



Международный журнал информационных технологий и
энергоэффективности

Сайт журнала:

<http://www.openaccessscience.ru/index.php/ijcse/>



УДК 627.8

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ МЕТОДОВ И ПОДХОДОВ ДЛЯ НАЗНАЧЕНИЯ КРИТЕРИЕВ БЕЗОПАСНОСТИ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ

Рожнов В.А.

*ФГАОУ ВО "СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ", Красноярск, Россия
(660041, Красноярский край, город Красноярск, Свободный пр-кт, д.79), e-mail:
vlad.rozhnov2016@yandex.ru*

Настоящая статья посвящена эффективности метода экспертных оценок для назначения критериев безопасности гидротехнических сооружений, на примере опыта его применения на ГТС накопителей Кузбасса, расположенных на территории, подрабатываемой подземными горными работами. Обозначены актуальные вопросы, касающиеся необходимости детального изучения и учета результатов мониторинга техногенной наведенной сейсмичности для ГТС I и II класса, эксплуатируемых в горнодобывающих регионах, а также разработки методики установления критериев безопасности для ликвидируемых (консервируемых) гидротехнических сооружений, предусматривающей применение дифференцированного подхода.

Ключевые слова: Гидротехнические сооружения, преддекларационное обследование, диагностические показатели, критерии безопасности, наведенная сейсмичность, ликвидация, консервация, Кузбасс.

EXPERIENCE IN THE APPLICATION OF SPECIALIZED METHODS AND APPROACHES TO ESTABLISH CRITERIA FOR THE SAFETY OF HYDRAULIC STRUCTURES

Rozhnov V.A.

*SIBERIAN FEDERAL UNIVERSITY, Krasnoyarsk, Russia (660041, Krasnoyarsk, Svobodny Ave.,
79), e-mail: vlad.rozhnov2016@yandex.ru*

This article is dedicated to the effectiveness of the expert assessment method for assigning safety criteria for hydraulic structures (waterworks), based on the experience of its application at Kuzbass waste liquid storages located on the undermining territories. The urgent issues of the need to study in detail and take into account the results of monitoring technogenic induced seismicity for Class I and II hydraulic structures operated in mining regions, as well as the development of a methodology for establishing safety criteria for liquidated (conserved) hydraulic structures using a differentiated approach.

Keywords: Hydraulic structures, pre-declaration inspection, controlled indicators, safety criteria, induced seismicity, liquidation, conservation, Kuzbass.

Необходимость установления, уточнения (пересмотра) и соблюдения критериев безопасности для гидротехнических сооружений (ГТС), подлежащих декларированию безопасности, входит в число обязанностей собственников и эксплуатирующих организаций (владельцев ГТС) с 01.08.1998 г. на всех этапах жизненного цикла сооружений, таких как строительство, эксплуатация, капитальный ремонт, реконструкция, консервация и ликвидация. Эта обязанность установлена действующими нормативно-правовыми актами и нормативно-техническими документами по безопасности ГТС. Объективная и всесторонняя

оценка технического состояния гидротехнических сооружений и их соответствия критериям безопасности осуществляется владельцами ГТС регулярно, не реже чем через каждые пять лет эксплуатации, а также при реализации остальных обозначенных выше этапов. Наряду с данными натурных наблюдений, для выполнения анализа всей совокупности факторов, влияющих на надежность и безопасность работы гидротехнических сооружений, в обязательном порядке используются результаты регулярных и преддекларационных обследований гидротехнических сооружений, организуемых владельцами ГТС с привлечением для оценки состояния ГТС опытных специалистов и экспертов в области безопасности гидротехнических сооружений.

В ходе проведения преддекларационного обследования эксперты и специалисты выполняют детальный визуальный осмотр ГТС и прилегающих к ним участков местности, на предмет возможного наличия дефектов, повреждений, негативных процессов (признаков деформаций, фильтрации, суффозии и др.), а также соответствия условий эксплуатации ГТС проекту, действующим правилам и стандартам в области безопасности ГТС. При необходимости, выполняются контрольные промеры параметров ГТС, снимаются показания с контрольно-измерительной аппаратуры (КИА). В случаях, когда для обследования ГТС привлекаются специализированные организации, выполняется съемка "проблемных" зон сооружений, применяются оперативные методы геофизических исследований, например, георадиолокация, предусматривающая использование портативных и мобильных приборов: георадаров и бетоноскопов и, за счет этого позволяющая относительно быстро и без значительных трудозатрат выявить скрытые дефекты и повреждения сооружений и их конструктивных элементов. Затем, полученные в результате обследования данные используются для оценки соответствия гидротехнических сооружений качественным и количественным критериям безопасности, установления категории технического состояния сооружений и их отдельных конструктивных элементов. Разрабатываются детальные рекомендации по устранению выявленных при обследовании недостатков, а также уточнению состава качественных и количественных диагностических показателей состояния ГТС и их критериальных значений. Эти рекомендации включаются комиссией в состав перечня необходимых мероприятий по обеспечению безопасности ГТС, формулируемого в акте преддекларационного обследования.

