ВИЗУАЛЬНОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ В СИСТЕМЕ МОНИТОРИНГА НАСЫПНЫХ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ

Д.А. Максимов, *научный сотрудник*
Горный институт КНЦ РАН
(Россия, г. Апатиты)

DOI: 10.24411/2500-1000-2019-11902

Аннотация. *В статье приводится характерный перечень работ, входящих в комплекс мониторинга гидротехнических сооружений (ГТС) хвостохранилища. Данные большинства методов мониторинга, носят дискретный характер, и привязаны к существующей системе контрольно-измерительной аппаратуры, пункты которой, как правило, расположены в створах, отстоящих друг от друга на сотни метров. Вследствие чего, данная система мониторинга может неполно или некорректно отражать процессы, происходящие в теле сооружения. Решению данной проблемы способствует включение в систему мониторинга визуальных наблюдений, что было подтверждено по результатам мониторинга ГТС хвостохранилища горнорудного предприятия Мурманской области.*

Ключевые слова: *грунтовые гидротехнические сооружения, система мониторинга, визуальные наблюдения, хвостохранилище, проседание.*

Насыпные гидротехнические сооружения (ГТС) играют важную роль в многих отраслях современной экономики. Например, от насыпных дамб хвостохранилищ горно-обогатительных предприятий зависит работа и существование всего предприятия. Кроме того аварии на подобных сооружениях приводят к огромным социальным, экономическим и экологическим последствиям. В связи с этим, к системам мониторинга состояния ответственных ГТС предъявляется особое требования.

Нормативные документы предписывают проведение ежегодных работ, направленных на сбор данных и оценку различных аспектов работы и безопасности ГТС. Состав и объем этих работ регламентируется проектом мониторинга, который разрабатывается специализированной организацией для каждого отдельного комплекса ГТС. На рисунке 1 представлен характерный перечень работ, входящих в комплекс мониторинга ГТС хвостохранилища.

