

УДК 622'17:627.514

Н. Н. Мельников, А. И. Калашник, Н. А. Калашник, Д. В. Запорожец

Применение современных методов для комплексных исследований состояния гидротехнических сооружений региона Баренцева моря

Рассмотрены гидротехнические сооружения (ГТС) региона Баренцева моря в части насыпных грунтовых плотин и ограждающих дамб хвостохранилищ горных предприятий с точки зрения требований к ответственным объектам. Выполнен краткий обзор чрезвычайных ситуаций и аварий ГТС с анализом причин их возникновения и геоэкологических последствий. Показана необходимость и актуальность применения современных методов для комплексных исследований и мониторинга состояния ГТС: компьютерное геофлюидомеханическое моделирование, подповерхностное георадарное зондирование, GPS геодезические измерения, оптические и радарные спутниковые снимки. Совместное использование георадарных и спутниковых съемок в комплексе с традиционными инженерно-геологическими, гидрогеологическими и геодезическими исследованиями позволяет получать более полную картину состояния ГТС с учетом локальных и региональных геологических и флюидодинамических процессов. Разработана системная структура комплексных исследований ГТС, которая создает научно-техническую основу для исследования геолого-геофизической среды, смещений, деформаций и силового воздействия, что позволяет выявлять скрытые фильтрационно-деформационные зоны в ГТС на ранних стадиях их формирования и своевременно принимать управленческое решение по предотвращению и локализации чрезвычайной и аварийной ситуаций. Применение современных методов для комплексных исследований ГТС позволит получать оперативную информацию об их состоянии, параметрических величинах объемных, угловых и линейных деформаций и перемещений, интенсивности природного и техногенного воздействия. Полученные данные должны интегрироваться в геопортале "База данных и параметров", посредством которого выполняется их логическая обработка и сопоставление с нормативными и предельными значениями. На этой основе проводится экспертная оценка текущего и прогнозного состояния ГТС и принимаются управляющие решения, в том числе по разработке, в случае необходимости, превентивных и защитных мероприятий.

Ключевые слова: насыпные грунтовые гидротехнические сооружения, хвостохранилище, георадар, современные методы.

Введение

Согласно СНиП33–01–2003¹ гидротехнические сооружения (ГТС) – это сооружения, подвергающиеся воздействию водной среды и предназначенные для использования и охраны водных ресурсов, предотвращения вредного воздействия вод, в том числе загрязненных жидкими отходами. В законодательных и нормативных документах² сказано, что ГТС включают в себя: 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 от размывов на каналах, сооружения морских нефтегазопромыслов и т. п.

Гидротехнические сооружения региона Баренцева моря

В регионе Баренцева моря имеется значительное число ГТС различного назначения, объединенные в комплексы, которые в целях систематизации сведены нами в классификационную схему (рис. 1). Основные комплексы ГТС региона представляют собой насыпные грунтовые 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 отходов горнодобывающих и перерабатывающих предприятий, жизнедеятельности и сельского хозяйства, энергетики (в том числе отработавшего ядерного топлива). Кроме этого, в регионе имеются специальные ГТС, предназначенные для регулирования и управления водными ресурсами в целях жизнехозяйственного,

¹ СНиП 33–01–2003. Гидротехнические сооружения. Основные положения. М., 2004. 30 с.

² О безопасности гидротехнических сооружений : федер. закон : принят Гос. думой 23 июня 1997 г. № 117-ФЗ, 1997. URL : http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_15265/ ; Доклад о состоянии и об охране окружающей среды Мурманской области в 2014 году. 2015. 177 с. URL : <http://mpr.gov-murman.ru/activities/okhrana-okruzhayushchey-sredy/00.condition/index.php>.

промышленного и воднотранспортного обеспечения, а также защитные гидротехнические сооружения от неблагоприятных природных и природно-техногенных воздействий³.