При подготовке настоящей статьи выполнено исследование результатов регулярных и преддекларационных обследований гидротехнических сооружений Сибирского федерального округа (в основном Кемеровской области - Кузбасса), проведенных с участием автора в период с 2004 по 2024 год. Результаты этого исследования, а также анализ имеющихся в открытом доступе материалов (научных статей, методических разработок и др.) показывают следующее.

При обследованиях ограждающих сооружений (дамб, плотин) отстойников, накопителей отходов, запроектированных в составе вспомогательных подразделений промышленных, горнодобывающих предприятий нередко, в 10-15 % случаев, выявляется наличие внешних, в том числе техногенных воздействий на сооружения, которые не были учтены в соответствующих детерминистических (расчетных) моделях на этапе разработки проектной документации и при назначении критериев безопасности ГТС. Это также касается и гидротехнических сооружений сельскохозяйственных прудов, большая часть которых была построена во второй половине прошлого века и ныне передана в собственность

муниципальным образованиям, иногда без необходимой проектной и эксплуатационной документации.

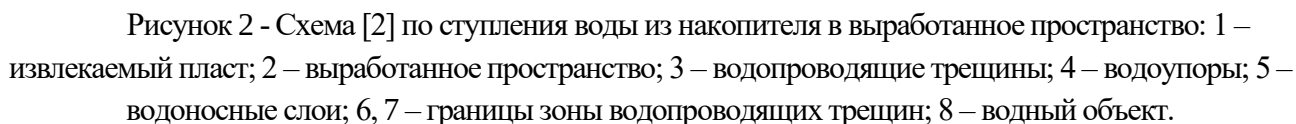
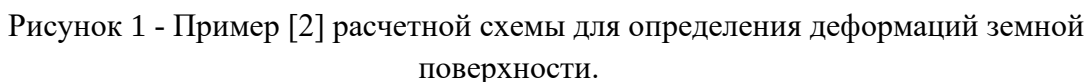
На территории Кузбасса размещено большое количество, около 150 комплексов гидротехнических сооружений, в том числе намывных гидроотвалов вскрышных пород, шламохранилищ и хвостохранилищ обогатительных фабрик, 19 из которых отнесены к гидротехническим сооружениям I и II класса (чрезвычайно высокой и высокой опасности). При этом следует учитывать, что в Кузбассе, характеризующемся повышенной природной сейсмичностью с магнитудой до 7 баллов, ведется интенсивная добыча полезных ископаемых открытым способом, сопровождающаяся активизацией сейсмических событий в регионе в результате наведенной сейсмичности от большого количества подземных промышленных взрывов. В материалах, посвященных изучению данного вопроса [3, 5] отмечается, что наличие техногенной сейсмичности на территории региона, в ряде районов преобладающей над природной сейсмичностью, подтверждено в результате наблюдений по временным сетям сейсмостанций, проводимых АСФ ФИЦ ЕГС РАН, ИНГГ СО РАН с 2005 года. При обследовании ГТС I и II класса специалистами-экспертами выдаются рекомендации по учету результатов мониторинга техногенной наведенной сейсмичности, необходимые для определения критериальных значений параметров динамической реакции этих сооружений численными методами. Однако этот вопрос в настоящее время детально не изучен и информации о практическом опыте его решения нет.

Следует отметить, что не учет, в полной мере, существующих воздействий на гидротехнические сооружения, в сочетании с отсутствием должного контроля (мониторинга) их безопасности способен привести к развитию негативных процессов в теле и основании дамб, плотин и возникновению гидродинамической аварии.

В частности, примеры таких инцидентов были зафиксированы в Кузбассе [1, 2], где многие гидротехнические сооружения, накопители жидких промышленных отходов размещены на изначально или впоследствии (в процессе эксплуатации) подработанной горными работами территории. Вопросы обеспечения безопасной эксплуатации гидротехнических сооружений, дамб и плотин, расположенных на подработанном и / или подрабатываемом основании нашли свое решение [1, 2] в этом регионе с участием специалистов-экспертов, проводивших обследования ГТС. В частности, состав критериев безопасности ГТС для таких сооружений дополнен следующими диагностическими показателями:

- вертикальные и горизонтальные деформации (Рисунок 1), наклоны земной поверхности, возникающие на площадке размещения ГТС от влияния очистных выработок подрабатывающего горнодобывающего предприятия (шахты);
- величина снижения уровня воды в пруду или отстойнике, во взаимосвязи с объемом водопритоков в горные выработки шахты, в случае образования зоны водопроводящих трещин (Рисунок 2).

