

УДК 627:539.3:528.48

ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ДЕФОРМАЦИЙ НАСЫПНОГО ГИДРОТЕХНИЧЕСКОГО СООРУЖЕНИЯ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ МНОГОЛЕТНЕГО ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА

Д.В. Запорожец¹, Д.Н. Еграшичева²

¹научный сотрудник, e-mail: zaporojec@goi.kolasc.net.ru

²инженер, e-mail: diana-shhukina@yandex.ru

^{1,2} Федеральное государственное бюджетного учреждения науки Федеральный исследовательский центр Российской академии наук Горный институт (Гои КНЦ РАН)

Аннотация. в статье рассматривается опыт обработки и интерпретации данных многолетнего геодезического мониторинга насыпного гидротехнического сооружения, выполненного для одного из горнорудных предприятий Мурманской области.

Ключевые слова: гидротехническое сооружение, геодезический мониторинг, автоматизация камеральной обработки данных, расчет деформаций, деформационная поверхность, визуализация, программные средства.

VISUALIZATION OF A BULK HYDRAULIC FACILITY DEFORMATIONS BY LONG-TERM GEODETIC MONITORING RESULTS

Dmitriy Zaporozhets¹, Diana Egrashicheva²

¹researcher, e-mail: zaporojec@goi.kolasc.net.ru

²engineer, e-mail: diana-shhukina@yandex.ru

^{1,2} Mining Institute – Subdivision of the Federal Research Centre ‘Kola Science Centre of the Russian Academy of Sciences’, Murmansk region, Apatity, Russia

Abstract. The article discusses the experience of processing and interpreting the data of a long-term geodetic monitoring of a bulk hydraulic facility. The monitoring was conducted at a mining enterprise in the Murmansk region.

Keywords: hydraulic facility, geodetic monitoring; automation of laboratory data processing; deformation calculations; deformation surface, visualization, software tools.

Введение. Проведение геодезических режимных наблюдений в составе мониторинга состояния ГТС является необходимым и информативным средством в обеспечение надежности и безопасности ГТС. Результатом обработки геодезических наблюдений являются ведомости плановых и высотных координат контрольных реперов, заложенных в теле ГТС. Сопоставительный анализ результатов наблюдений с базовым циклом мониторинга дает возможность рассчитать количественные характеристики происходящих деформаций и создать эпюры абсолютных, относительных

осадок и смещений контрольных реперов, выделить участки ГТС наиболее подверженные деформациям. Геометрические параметры насыпных дамб могут варьироваться от сотен метров до нескольких километров в длину и до десятков метров в высоту. Для комплексной оценки деформаций ГТС был применен программный продукт CREDO Расчет Деформаций, который на ряду с инструментами визуализации деформаций даёт возможность комплексной оценки состояния дамб с учетом геометрической и атрибутивной информации.

Цель. Гидротехнические сооружения в целом и их отдельные элементы испытывают различного вида деформации вследствие разных причин. Целью данной работы являлось получение новой визуальной информации о деформациях насыпного гидротехнического сооружения горного предприятия при выполнении обработки данных многолетнего геодезического мониторинга, с привлечением программного продукта CREDO Расчет Деформаций.

Материал и результаты исследований. Технология мониторинга деформаций основана на последовательном накоплении и обработке плановых координат и высотных отметок специальных осадочно-деформационных марок, закрепляемых на объекте. Для определения возможных деформаций на дамбах хвостохранилища установлены грунтовые марки в количестве 26 штук, а также семь опорных пунктов. Наблюдения по измерению деформаций были начаты с 2004 года, на данный момент выполнено 17 циклов.

Камеральная обработка геодезических наблюдений, вычисление плановых координат и высотных отметок контрольно-наблюдательных реперов, уравнивание и оценка точности производились на ПК. Данные с электронных носителей тахеометра экспортировались в ПК с созданием базы данных для последующих вычислений. Одновременно выполнялось сравнение данных электронного носителя с данными полевого журнала. По результатам обработки создавались ведомости, в которых оценивалась полученная и допустимая невязки нивелирного и тахеометрического хода, на основании чего производилась оценка класса точности выполненных измерений.

