

ДЕФОРМАЦИОННЫЙ МОНИТОРИНГ ТЕРРИТОРИЙ РАСПОЛОЖЕНИЯ ОТВЕТСТВЕННЫХ ИНЖЕНЕРНЫХ ОБЪЕКТОВ

Рассматриваются результаты многолетних исследований оползневых процессов на территории эксплуатации гидроаккумулирующей электростанции с помощью современных технологий ГНСС. Выявлено наличие деформирования земной поверхности как в плане, так и по вертикали. Смещения одних пунктов происходит по замкнутой поступательно-возвратной траектории, не превышая нескольких миллиметров. Другой части пунктов свойственна поступательная направленность горизонтальных смещений при наличии также и возвратных смещений. Наибольшие аномалии вертикальных перемещений свойственны участкам, которые подвержены максимальному техногенному воздействию при ежедневной перекачке больших объемов воды.

Ключевые слова: ГНСС измерения; гидроаккумулирующая станция; движения; деформации; оползни.

Институт физики Земли РАН много лет проводит изучение деформационных процессов с применением прецизионных ГНСС (глобальные навигационные спутниковые системы) измерений в комплексе с традиционными геодезическими и геофизическими методами в сейсмоактивных и платформенных регионах на площадях эксплуатации и строительства крупных инженерных объектов, в том числе гидроэнергетических комплексов, АЭС. Целью комплексных исследований является выявление количественных характеристик фонового деформационного развития разномасштабных геологических структур, прогнозирование аномальных проявлений, уточнение их размеров, временная оценка устойчивости и т.д. Особое место такие исследования занимают на территории эксплуатации гидроаккумулирующих электростанций (ГАЭС). Внедрение ГАЭС в крупные энергосистемы, в том числе в связке с атомными электростанциями, повышает стабильность работы и надежность эксплуатации. Начиная с 2000 г. одним из объектов геодезических и геофизических исследований движений и деформаций приповерхностных слоев земной коры является территория Загорской гидроаккумулирующей электростанции (ЗАГАЭС) в 100 км севернее Москвы. Она приурочена к северо-западному склону Клинско-Дмитровской гряды Восточно-Европейской платформы. Рельеф представляют собой коренноморенные образования московского оледенения с превышениями 50-80 м. Кристаллический фундамент из метаморфических и интрузивных пород залегает на глубине 1500-2000 м, коренная часть геологического разреза представлена породами мезозойского мелового возраста с чередованием горизонтально залегающих песчаных и глинистых слоев, четвертичные отложения аллювиального и озерно-ледникового генезиса.

Конструкции станции расположены на наклонном участке местности с превышением верхнего бассейна над нижним около 100 м. Ежесуточное перемещение воды из нижнего бассейна в верхний

и обратно составляет 22.7 млн. м³. Диапазон колебаний водного уровня нижнего бьефа составляет 10 м. Перемещение большого количества воды не может не оказывать влияния на склоновые процессы и инженерные сооружения, расположенные на них. Наиболее уязвимым к возникающему техногенному воздействию является склон, где расположены напорные трубопроводы.

Для постоянного контроля развития деформационных процессов склонов и ответственных сооружений на территории эксплуатации станции создана специальная геодинамическая сеть. Геодезический мониторинг деформаций земной поверхности и инженерных сооружений выполняется как с помощью традиционных методов (точное геометрическое нивелирование, светодальномерные измерения), так и с применением спутниковых технологий. Объективную информацию с помощью ГНСС измерений можно получить только при наличии грамотно закрепленных пунктов наблюдений типовыми конструкциями, обеспечивающими принудительное центрирование антенн, принимающих спутниковые сигналы. Основу наблюдательной сети составляют опорные пункты, расположение которых было определено с учетом наименьшего влияния ежедневной перекачки водной массы. Рабочие пункты (количеством до 32), размещены на всей территории горного отвода, более часто на склоне между бассейнами. Расстояния между пунктами составляют 0,3-7 км — рис. 1. [Генике и др. 2003] Вид объекта исследования с космической высоты представлен на рис. 2.

ГНСС измерения на рассматриваемом объекте выполняются регулярно дважды в год сотрудниками ИФЗ РАН по договоренности с ЗАГАЭС. Используются 8-12 комплектов двухчастотных GPS/ГЛОНАСС приемников фирм Trimble и Javad, при последних циклах измерений только комплекты Javad Maxog. Регистрация спутниковых сигналов ведется с 30-секундным интервалом на опорных пунктах непрерывно в течение всего цикла наблюдений (длительностью

от 72 до 90 часов), на рабочих пунктах — по 6, 12 или 24 часа в зависимости от предъявляемых требований к точности определения.