Рис. 1. Классификация гидротехнических сооружений региона Баренцева моря
 Fig. 1. Classification of hydraulic structures of the Barents Sea region

Большинство ГТС региона Баренцева моря являются потенциально опасными объектами I и II класса, эксплуатация которых должна выполняться в строгом соответствии с требованиями промышленной безопасности, регламентируемыми Федеральным законом "О безопасности гидротехнических сооружений" и Строительными нормами и правилами РФ "Гидротехнические сооружения. Основные положения"⁴. Нарушение фильтрации и функциональности, потеря устойчивости таких ГТС может привести к аварийной ситуации и значительному социально-экономическому ущербу населению, гражданским и промышленным зданиям, дорогам, инженерно-техническим коммуникациям и т. п., а также к финансовым потерям (недополученная прибыль вследствие остановки ГЭС или горного предприятия), дополнительным затратам (ремонтно-восстановительные работы: плотин, дамб, пульпопроводов, дорог, линий электропередач, пьезометрических станций, устройств и механизмов, и др.; ликвидация последствий аварии; восстановление окружающих природных систем) и штрафам за загрязнение окружающей среды и экологический ущерб.

Краткий обзор аварий и чрезвычайных ситуаций

Необходимо констатировать, что системные комплексные исследования с применением современных методов и средств состояния (с оценкой надежности) ГТС региона Баренцева моря, за редким исключением, до настоящего времени фактически не выполнялись. Вместе с тем опасные и чрезвычайные ситуации, связанные с эксплуатацией ГТС, возникали ранее и могут возникнуть в будущем на особо проблемных объектах.

Так, в 1999, 2001 и в 2002 гг. в результате прорыва ограждающей дамбы помехохранилища птицефабрики близ г. Мурманск было сброшено около 96 000 т пометного ила на поля, в р. Кола и озера Рогозеро и Большое, из которых осуществляется водозабор питьевой воды для г. Мурманск⁵. Город был временно отключен от водоснабжения из-за угрозы возникновения эпидемии. Непосредственно в черте города образовались зловонные участки на местности, которые при весеннем снеготаянии до настоящего

³ Доклад о состоянии и об охране окружающей среды Мурманской области в 2014 году. 2015. 177 с. URL : <http://mpr.gov-murman.ru/activities/okhrana-okruzhayushchey-sredy/00.condition/index.php>.

⁴ О безопасности гидротехнических сооружений : федер. закон : принят Гос. думой 23 июня 1997 г. № 117-ФЗ, 1997. URL : http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_15265/; СНиП 33–01–2003. Гидротехнические сооружения. Основные положения. М., 2004. 30 с.

⁵ Состояние гидротехнических сооружений помехохранилищ птицефабрик "Мурманская" и "Снежная" вызывает тревогу надзорных органов Мурманской области. 2005. URL: <http://www.murman.ru/themes/farm-regnum.shtml>.

времени являются источниками экологического загрязнения окружающей природной среды. На сегодняшний день нет данных о принятии научно обоснованных инженерных мер по обеспечению безаварийного функционирования ГТС помехохранилища и природоохранным мероприятиям, что косвенно может свидетельствовать о возможных повторениях аварий.

В 2012 г. произошли протечки ограждающей дамбы хвостохранилища на одном из горноперерабатывающих предприятий Кольского региона, приведшие к необходимости дополнительных исследований гидротехнического сооружения [1]. Проведенные Горным институтом КНЦ РАН специальные комплексные исследования, прежде всего инновационные георадарные зондирования дамбы, позволили локализовать зоны повышенной фильтрации и выдать рекомендации по укреплению нижнего склона. Предприятие оперативно выполнило необходимые работы по подсыпке грунта и укреплению склона дамбы, что позволило повысить ее механическую и противofильтрационную устойчивость.