Для перечисленных диагностических показателей ГТС предложены соответствующие методы определения критериальных значений, учитывающие конкретные геологические, гидрогеологические и горно-технические условия подрабатываемого участка, на котором размещены гидротехнические сооружения. Определена программа инструментального и визуального контроля, включающая наблюдения за наклонами земной поверхности, контроль



В течение анализируемого периода несколько гидротехнических сооружений накопителей I и II классов по решениям владельцев ГТС были ликвидированы [4] в связи с их заполнением до проектной отметки и нецелесообразностью дальнейшего использования.

В качестве примеров успешной реализации таких проектов в Кузбассе следует назвать гидроотвалы на реке Прямой Ускат Краснобродского угольного разреза и на реке Еланый Нарык Талдинского угольного разреза, выведенные из эксплуатации и ликвидированные в период 2013÷2018 гг., с последующим размещением на их площади отвалов вскрышных пород, а также хвостохранилище № 2 Абагурской обогатительно-агломерационной фабрики, ликвидация которого завершена в 2020 году. В настоящее время завершают свой жизненный цикл путем консервации с последующей ликвидацией и рекультивацией нарушенных земель гидроотвал для складирования флотохвостов ЦОФ "Берёзовская", хвостохранилище в долине реки Жасменка Мундыбашского городского поселения (бывшее хвостохранилище Мундыбашской обогатительно-агломерационной фабрики), а также хвостохранилище № 2 золотоизвлекательной фабрики компании "Соврудник" в Северо-Енисейском районе Красноярского края.

Во всех перечисленных случаях разбор ограждающих дамб накопителей и удаление отходов из их емкости проектной документацией не предусмотрены (это практически не осуществимо, кроме того, для хвостохранилищ не согласуется с требованиями Российского законодательства, предусматривающими рациональное обращение с отходами, обеспечивающее возможность их повторного использования). Ликвидация накопителей осуществляется за счет осушения их емкости (отстойного прудка), экранированием поверхности отходов с последующей технической и биологической рекультивацией по направлению, соответствующему категории земельного участка. Существующие сооружения по отводу поверхностного стока от емкости (поверхности) накопителей, как правило, сохраняются.

При разработке деклараций безопасности, а также в проектной документации на ликвидацию (консервацию) перечисленных выше гидротехнических сооружений по рекомендациям специалистов-экспертов, участвовавших в преддекларационных обследованиях, применен дифференцированный подход к назначению качественных и количественных диагностических показателей состояния ГТС, заключающийся в том, что состав и значения критериев безопасности для этих сооружений установлены отдельно для состояний ГТС, соответствующих трем основным этапам: подготовки сооружений к ликвидации (перевод в режим консервации с постепенным осушением отстойного прудка), выполнения работ по ликвидации ГТС с рекультивацией поверхности накопителя и, что заслуживает особого внимания - после завершения работ по ликвидации ГТС.

В частности, после завершения работ по ликвидации накопителей состав объектов дальнейшего мониторинга и критериев безопасности для них по-прежнему включает в себя количественные и качественные показатели, необходимые для обеспечения работоспособного состояния и достаточной пропускной способности руслоотводных, нагорных каналов и других водоотводных сооружений. Кроме этого, сохраняются качественные критериальные показатели устойчивого состояния грунтовых ограждающих массивов (дамб) накопителей, а также устанавливаются качественные состояния рекультивированной поверхности (бывшей емкости) накопителей, на предмет отсутствия накопления на ней объема воды, способного

создать напор на ограждающее сооружение и других негативных процессов технического и экологического характера.

Актуальность такого подхода обусловлена сложившейся практикой ликвидации накопителей и хранилищ промышленных отходов, согласно которой декларация безопасности и установленные в ней критерии безопасности, разработанные и утвержденные на этапе ликвидации, в подавляющем большинстве случаев, являются последними. После завершения и приемки работ по ликвидации гидротехнические сооружения исключаются из Российского регистра и на них перестают распространяться обязательные требования по уточнению (пересмотру) критериев безопасности. Поэтому очень важно на завершающем этапе жизненного цикла гидротехнических сооружений назначить критерии их безопасности таким образом, чтобы их соблюдение и в долгосрочной перспективе позволяло обеспечивать беспрепятственный пропуск и отвод от поверхности накопителей расчетных паводковых расходов с прилегающей водосборной площади, а также устойчивость, прочность, техническую и экологическую безопасность законсервированных (ликвидированных) ГТС.