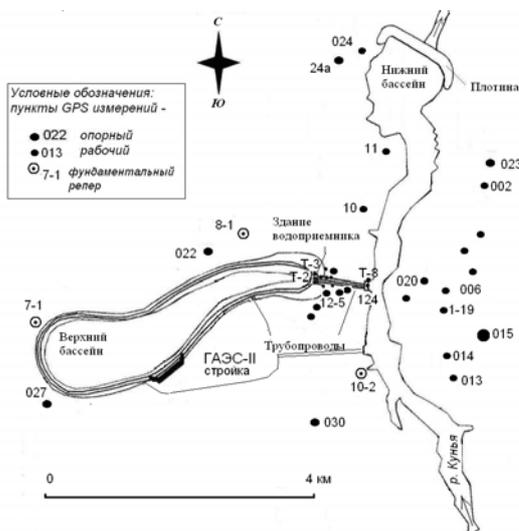


Рис. 1. Схема расположения пунктов ГНСС измерений на территории ЗАГАЭС-1



Рис. 2. Космический снимок 2009 г. территории объекта исследований [Image © 2011 GeoEye]

Обработка наблюдений проводится с использованием программного комплекса Trimble Geomatics Office Ver.1.63. Вначале для каждого цикла определяются геодезические параметры опорных пунктов, затем вычисляется положение каждого «рабочего» пункта относительно опорных. Изменение геодезических параметров во времени определяется путем сравнения их значений в текущем цикле относительно значений в начальном цикле или в любом предшествующем. В результате исследований получено, что горизонтальное смещение одних пунктов происходит по замкнутой поступательно-возвратной траектории, не превышая нескольких миллиметров. Другой части пунктов свойственна поступательная направленность горизонтальных смещений при наличии флуктуаций. Результирующий вектор смещений может достигать 10

мм и более. Между пунктами на концах трассы водопровода выявлены циклические смещения в несколько мм, обусловленные изменением нагрузок на водоприемник в течение суток.

Установлено смещение верхней части здания водоприемника в сторону нижнего бьефа, причем опускание по вертикали достигает 5 мм/год, смещение в плане составляет 1,3 мм/год, тогда общее опускание происходит на юго-восток со скоростью 5,4 мм/год. Временной ход изменения компонент перемещений пункта Т-2 представлен на рис. 3.

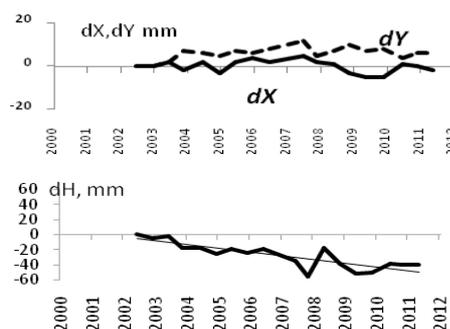


Рис. 3. Графики временного хода компонент (dX – север-юг, dY – восток-запад, dH – поднятие-опускание) пункта Т-2 за 2002-2011 гг

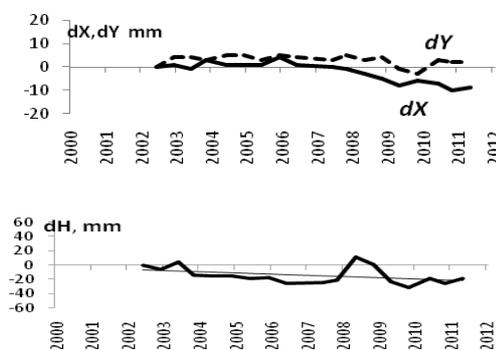


Рис. 4. Графики временного хода компонент (dX – север-юг, dY – восток-запад, dH – поднятие-опускание) пункта 12-5 за 2002-2011 гг

Обнаружены направленные и сезонные изменения в горизонтальных и вертикальных движениях пунктов, установленных на северном и южном склонах, окружающих водоводы. Временной ход изменения компонент перемещений пункта 12-5, расположенный на южном склоне, представлен на рис. 4.

С использованием данных многолетних спутниковых наблюдений создана карта относительных скоростей вертикальных движений, которая представлена на рис. 5.

Территории, подверженной режимному техногенному воздействию, свойственно опускание с

двумя максимумами: один максимум опускания — в районе водоприемника, другой (до 8.5 мм/год) наблюдается на склоне противоположного берега.