В некоторых публикациях приводится информация об отказах при работе ГТС накопителей отходов на горнодобывающих комбинатах Кольского региона (например, комбинаты "Североникель" и "Оленегорский ГОК", имевшие ранее такие названия) [2]. В то же время в публикациях не встречаются данные о состоянии ГТС на Ловозерском редкометалльном месторождении, горнопромышленные отходы переработки руд которого содержат радиоактивные элементы. Реконструкция хвостохранилища АНОФ-2 АО "Апатит", предусматривающая наращивание высоты дамб до 100 м (при сегодняшней высоте 60 м), также ставит много вопросов по устойчивости такого сооружения и надежности всего хвостохранилища, принимая во внимание имевшие место ранее протечки и проседания отдельных участков ограждающих дамб [3].

В Финляндии 4 ноября 2012 г. на руднике "Талвиваара" (расположенном в области Кайнуу) дал течь резервуар со сточными водами. Отходы, содержащие уран, попали в водную систему; на сайте STUK имеется сообщение, согласно которому концентрация урана в водных источниках выросла более чем в 50 раз [4]. По мнению финских специалистов, эта авария стала одной из крупнейших для страны, повлекшей большие экологические последствия.

Мировой опыт эксплуатации комплексов ГТС также имеет многочисленные примеры возникновения чрезвычайных ситуаций и аварий, наиболее известные из которых следующие: плотины: Боулдерхэд (Великобритания), Фонтенель (США), Киселевское водохранилище (РФ); дамбы: Качканарский ГОК (РФ), рудник Эль-Кобра (Чили), Карамкенский ГМК (РФ), углеобогадательная фабрика в Буффало-Крик (США), шахта "Преставель" (Италия), шламохранилище завода MAL Hungarian Aluminum в Колонтаре (Венгрия) (рис. 2), ОАО "Аммофос" (РФ) и др. [5–7].



Рис. 2. Прорыв насыпной грунтовой дамбы шламохранилища в Колонтаре (Венгрия) (по [5])
Fig. 2. Break of bulk earth dam of sludge in Kolontár (Hungary)

В табл. 1 приведены данные по чрезвычайным ситуациям и авариям ГТС водохранилищ и хвостохранилищ горноперерабатывающих предприятий. Анализ этих и других инцидентов показывает, что основной причиной аварий стало локальное или полное разрушение ограждающих насыпных (или намывных) грунтовых сооружений вследствие скрыто формирующихся в их теле фильтрационно-деформационных зон, процессов разжижения и размыва грунтов, суффозионных процессов, образования "гидравлических трещин" с развитием их в водопроводящие каналы и последующего интенсивного размыва нижнего склона (табл. 2).

Таблица 1. Чрезвычайные ситуации и аварии насыпных грунтовых ГТС
Table 1. Emergencies and accidents of bulk earth hydrotechnical structures

Страна, местоположение	Наименование	Характеристика плотины / Тип отходов	Год чрезвычайной ситуации/ аварии	Причина и следствие чрезвычайной ситуации/ аварии
Водохранилища				
Россия, Свердловская область	Киселевское водохранилище	Высота 17 м, длина 2 км	1993	Прорыв тела плотины при наполнении водохранилища
США, Вайоминг	Фонтенель	Высота 50 м, длина по гребню 2 000 м	1964, 1982	Протечки и оползень на низовом откосе плотины
Великобритания, Боулдерхэд	Боулдерхэд	Высота 48 м, длина по гребню 914 м	1967–1968	Оползни на низовом откосе и провал до 2,5 м на гребне плотины
Хвостохранилища				
Финляндия, Кайнуу	Рудник "Галвиваара"	Отходы производства никеля, цинка, урана	2012	Сильные протечки сквозь ограждающую дамбу
Россия, Белгородская область	Лебединский ГОК	Отходы железорудного производства	1981	Прорыв меловой пульпы, разрушение дамбы (300 м по фронту)
Украина, Львовская область	Стебниковский ГХК	Отходы производства калийных удобрений	1983	Прорыв 5 млн м ³ жидкой фазы хвостов вследствие образования ослабленной зоны в теле дамбы
ЮАР	Рудник "Бэфокинг"	Отходы платиновой промышленности	1985	Прорыв (около 3 млн м ³) и разрушение дамбы на 2/3 высоты после сильного дождя, хвосты затопили ствол шахты