Исследуемый объект ввиду конструктивных особенностей и пространственного расположения состоит из двух насыпных дамб, на каждой из которых установлены контрольные репера и опорные пункты: 9 контрольных реперов и три опорных пункта на северной дамбе; 8 реперов на гор+121м, 9 реперов на гор+129м и 6 опорных пункта расположенных на южной дамбе хвостохранилища.

На этапах обработки для контрольных реперов выполняется анализ деформаций и осадок, для опорных пунктов – анализ устойчивости высотной сети контрольных пунктов, основанного на принципе неизменной отметки наиболее устойчивого репера сети. Расчет устойчивости опорных пунктов выполняется отдельно для плановой и для высотной опорной геодезической сети. Строятся графики и отчетные документы, содержащие информацию о текущем состоянии объекта и динамике осадочно-деформационных процессов.

Методически режимные геодезические наблюдения должны обеспечивать сравнение измеренных и расчетных (прогнозируемых) деформаций, определение деформационных характеристик, выявление причин деформаций. В качестве деформационных характеристик рассматриваются вертикальная составляющая (осадка дамбы) и горизонтальная составляющая (смещение), определение которых выполняется геодезическими методами.

Программа Расчет Деформаций предназначена для обработки результатов многократных (циклических) геодезических наблюдений за деформациями и осадками участков земной поверхности, включая визуализацию и статистический анализ деформационных процессов. После импортирования в программу результатов измерений для каждой марки создается график развития осадок во времени с возможностью прогнозирования на любую дату (рис. 1). С помощью аппроксимации данных наблюдений по методу наименьших квадратов программа позволяет установить закономерность изменения отметки одного контрольного репера или опорного пункта. Результат выводится в виде линии тренда на графике развития осадок во времени. Для построенной линии тренда над графиком развития осадок отображается значение достоверности аппроксимации R^2 .

Существует возможность выполнить прогноз развития осадок на заданную дату с оценкой точности, за пределами выполненных наблюдений. Наиболее вероятная область нахождения пункта отображается на графике штриховой линией. Отмечается также прогнозное максимальное и минимальное значение. Ширина прогнозного диапазона прямо пропорциональна времени с момента последнего цикла и величине достоверности аппроксимации.