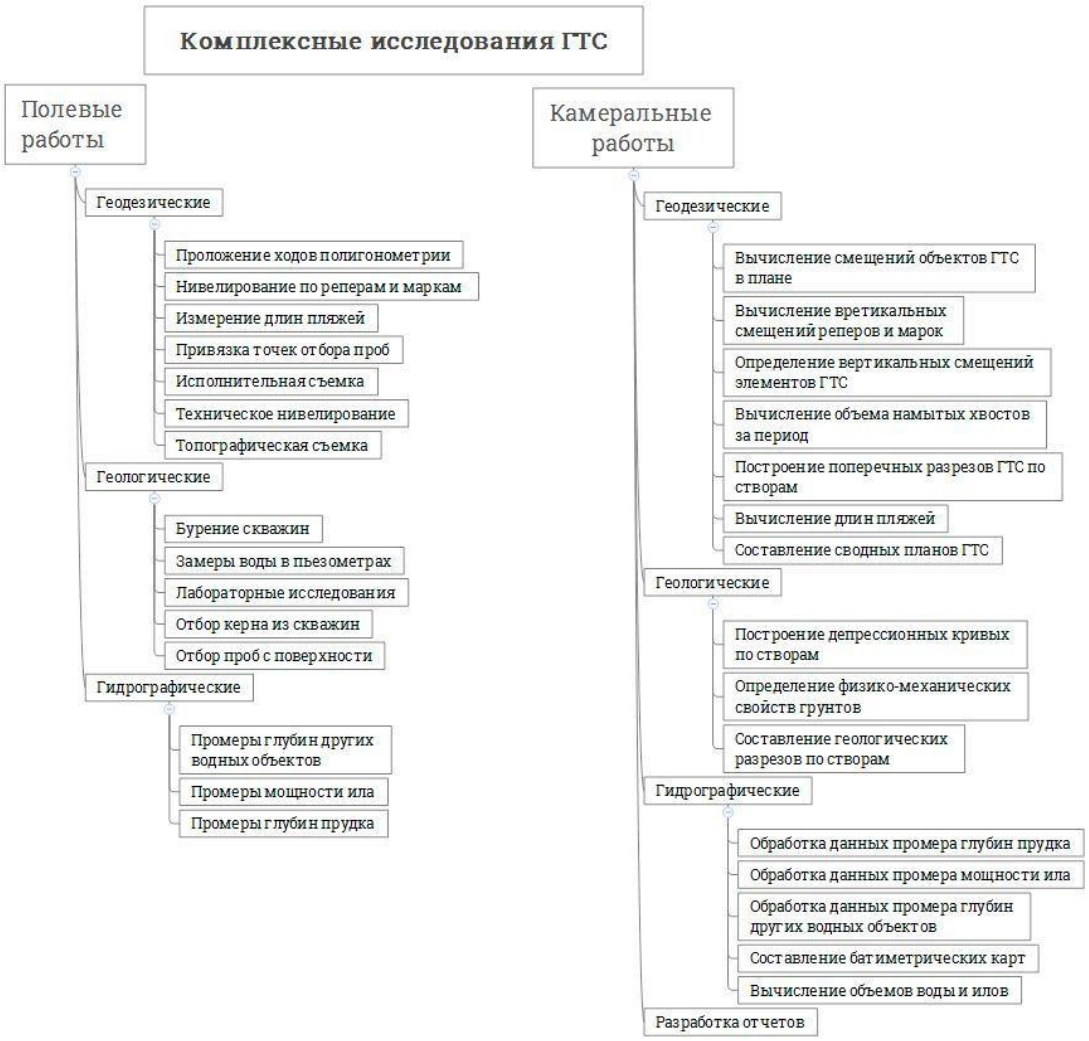

Рис. 1. Интеллект-карта комплексных исследований состояния ГТС накопителя [1]

Некоторые виды работ, представленные на рисунке 1, выполняются раз в несколько лет с определенной периодичностью, в основном, это работы, связанные с бурением скважин, отбором и исследованием проб. Часть работ выполняется ежегодно. Среди таких работ в первую очередь стоит выделить геодезические работы, направленные на наблюдение за геометрическими параметрами сооружения и контроль отклонения этих параметров выше критических значений. А так же измерения уровня воды в пьезометрах, на основании данных которых, строятся депрессионные кривые, сравнивающиеся с проектными критическими значениями.

У перечисленных методов есть свои преимущества, которые благодаря проработанной системе мониторинга эффективно используются, и свои недостатки, которые по возможности нивелируются комплексированием методов. Однако, многие представленные методы обладают одним общим недостатком – дискретностью получаемых значений. Дискретность заключается в том, что получаемые в ходе работ данные характеризуют состояние объекта в отдельных точках, которые могут отстоять друг от друга, как на расстояние нескольких метров, так и на расстояние до нескольких сотен метров. В качестве примеров можно привести замеры глубин в пьезометрах, а также нивелирование и полигонометрию по контрольным реперам и маркам. Наиболее часто геодезические пункты и пьезометры устанавливаются в створах, расстояние между которыми может достигать 500 метров. При этом расположение контрольно-измерительной аппаратуры, используемой при измерениях разными методами, в одних створах упрощает проведение работ, однако, создает

обширные «слепые зоны», данные по которым отсутствуют.

Вместе с тем, в соответствии с нормативными документами на ГТС регулярно проводятся визуальные наблюдения за состоянием сооружения и отдельных его элементов [2-5]. Данные работы зачастую производятся отдельно от других работ мониторинга силами эксплуатирующей организации, в отличие от других работ, которые в большинстве случаев выполняются подрядными организациями. Однако, визуальные наблюдения носят не дискретный характер, в отличие от работ, перечисленных выше, и могут быть эффективно, применяться в комплексе мониторинга.

Результаты исследования. Для подтверждения данной гипотезы рассмотрим комплексные изыскания, проводившиеся на насыпном ГТС крупного горнорудного предприятия Мурманской области. В данные работы входили геодезическая съемка по реперам и маркам, измерение уровня воды в пьезометрах, а так же визуальные наблюдения.