Таблица 2. Фильтрационные деформации насыпных грунтовых плотин и дамб ГТС
Table 2. Filtration deformations of bulk earth dams and dykes of hydrotechnical structures

Тип деформации	Фильтрационно-деформационный процесс
Суффозия грунта (несвязного)	Перемещение и вынос из массива грунта отдельных его частиц фильтрационным потоком. Различают внутреннюю и внешнюю суффозию
Контактный суффозионный выпор (вынос)	Разрушение мелкозернистого (глинистого) грунта на контакте с крупнозернистым материалом фильтрационным потоком, направленным перпендикулярно линии контакта (выпор грунта на границе выхода фильтрационного потока в нижний бьеф или на откос плотины в зоне высачивания)
Контактный размыв	Разрушение мелкозернистого (песчаного или глинистого) грунта на контакте с крупнозернистым фундаментом фильтрационным потоком, направленным параллельно линии контакта
Отслаивание грунта	Отрыв от толщи агрегатов частиц связного грунта на контакте с крупнозернистым грунтом, в том числе на контакте с обратным фильтром
Кольматация	Отложение перемещенных фильтрационным потоком частиц в порах грунта (внутренняя кольматация) или на поверхности грунтового массива (поверхностная кольматация)
Химическая суффозия	Растворение солей, содержащихся в грунтах
"Гидравлические трещины"	Развитие ходов сосредоточенной фильтрации, связанное с неравномерными деформациями, с напряженно-деформированным состоянием и одновременным действием фильтрационных сил (т. к. грунты практически не воспринимают растягивающие напряжения)

Основными причинами, способными вызывать указанные в табл. 2 деформации, приводящие к чрезвычайным ситуациям на ГТС, могут быть следующие воздействия:

- сильное природное или техногенное землетрясение;
- неблагоприятные сезонные явления (продолжительный ливень большой интенсивности; интенсивное и обильное снеготаяние и другие);
- знакопеременное изменение температуры (процесс замерзания – оттаивания).

Воздействия приводят к следующим разрушениям и потерям функциональности ГТС:

- 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.

Решение проблемы предотвращения аварий ГТС осложняется тем обстоятельством, что процессы повышенной фильтрации, возникающие и развивающиеся в теле сооружений, на начальных этапах визуально и традиционными методами не фиксируются. Перерастая в дальнейшем в фильтрационно-деформационные зоны, эти процессы проявляются в виде интенсивных протечек и размывов нижнего склона, т. е. фактически создают чрезвычайную ситуацию с реальной угрозой аварии, требующую безотлагательного принятия защитных и укрепляющих мер.

Обоснование применения современных методов исследований

Вышесказанное предопределяет применение комплексных исследований, содержащих, наряду с традиционными инженерно-геологическими, гидрогеологическими и геодезическими [8], современные методы, позволяющие выявить и, самое главное, трассировать зоны повышенной фильтрации на ранних стадиях их формирования. Такие исследования, включающие в себя георадарные подповерхностные зондирования [9], сейсмотомографию [10], компьютерное геологическое моделирование, GPS геодезические измерения, спутниковые оптические и радарные снимки, выполняются Горным институтом КНЦ РАН [11]. Следует особо подчеркнуть, что применение современных георадарных технологий подповерхностного зондирования, интегрированных в систему традиционных наблюдений, позволяет оперативно и с высоким разрешением трассировать плоскости дренирующих вод, а также идентифицировать скрытые зоны повышенной фильтрации.

Для целей проведения комплексных исследований ГТС авторами развивается системная их структура, учитывающая геолого-геофизические особенности региона расположения ГТС и включающая современные методы натуральных измерений потенциально-опасных зон соответствующими методами контроля, 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 (рис. 3).