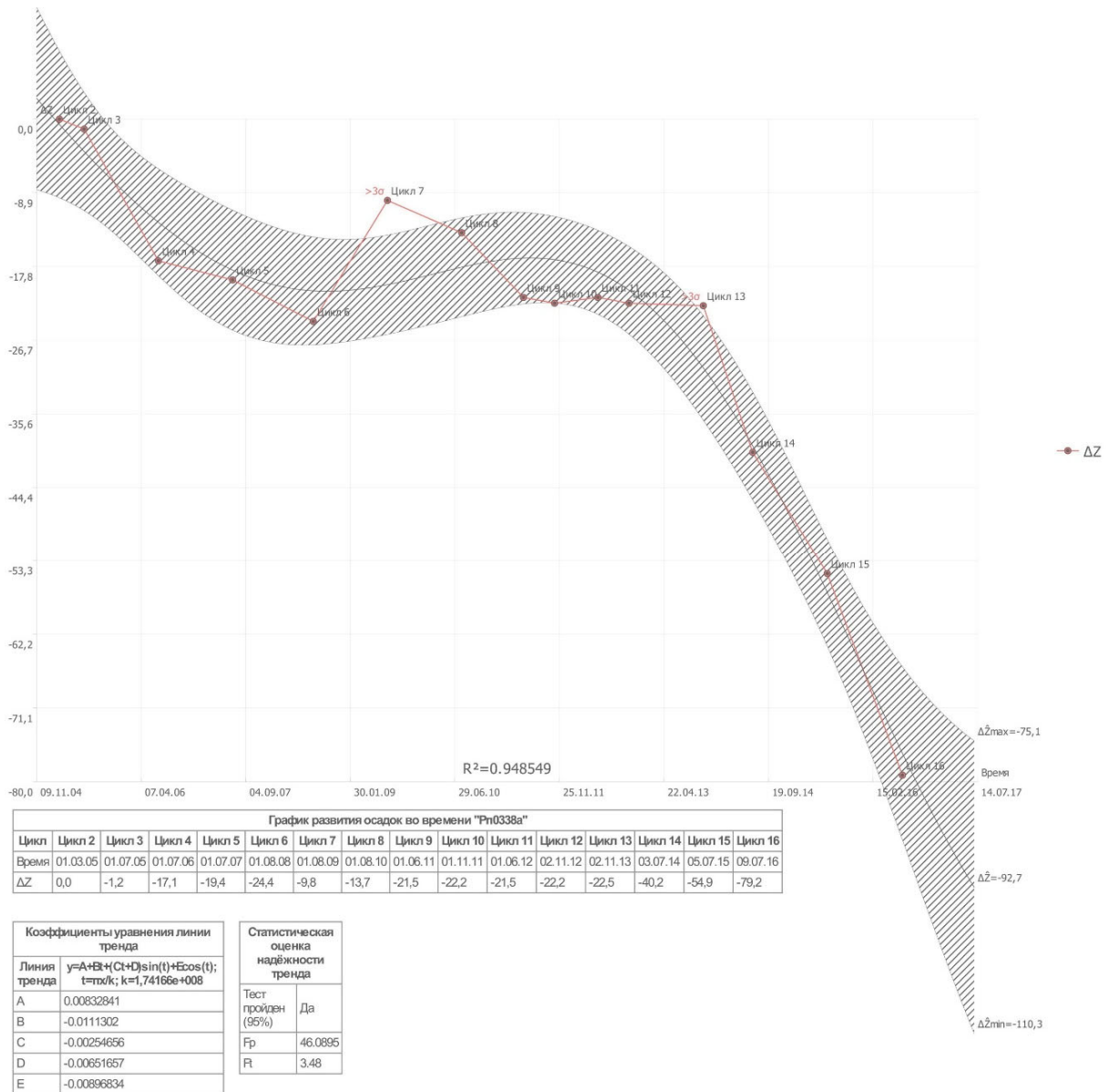


Рис. 1. – График развития осадок во времени

В основе решения задачи интерпретации данных наблюдений лежит модель деформационной поверхности, описывающей отклонение точек объекта в текущем цикле относительно начального цикла. Исходными данными для ее построения являются плановые положения марок и их текущие отклонения. На рисунке 2 представлена циклограмма смещения плановых координат во времени одного из контрольных реперов.