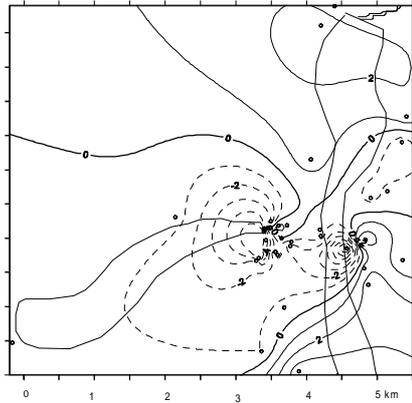


Рис. 5. Карта скоростей относительных вертикальных движений территории ЗАГАЭС-1 за период 2000-2011 гг. по данным ГНСС измерений. Изолинии проведены через 1 мм/год (штрихпунктирные линии отражают опускание, сплошные — подъем)

Подобные результаты получаются и по данным точного геометрического нивелирования сотрудников станции.

Важной составляющей исследований является наблюдение за сдвиговыми горизонтальными движениями территории проложения водоводов и вблизи их. За длительный период осреднения данных (9 лет) скорость накопления плановых

смещений не превышает 2 мм/год с ориентацией на юго-восток и юго-запад — см. рис. 6.

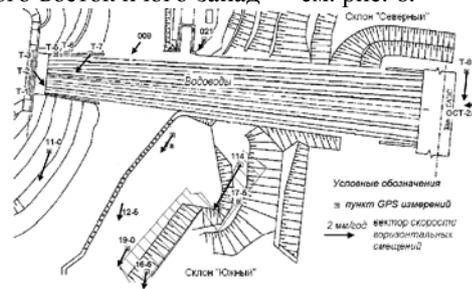


Рис. 6. Вектора скоростей горизонтальных смещений центральной части гидротехнического сооружения ЗАГАЭС

Опыт точных ГНСС измерений для оценки влияния техногенного воздействия от работы агрегатов гидроаккумулирующей станции показывает наличие достаточно значительных величин смещения приповерхностных слоев земной коры как накапливаемых во времени, так и вариационных. Несомненно перспективность продолжения мониторинга ГНСС в комплексе с другими методами для контроля деформационных процессов геологической среды на территории расположения данного ответственного инженерного объекта.

Литература

Генике А.А., Черненко В.Н. Комплексные исследования на локальных геодинамических полигонах. Геопрофи. 2003, № 2. С. 11-15.

ДЕФОРМАЦІЙНИЙ МОНИТОРИНГ ТЕРИТОРІЙ РОЗТАШУВАННЯ ВАЖЛИВИХ ІНЖЕНЕРНИХ ОБ'ЄКТІВ

Т.В. Гусева, В.П. Передерін, Н.К. Розенберг, В.Н.Черненко

Розглядаються результати багаторічних досліджень зсувних процесів на території експлуатації гідроаккумуляційної електростанції за допомогою сучасних технологій ГНСС. Виявлено наявність деформування земної поверхні як у плані, так і по вертикалі. Зміщення одних пунктів відбувається по замкнутій поступально-зворотній траєкторії, не перевищуючи декількох міліметрів. Іншій частині пунктів властива поступальна спрямованість горизонтальних зміщень при наявності також і зворотних зміщень. Найбільші аномалії вертикальних переміщень властиві ділянкам на які діє максимальний техногенний вплив при щоденному перекачуванні великих об'ємів води.

Ключові слова: ГНСС вимірювання; гідроаккумуляційна станція; рухи; деформації; зсуви.

DEFORMATION MONITORING OF LOCATION AREAS OF RESPONSIBLE ENGINEERING OBJECTS

T.V. Guseva, V.P. Perederin, N.K. Rosenberg, V.N.Chernenko

The results of long-term studies of landslide processes in the areas of operation of pumped storage power plant with the help of modern GNSS technologies are considered. The presence of deformation of the earth's surface, both in terms in plane and vertical, is revealed. Displacement of some points is a closed-return trajectory and not exceed a few millimeters. Another part of the points is characterized by the horizontal displacements with the presence of returning movements. The largest anomalies of vertical movements take place on the sites that are subject to a maximum technogenic influence by the daily pumping of large volumes of water.

Keywords: GNSS measurements; pumping stations; motion; deformation; landslides.

¹ Інститут фізики Землі ім. О.Ю.Шмідта РАН,
² Загорська гідроаккумуляційна електростанція