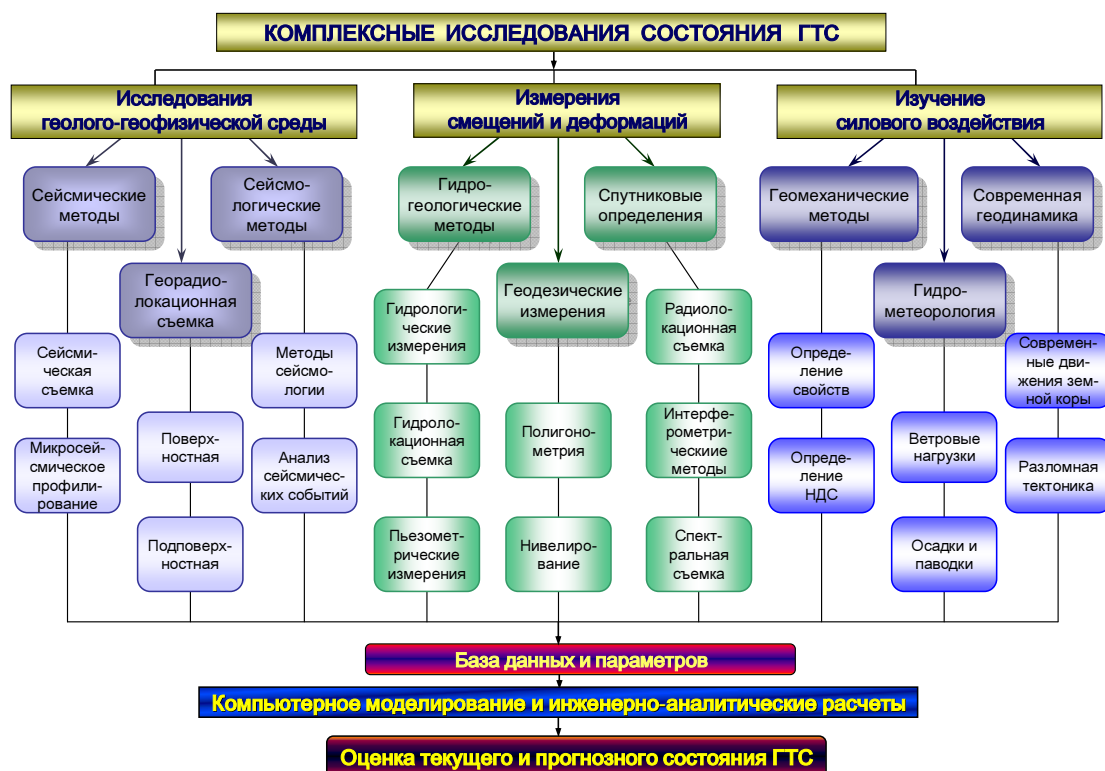


Рис. 3. Структура системных комплексных исследований ГТС с применением современных методов
 Fig. 3. The structure of the system complex research of hydrotechnical structures using modern methods

В развитие методологических подходов, изложенных в работе [11], авторами систематизированы методы и средства для проведения мониторинга соответствующих параметров геолого-геофизической среды,

смещений и деформаций, а также силового воздействия (рис. 3). Наряду с уже традиционными сейсмическими и сейсмологическими методами для мониторинга геолого-геофизической среды предлагается использовать поверхностную и подповерхностную георадиолокацию, хорошо зарекомендовавшую себя при мониторинге горнотехнических систем [9]. Смещения и деформации конструкций ГТС достаточно уверенно и с высокой точностью определяются классической (нивелирование и полигонометрия) и спутниковой геодезией. Дополнительное использование данных гидрогеологических наблюдений позволяет получить более полную картину результирующих смещений с учетом глубинных процессов. Для изучения силового воздействия рекомендуется создание гидрогеомеханических моделей, геофлюидомеханическое моделирование в комплексировании с современными методами геомеханики, современной геодинамики и гидрометеорологии.