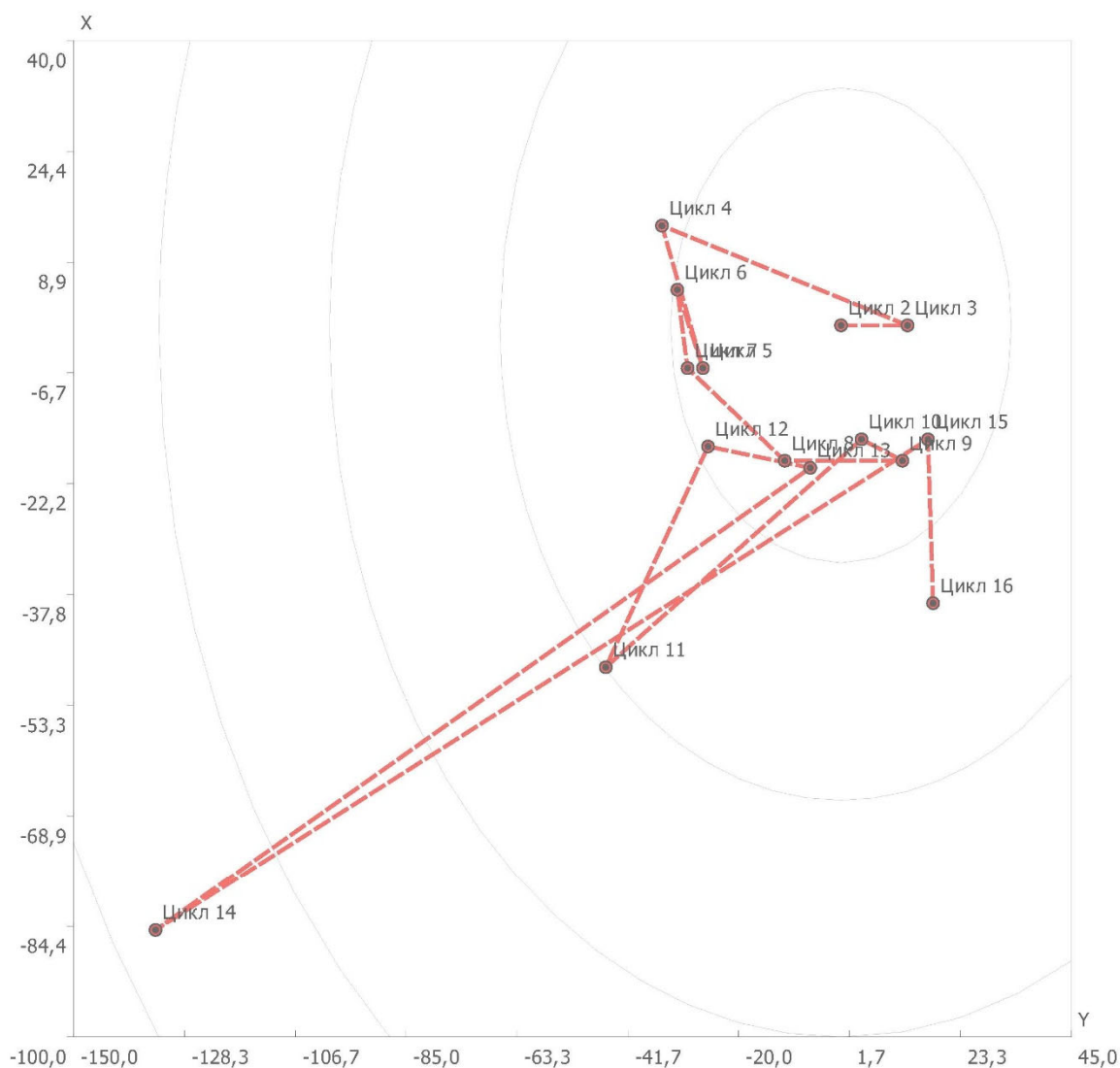


График развития деформаций во времени "Рп0338а"															
Цикл	Цикл 2	Цикл 3	Цикл 4	Цикл 5	Цикл 6	Цикл 7	Цикл 8	Цикл 9	Цикл 10	Цикл 11	Цикл 12	Цикл 13	Цикл 14	Цикл 15	Цикл 16
Y	0,0	13,0	-35,0	-27,0	-32,0	-30,0	-11,0	12,0	4,0	-46,0	-26,0	-6,0	-134,0	17,0	18,0
X	0,0	0,0	14,0	-6,0	5,0	-6,0	-19,0	-19,0	-16,0	-48,0	-17,0	-20,0	-85,0	-16,0	-39,0

Рис. 2. – Циклограмма смещения плановых координат контрольного репера во времени

Локальное изменение площади поверхности называется дилатацией. Поскольку дилатационные процессы непосредственно предшествуют осадкам или вспучиваниям почвы, они являются объектом постоянного мониторинга. В CREDO Расчет Деформаций абсолютные значения дилатации, сжатия и растяжения представлены в виде деформационной поверхности. Относительные вращения отображаются с помощью специальных подписей. На созданной поверхности осадки отображаются при помощи

изолиний и градиентной заливки, что упрощает зрительное восприятие модели (Рис. 3).