Выводы по результатам проведенного исследования:

Применение метода экспертных оценок, основанного на реализации профессионального опыта специалистов и получившего широкое распространение ввиду разнообразия качественных и количественных критериев безопасности ГТС, для значений целого ряда которых по-прежнему отсутствуют надежные экспериментальные и нормативные обоснования, способно сыграть решающую роль в обеспечении безопасности гидротехнических сооружений. В частности, практика применения рассмотренных в настоящей статье экспертных подходов на целом ряде ГТС накопителей горнодобывающей промышленности Кузбасса уже в течение двадцати лет доказывает их эффективность путем исключения аварий и инцидентов, связанных с подработкой.

В результате исследования выявлены актуальные, требующие более детального изучения и решения вопросы:

- учета результатов мониторинга техногенной наведенной сейсмичности при определении критериев безопасности ГТС I и II классов остается актуальным не только для Кузбасса, но и для других горнодобывающих регионов России;
- разработки методики установления критериев безопасности для ликвидируемых (консервируемых) гидротехнических сооружений, предусматривающей применение дифференцированного подхода, заключающегося в разделении критериев безопасности по этапам подготовки сооружений к ликвидации (консервации), выполнения соответствующих работ и после их завершения.

Список литературы

1. Бахаева С.П. Мониторинг безопасности ГТС, расположенных на подработанной подземными выработками территории / С.П. Бахаева, С.И. Протасов, В.А. Рожнов // Безопасность труда в промышленности. 2004. № 9. С. 24-28.
2. Определение критериев безопасности накопителей жидких промышленных отходов, расположенных на подработанной территории / С.П. Бахаева, В.А. Рожнов, М.А. Кузнецов, Е.В. Кудрявцев // Безопасность труда в промышленности. 2006. № 5. С. 21-27.

3. Исаченко А.А. Оценка природно-техногенной геодинамической активности в горнодобывающих сейсмически активных районах / А.А. Исаченко, Т.В. Петрова, В.Н. Фрянов // Вестник Научного центра ВостНИИ по промышленной и экологической безопасности. 2022. № 1. С. 27-35.
4. Российский регистр гидротехнических сооружений : официальный сайт. – Москва. – URL: <http://waterinfo.ru/cgi-bin/RG/nph-s6b> (дата обращения: 20.12.2024). – Режим доступа: свободный. – Текст : электронный.
5. Техногенные сейсмические активизации в Кузбассе и Горной Шории / А. Ф. Еманов, А. А. Еманов, А. В. Фатеев [и др.] // Вестник Научного центра ВостНИИ по промышленной и экологической безопасности. 2020. № 2. – С. 5-18.

References

1. Bahaeva S.P., Protasov S.I., Rozhnov V.A. Monitoring of the safety of hydraulic structures located on undermining area // *Occupational Safety in Industry [Bezopasnost' truda v promyshlennosti]*. 2004, No. 9, pp. 24-27 [In Russ.].
 2. Bahaeva S.P., Rozhnov V.A., Kuznecov M.A., Kudrjavcev E.V. Determination of safety criteria for waste liquid storages located on undermining area // *Occupational Safety in Industry [Bezopasnost' truda v promyshlennosti]*. 2006. No. 5. pp. 21-25 [In Russ.].
 3. Isachenko A.A., Petrova T.V., Frjanov V.N. Assessment of natural and man-made geodynamic activity in mining seismically active areas // Bulletin of the VostNII Scientific Center for Industrial and Environmental Safety [Vestnik Nauchnogo tsentra VostNII po promyshlennoj i jekologicheskoj bezopasnosti]. 2022. No 1. pp. 27-35. [In Russ.].
 4. Rossijskij registr gidrotehnicheskikh sooruzhenij (Russian Register of Hydraulic Structures). Available at: <http://waterinfo.ru/cgi-bin/RG/nph-s6b> (accessed 20 December 2024).
 5. Emanov A.F., Emanov A.A., Fateev A.V., Shevkunova E.V., Podkorytova V.G., Kuprish O.V. Technogenic seismic activations in Kuzbass and Mountain Shoria // Bulletin of the VostNII Scientific Center for Industrial and Environmental Safety [Vestnik Nauchnogo tsentra VostNII po promyshlennoj i jekologicheskoj bezopasnosti]. 2020. No 2. pp. 5-18. [In Russ.].
-