Применение современных методов для комплексных исследований ГТС позволит получать оперативную информацию об их состоянии, параметрических величинах объемных, угловых и линейных деформаций и перемещений, интенсивности природного и техногенного воздействия. Полученные данные должны интегрироваться в "Базу данных и параметров", в которой выполняется их логическая обработка и сопоставление с нормативными и предельными значениями. На этой основе осуществляется экспертная оценка текущего и прогнозного состояния ГТС и принимаются управляющие решения, в том числе по разработке, в случае необходимости, превентивных и защитных мероприятий.

Поэтому, по мнению авторов, основная идея обеспечения промышленной безопасности ГТС региона Баренцева моря заключается в интегрировании в системы их комплексных исследований современных методов, проведение которых позволит выявить на ранней стадии развитие опасных фильтрационно-деформационных процессов и своевременно принять управленческое решение по предотвращению развития чрезвычайной и аварийной ситуации.

Заключение

Рассмотрены ГТС региона Баренцева моря в части насыпных грунтовых плотин и ограждающих дамб хвостохранилищ горных предприятий с точки зрения требований к ответственным объектам. Выполнен краткий обзор чрезвычайных ситуаций и аварий ГТС с анализом причин их возникновения. Показана необходимость и актуальность системного исследования надежности ГТС региона с применением современных методов исследования, включающих в себя георадарное подповерхностное зондирование, компьютерное геофлюидомеханическое моделирование, наземные и GPS геодезические измерения, спутниковые оптические и радарные площадные съемки. Разработана системная структура современных комплексных исследований ГТС, которая создает научно-техническую основу для исследования геолого-геофизической среды, смещений, деформаций и силового воздействия, что позволяет выявлять скрытые фильтрационно-деформационные зоны в ГТС на ранних стадиях их формирования и своевременно принимать управленческое решение по предотвращению и локализации чрезвычайной и аварийной ситуаций.

Исследования выполнены при финансовой поддержке РФФИ, проект 15-29-06037 ОФИ-М.

Библиографический список

1. Данилкин А. А., Калашник А. И., Запорожец Д. В., Максимов Д. А. Мониторинг состояния ограждающей дамбы в зоне отработки техногенного месторождения Ковдорского ГОКа. Горный информационно-аналитический бюллетень. 2014. № 7. С. 344–352.
2. Гальперин А. М., Ферстер В., Шеф Х.-Ю. Техногенные массивы и охрана окружающей среды. М.: Изд-во Московского государственного горного университета, 2001. 534 с.
3. Амосов П., Бакланов А., Ригина О. Численное моделирование процессов пыления хвостохранилищ. LAP LAMBERT Academic Publishing, 2014. 109 с.
4. Ранкс К. Сточные воды "Талвиваары" остановлены // Финские страницы на Фонтанке.ру. 2012. URL: <http://fontanka.fi/articles/7736/>.
5. Абрамов В. В. Проблемы защиты окружающей среды. 2010. URL: http://secandsafe.ru/pravovaya_baza/blogi/ekologicheskaya_bezопасnost/problemy_zaschity_okrujayushey_prirodnoy_sredy_v_rossii.
6. Айрапетян Р. А. Причины аварий и повреждений плотин и их предупреждение. URL: <http://engineeringsystems.ru/proektirovanie-kammenno-zemljanih-plotin/prichini-avariy.php>.
7. Ritcey G. M. Tailings management. Amsterdam – Oxford – New-York – Tokyo : Elsevier, 1989. 970 p.
8. Калашник А. И., Гилярова А. А., Калашник Н. А., Смирнова О. В. Исследования хвостохранилищ горно-обогатительных предприятий Кольского региона: анализ структуры затрат. Север и рынок: формирование экономического порядка. 2015. № 2 (45). С. 31–39.
9. Мельников Н. Н., Калашник А. И. Инновационные георадарные технологии изучения подповерхностной структуры и состояния природно-технических систем. Вестник КНЦ РАН. 2010. № 3. С. 4–8.
10. Абрамов Н. Н., Снежкова Е. Е. Сейсмотомаграфическое изучение внутренней структуры дамбы хвостохранилища ОАО "Апатит". Горный журнал. 2007. № 12. С. 39–42.