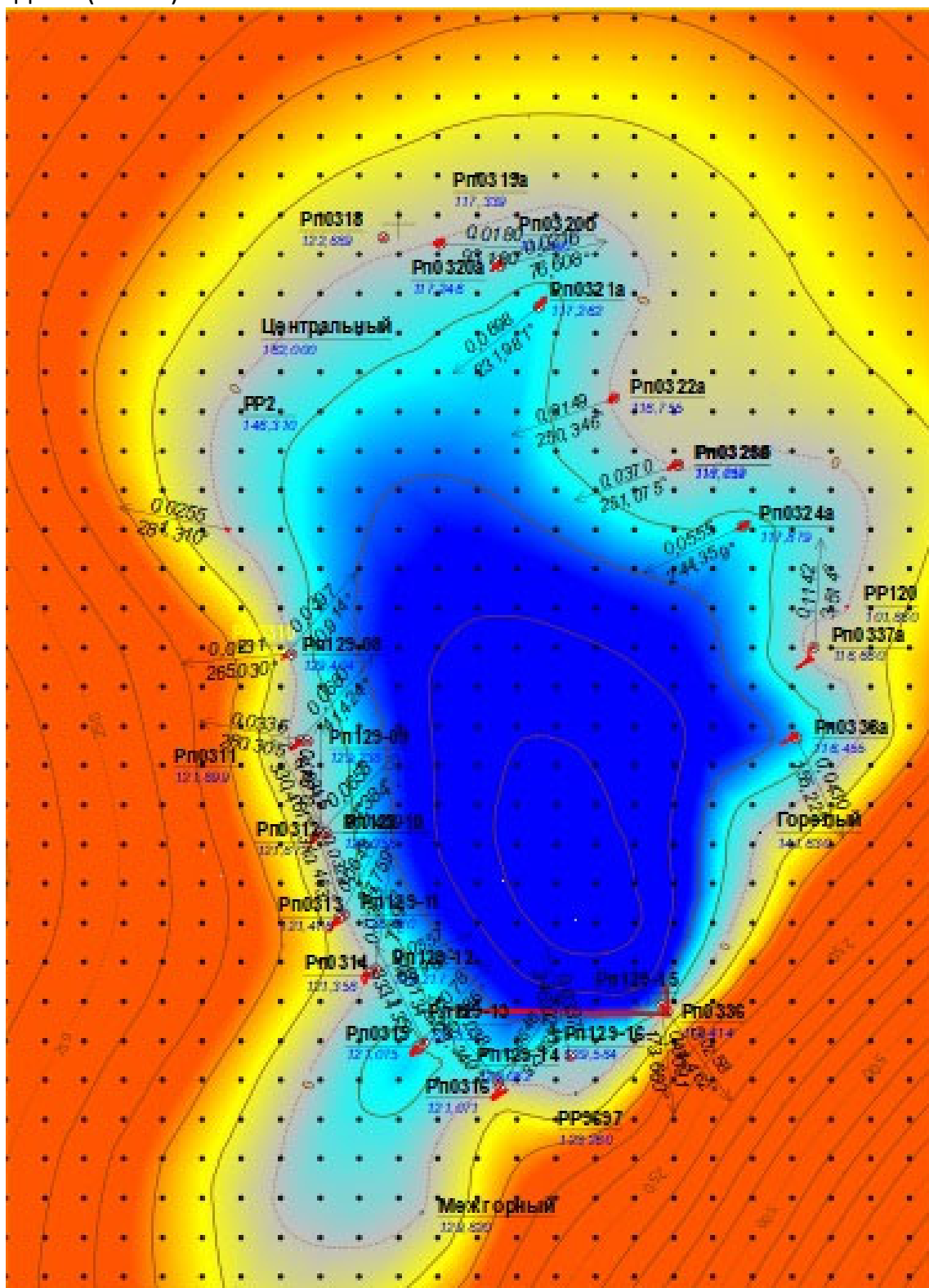


Рис. 3. – Деформационная поверхность

Для отображения деформационной поверхности в программе используется 3D модель (Рис. 4). Что позволяет представить более полную

картину пространственного состояния дамб и наглядней представить области неравномерных осадок всего хвостохранилища.

