 с.
17. Справочник базовых цен на инженерные изыскания для строительства: Инженерно-гидрографические работы. Инженерно-гидрометеорологические изыскания на реках. — М., 2001. — 204 с.
18. Гидротехнические сооружения. Основные положения: СНиП 33-01-2003 / Госстрой России. — М., 2004. — 30 с. — (Строительные нормы и правила Российской Федерации).
19. Ritcey G. M. Tailings management. — Amsterdam; Oxford; New York; Tokyo: Elsevier, 1989.
20. http://alyurdrop.ucoz.ru/publ/obezvrezhivanie_pomjotokhranilishha_utilizacija_svezhikh_pomjotnykh_mass_i_nakoplenij_na/ptf_quot_murman-skaja_quot_obezvrezhivanie_pomjotokhranilishha/17-1-0-19.
21. <http://www.tetralab.ru/display/QW/Talvivaara+mine>.