11. 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.

References

1. Danilkin A. A., Kalashnik A. I., Zaporozhets D. V., Maksimov D. A. Monitoring sostoyaniya ograzhdayushey damby v zone otrabotki tehnogennoho mestorozhdeniya Kovdorskogo GOKa [Monitoring of the levee in the area of Kovdor GOK mining technogenic deposits]. Gornyi informatsionno-analiticheskiy byulleten. 2014. N 7. P. 344–352.
2. Gal'perin A. M., Ferster V., Shef H.-Yu. Tehnogennye massivy i ohrana okruzhayushey sredy [Mining-made rock massifs and environment protection]. M. : Izd-vo Moskovskogo gosudarstvennogo gornogo universiteta, 2001. 534 p.
3. Amosov P., Baklanov A., Rigina O. Chislennoe modelirovanie protsessov pyleniya hvostohranilisch [Numerical modeling of dusting tailings]. LAP LAMBERT Academic Publishing, 2014. 109 p.
4. Ranks K. Stochnye vody "Talvivaary" ostanovleny [Wastewater "Talvivaara" stopped] // Finskie stranitsy na Fontanke.ru. 2012. URL: <http://fontanka.fi/articles/7736/>.
5. Abramov V. V. Problemy zaschity okruzhayushey sredy [Problems of environment protection]. 2010. URL: http://secandsafe.ru/pravovaya_baza/blogi/ekologicheskaya_bezopasnost/ problemy_zaschity_okrujayushey_prirodnoy_sredy_v_rossii.
6. Ayrapetyan R. A. Prichiny avariyy i povrezhdeniy plotin i ih preduprezhdenie [The reasons of failures and damages of dams and their prevention]. URL: http://engineering_systems.ru/proektirovanie-kamennozemljanih-plotin/prichini-avariy.php.
7. Ritcey G. M. Tailings management. Amsterdam – Oxford – New-York – Tokyo : Elsevier, 1989. 970 p.
8. Kalashnik A. I., Gilyarova A. A., Kalashnik N. A., Smirnova O. V. Issledovaniya hvostohranilisch gorno-obogatitelnykh predpriyatiy Kolskogo regiona: analiz struktury zatrat [Studies of tailing ore mining and processing enterprises of the Kola Region: analysis of the cost structure]. Sever i rynek: formirovanie ekonomicheskogo poryadka. 2015. N 2 (45). P. 31–39.
9. Mel'nikov N. N., Kalashnik A. I. Innovatsionnye georadarnye tehnologii izucheniya podpoverhnostnoy struktury i sostoyaniya prirodno-tehnicheskikh sistem [Innovative georadar technologies of internal structures studying and conditions of prirodno-technical systems]. Vestnik KNTs RAN. 2010. N 3. P. 4–8.
10. Abramov N. N., Snezhkova E. E. Seysmotomograficheskoe izuchenie vnutrenney struktury damby hvostohranilisha OAO "Apatit" [Seismotomographic studying internal structure of IP "APATIT" tailing dam]. Gornyi zhurnal. 2007. N 12. P. 39–42.
11. Mel'nikov N. N., Kalashnik A. I. Sozdanie mnogourovnevnoy sistemy geodinamicheskogo monitoringa gornotekhnicheskikh i neftegazovykh ob'ektov zapadnoy chasti rossiyskogo sektora Arktiki [Creating a multi-level system of geodynamic monitoring of mining and oil and gas facilities the western part of the Russian sector of the Arctic]. Arktika: ekologiya i ekonomika. 2015. N 3 (19). P. 66–75.