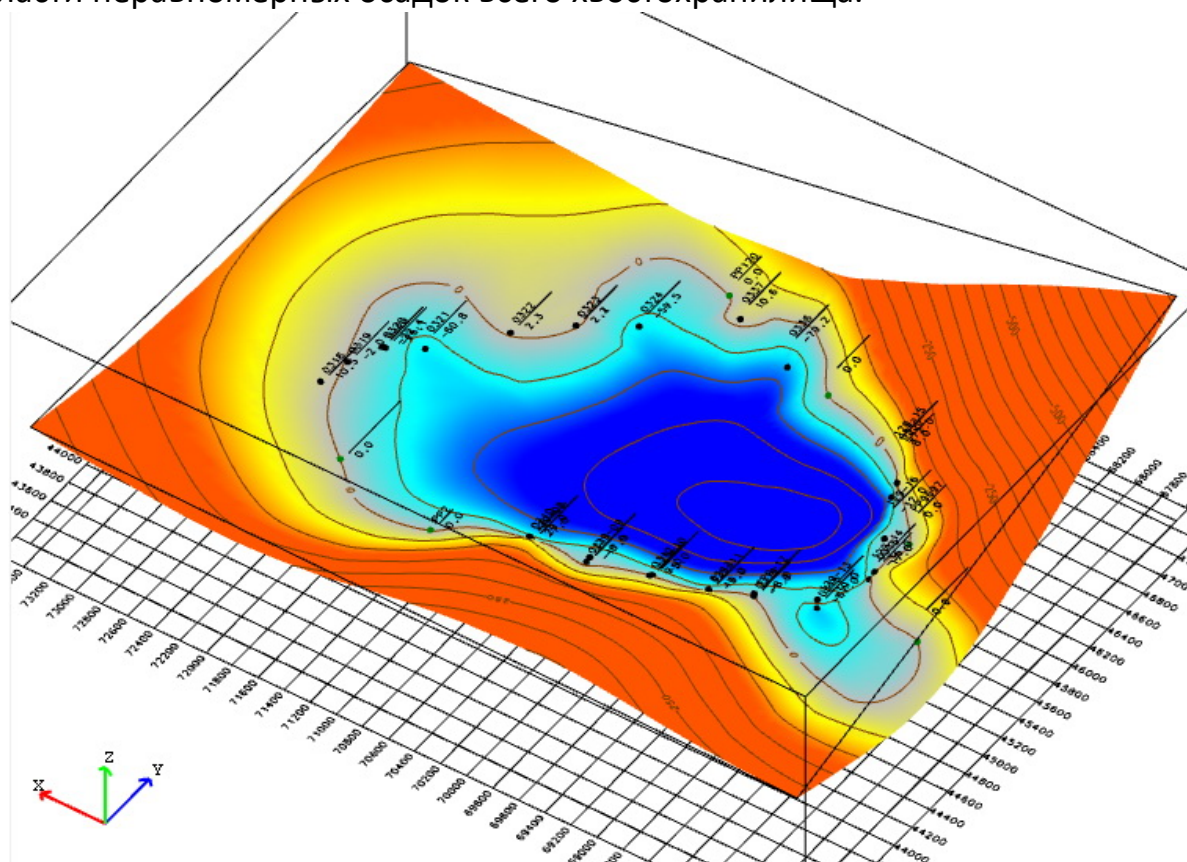


Рис. 4. – Трехмерная модель хвостохранилища

Вывод. Определение величин деформации для оценки устойчивости сооружения и принятия профилактических мер является основной целью наблюдений. Получаемая при мониторинге информация является исходной для анализа происходящих процессов деформаций в насыпных гидротехнических сооружениях. Анализ и сопоставление результатов наблюдений с критериальными значениями деформаций позволяет выполнять адекватную оценку деформационных процессов, принимать оперативные решения по корректировке технологических параметров эксплуатации ГТС.

Своевременная и оперативная обработка данных является актуальной задачей обеспечения безаварийной работы ГТС. Благодаря привлечению современных программных средств, продолжительность обработки результатов исследований сокращается, появляется возможность комплексного учета большого объема данных, в том числе по геологии, гидрологии, погоднo-климатическим условиям и текущему состоянию хвостохранилища.

ЛИТЕРАТУРА

1. Федеральный закон «О безопасности гидротехнических сооружений», № 117-ФЗ от 21.07.1997 г.
2. ПБ 03-438-02 «Правила безопасности гидротехнических сооружений накопителей жидких промышленных отходов».
3. СНиП 11-02-96. «Инженерные изыскания для строительства. Основные положения».
4. Мельников Н.Н., Калашник А.И., Калашник Н.А., Запорожец Д.В. Применение современных методов для комплексных исследований состояния гидротехнических сооружений региона Баренцева моря // Вестник МГТУ. 2017. Т. 20. № 1. С. 13-20.
5. Мельников Н.Н., Калашник А.И., Калашник Н.А., Запорожец Д.В. Комплексная многоуровневая система геомониторинга природно-технических объектов горнодобывающих комплексов // ФТПРПИ. 2018. №4. С.1-8.