В таблице представлены результаты нивелирования III класса по контрольным реперам, установленным на дамбе.

Таблица. Высотные отметки контрольных реперов

Дата	Август 2016	Август 2017	Сентябрь 2018	Октябрь 2018	Ноябрь 2018	Июнь 2019
№№ пунктов	Н,м	Н,м	Н,м	Н,м	Н,м	Н,м
280_5	279.062	279.049	279.066	279.05	279.1	Уничтожен
280_6	280.159	280.05	280.054	280.098	280.192	

Как видно из таблицы, высотная координата измеряемых контрольных реперов в период с августа 2016 года по ноябрь 2018 колеблется в относительно узком диапазоне. Амплитуда изменений составляет 5,1 см для пункта 280_5 и 14,5 см для пункта 280_6. При этом в ноябре 2018 года наблюдались максимальные значения. Никаких катастрофических изменений по данным геодезических измерений не наблюдалось.

Однако, по данным визуального наблюдения, проводившегося в комплексе мониторинга, было выявлено проседание поверхности полки, на которой были установлены репера (рис. 2). Как видно из рисунка 2, репер 280_2 находится в зоне проседания полки. Несмотря на это, репер 280_5 показывает такую же динамику изменения высотной координаты, как и репер 280_6, которых находится на стабильном участке дамбы. Это может быть объяснено тем, что пункт 280_5, как видно из рисунка, установлен у подошвы вышележащего уступа, которая не была затронута проседанием полки на момент ноября 2018 года. Однако, уже к июню 2019 года масштабы проседания увеличились, что сопровождалось локальными провалами, и репер был уничтожен (таблица).

Август 2017

Ноябрь 2018

Рис. 2. Проседание поверхности полки в районе заложения репера 280_5

Заключение. По результатам рассмотренных работ, можно сделать вывод о том, что применяемые для мониторинга дискретные методы могут не в полной мере отражать текущее состояние ГТС. Особенно, это характерно для участков, на которых отсутствует контрольно-измерительная аппаратура. Решением данной проблемы может служить включение в программу работ визуальных наблюдений.

Библиографический список

1. *Максимов Д.А.* Экономические тенденции изысканий и мониторинга накопителей жидких горнопромышленных отходов в арктической зоне для целей декларирования их промышленной безопасности / Д.А. Максимов, А.И. Калашник // Север и рынок: формирование экономического порядка. – 2018. – № 1 (57). – С. 74-85.

2. *ГОСТ Р 55260.*1.4–2012 Гидроэлектростанции. Часть 1-4. Сооружения ГЭС гидротехнические. Общие требования по организации и проведению мониторинга.

3. *Инструкция* о порядке ведения мониторинга безопасности гидротехнических сооружений предприятий, организаций, подконтрольных органам Госгортехнадзора России (РД 03-259-98)

4. *Правила* безопасности гидротехнических сооружений накопителей жидких промышленных отходов ПБ 03-438-02

5. *Свод правил.* Гидротехнические сооружения. СП 58.13330.2012

VISUAL INSPECTION IN THE MONITORING SYSTEM OF GROUND HYDROTECHNICAL FACILITIES

D.A. Maksimov, *Researcher*
Mining Institute Kola Science Centre RAS
(Russia, Apatity)

Abstract. *The article provides a typical list of works included in the monitoring system of the tailing dump hydrotechnical facilities. The data of most monitoring methods have discrete nature and associated with existing measurement system, the points of which usually are located in dam sites that are hundreds of meters apart of each other. As a result, this monitoring system may not fully and correctly reflect the processes occurring in the facility body. This problem solution may be connected with inclusion of visual inspection in the monitoring system. This conclusion was confirmed by the results of monitoring of the tailing dump hydrotechnical facilities of a Murmansk region mining plant.*

Keywords: *ground hydrotechnical facilities, dams, monitoring system, visual inspection, tailing dump, subsidence.*