Сведения об авторах

Мельников Николай Николаевич – ул. Ферсмана, 24, г. Апатиты, Мурманская обл., Россия, 184209; Горный институт КНЦ РАН, д-р техн. наук, профессор, академик, науч. руководитель института; e-mail: root@goi.kolasc.net.ru

Mel'nikov N. N. – 24, Fersmana Str., Apatity, Murmansk region, Russia, 184209; Mining Institute KSC RAS, Dr of Tech. Sci., Professor, Academician, Scientific Director; e-mail: root@goi.kolasc.net.ru

Калашник Анатолий Ильич – ул. Ферсмана, 24, г. Апатиты, Мурманская обл., Россия, 184209; Горный институт КНЦ РАН, канд. техн. наук, зав. лабораторией; e-mail: kalashnik@goi.kolasc.net.ru

Kalashnik A. I. – 24, Fersmana Str., Apatity, Murmansk region, Russia, 184209; Mining Institute KSC RAS, Cand. of Tech. Sci., Head of Laboratory; e-mail: kalashnik@goi.kolasc.net.ru

Калашник Надежда Анатольевна – ул. Ферсмана, 24, г. Апатиты, Мурманская обл., Россия, 184209; Горный институт КНЦ РАН, науч. сотрудник; e-mail: nadezhda-kalashnik28@rambler.ru

Kalashnik N. A. – 24, Fersmana Str., Apatity, Murmansk region, Russia, 184209; Mining Institute KSC RAS, Scientific Researcher; e-mail: nadezhda-kalashnik28@rambler.ru

Запорожец Дмитрий Владимирович – ул. Ферсмана, 24, г. Апатиты, Мурманская обл., Россия, 184209; Горный институт КНЦ РАН, вед. инженер; e-mail: Zaporojec@goi.kolasc.net.ru

Zaporozhets D. V. – 24, Fersmana Str., Apatity, Murmansk region, Russia, 184209; Mining Institute KSC RAS, Leading Engineer; e-mail: Zaporojec@goi.kolasc.net.ru

N. N. Mel'nikov, A. I. Kalashnik, N. A. Kalashnik, D. V. Zaporozhets

The use of modern methods for complex studies of the hydrotechnical structures of the Barents Sea region

The Barents region hydrotechnical structures (HTS) as part of the bulk earth dams and levees tailings of mining enterprises in terms of requirements of the responsible entities have been considered. The brief review of emergencies and accidents of HTS with an analysis of their causes and geo-ecological consequences has been fulfilled. The necessity and urgency of the application of modern techniques for comprehensive research and monitoring of the HTS state have been shown: geo-fluid mechanics computer modeling, subsurface georadar sensing, GPS geodetic measurements, optical and radar satellite imagery. Joint use of GPR and satellite imagery in combination with traditional engineering-geological, hydro-geological and geodetic studies allows obtaining a more complete picture of the HTS state taking into account local and regional geological and fluid dynamic processes. The system structure of HTS complex researches which creates a scientific and technical basis for researching the geologic-geophysical environment, shifts, deformations and power influence has been developed. This allows to reveal the hidden filtration and deformation zones in HTS at early stages of their formation and in due time to make the administrative decision on prevention and localization of any emergency. Application of modern methods for HTS complex researches will allow to receive operational information on their state, parametrical sizes of volume, angular and linear deformations and movements, intensity of natural and technogenic influence. The obtained data have to be integrated in the "Database and Parameters" geoportal by means of which their logical processing and comparison to standard and extreme values has to be carried out. On this basis expert assessment of the current and expected state of HTS is carried out and the operating decisions including on development, in case of need, of preventive and protective measures are made.

Key words: bulk earth hydrotechnical structures, tailings, georadar, modern techniques.