6. Данилкин А.А., Калашник А.И., Запорожец Д.В., Максимов Д.А. Мониторинг состояния ограждающей дамбы в зоне отработки техногенного месторождения Ковдорского ГОКа // ГИАБ. 2014. № 7. С. 344-352.
7. Гуляев Ю. П. Прогнозирование деформации сооружений на основе результатов геодезических наблюдений: монография. – Новосибирск: СГГА, 2008. – 256 с.
8. Новоселов Б. А., Новоселов Д. Б. Геодезический контроль строительства и эксплуатации главного корпуса обогатительной фабрики «Распадская» // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2012. VIII Междунар. науч. конгр.: Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия»: сб. материалов в 3 т. (Новосибирск, 10-20 апреля 2012 г.). Новосибирск: СГГА, 2012. Т. 1. С. 66–71.
9. Рекомендации по проведению натурных наблюдений за осадками грунтовых плотин / ОАО ВНИИГ им. Б.Е.Веденеева, 2001.
10. Credo РАСЧЕТ ДЕФОРМАЦИЙ 1.0. Руководство пользователя // Компания «Кредо-Диалог», 2013. – 91 с. © Д. Б. Новоселов, Д. В. Самбурский, 2014

УДК 621.89.017

МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ РЕСУРСА ТЯЖЕЛО НАГРУЖЕННЫХ ГОРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН

Л.В. Лукиенко

доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Агроинженерии и техно-сферной безопасности» ФГБОУ ВО Тульский государственный педагогический университет им. Л.Н. Толстого, г. Тула, Россия, e-mail: lukienko_lv@mail.ru

Аннотация. В работе представлены результаты сравнительных модельных испытаний триботехнических составов. Показана перспективность их применения для восстановления изношенных деталей тяжело нагруженных горно-технологических машин.

Ключевые слова: изнашивание, триботехнические составы, горно-технологические машины, восстановление.