6	Фториды, мг/дм ³	0,19	1,5	0,1	47%	0,1	47%
7	Аммиак, мг/л	0,85	2	0,5	42 %	0,12	86 %
8	Сульфаты, мг/л	16	500	10,8	33 %	0,25	98%
9	Железо, мг/дм ³	0,86	0,3	0,12	74 %	0,1	88 %
10	Нитраты, мг/л	0,95	45	0,37	61 %	0,17	82 %

Степень эффективности очистки при использовании природных загрузочных материалов составляет:

Цеолит и активированный уголь -88%;

Кварцевый песок и активированный уголь - 92%.

На основе проведенного аналитического обзора и данных экспериментальных исследований, предусматривающих использование загрузочных материалов, расчет степени эффективности очистки выдает следующие результаты: кварцевый песок из местности Едей Намского улуса степень очистки воды составляет 92%, а Сунтарский цеолит из месторождения Хонгуруу составляет 88%. Эффект очистки цеолита меньше на 4% чем кварцевый песок. Из таблицы 1 видно, что степень очистки кварцевого песка по всем параметрам выдает наибольший эффект. Кварцевый песок и активированный уголь обладают хорошими очищающими свойствами по всем параметрам, очищенная вода стала удовлетворять требованиям СанПиН. Данную загрузку можно рекомендовать к использованию для подготовки питьевой воды. Применение цеолита и активированного угля обеспечивают наименьшую эффективность очистки. Показано, что при очистке воды наибольшая эффективность достигается только по показаниям мутности и цветности. По некоторым химическим показателям качество очищенной воды ухудшается. Экспериментальные данные доказывают неэффективную работу цеолита и активированного угля. С экономической точки зрения будет целесообразно использовать загрузочные материалы из местного сырья, так как перевозка фильтрующих загрузок из центральных областей России имеет большие транспортные расходы. Поэтому для решения этой проблемы рекомендуется строительство завода по подготовке местных загрузочных материалов для очистки воды из местного сырья.

1. Егорова Нь. М., Константинова Т.И., Природные фильтрующие материалы Якутии для систем водоочистки /Евразийское научное объединение, №9-2(67), Москва 2020 г., С 115-116.

Нетребина Ю.С., Хоменко В.С., Ульянова Т.В.

К вопросу размещения исходных реперов при геодезическом мониторинге

Воронежский государственный технический университет

(Россия, Воронеж)

doi: 10.18411/trnio-11-2021-277

Аннотация

Статья посвящена актуальным вопросам геодезического мониторинга осадок и деформаций фундаментов зданий и сооружений. В частности, рассмотрены вопросы размещения исходных реперов нивелирной сети. В статье проведен анализ устойчивости положения реперов гидротехнических сооружений, и влияние местоположения на результат нивелировки.

Ключевые слова: геодезический мониторинг, исходный репер, устойчивость репера, нивелирование, осадка фундамента сооружения.

Abstract

The article is devoted to topical issues of geodetic monitoring of sediment and deformation of the foundations of buildings and structures. In particular, the placement of the initial benchmarks

of the leveling network was considered. The article analyzes the stability of the position of the benchmarks of hydraulic structures, and the influence of the location on the leveling result.

Keywords: geodesic monitoring, initial bench mark, stability of the bench mark, leveling, settlement of the foundation of the structure.

Обеспечение безопасности действующих и строящихся объектов энергетического комплекса – основная задача атомной отрасли, которая решается выполнением долговременных мероприятий, одно из которых - проведение геодезических наблюдений за деформациями и осадками фундаментов зданий и сооружений, т.е. геодезического мониторинга.

Основная цель геодезического мониторинга объектов использования атомной энергии – сбор необходимой информации о плано-высотных смещениях наблюдаемого объекта, для проведения оценки, анализа и прогноза развития деформаций объекта.

В настоящее время принят ряд нормативных документов, касающихся проведения геодезического мониторинга атомных станций, ведения баз данных, проведение наблюдений за геодинамическими полигонами атомных станций для определения современных движений земной коры.

Введение жестких норм по безопасности, объединение разных типов объектов использования атомной энергии в единые промышленные комплексы создают сложности в определении технологических схем проведения геодезического мониторинга деформаций, в частности определения устойчивости исходных реперов.

Вопрос оценки устойчивости реперов до сих пор является актуальным, несмотря на то, что существует достаточно много подходов к выявлению устойчивых реперов и выбору исходного репера. Анализ этих методов дан исследователями В.Н. Ганьшиным, А.Ф. Стороженко [1, 2] и Ю.Е. Федосеевым [3]. Однако в практике вопрос остается открытым по различным причинам. Одной из таких причин является чрезмерное удаление объектов наблюдений от исходных реперов. При этом расстояние может быть таким, что динамика грунтов, определяющих вертикальные смещения реперов и динамика грунтов, обеспечивающих устойчивость фундаментов инженерных сооружений, различны.

Приведем пример такой нивелирной сети (рисунок 1).

Рисунок 1. Схема нивелирной сети гидротехнических сооружений

Как видно из схемы, исходный куст реперов (Рп 1 – Рп 2 – Рп 3) находится на удалении от наблюдаемых гидротехнических сооружений. Основной задачей наблюдений являлась оценка деформаций зданий и сооружений, включающих в себя три насосные станции (сооружение 1, сооружение 2, сооружение 3), один водоприемник (сооружение 4). Как показал анализ многолетних нивелировок между кустами реперов, исходный куст реперов стабилен.

Наблюдения начаты в различные сроки (1982 – 2020 годы). При этом сеть осадочных марок дозакладывалась и совершенствовалась. Поэтому анализ средних осадок фундаментов производился по величинам средних межцикловых вертикальных смещений. Расчеты при построении графика средней осадки по межцикловым вертикальным смещениям достаточно просты и сводятся к определению средневзвешенной осадки между двумя соседними циклами измерений и последующему интегральному суммированию.

$$\Delta H_{cp.}(t) = \Delta H_{cp.}(t-1) + \frac{\sum \Delta H_{i,t,t-1} P_i}{\sum P_i}$$

где $\Delta H_{cp.}$ – среднее межцикловое вертикальное смещение i -ой марки между циклами t и $t-1$, мм; P – приведенный вес осадочной марки, определяемый как:

$$P_i = \frac{\sqrt{(X_i - X_{г.ц.})^2 + (Y_i - Y_{г.ц.})^2}}{\sum_n \sqrt{(X_n - X_{г.ц.})^2 + (Y_n - Y_{г.ц.})^2}}$$

где X_i и Y_i – координаты осадочных марок, м; $X_{г.ц.}$ и $Y_{г.ц.}$ – координаты геометрического центра сооружения, м.

На рисунке 2 даны графики средних суммарных осадок по сооружениям.

Рисунок 2. Графики средних суммарных осадок сооружений

Анализируя показанные осадки можно отметить:

- на фоне долговременных трендов вертикальные смещения имеют флуктуационный характер, предположительно связанный с заполнением водохранилища;
- графики средних суммарных осадок этих сооружений коррелированы.

Для оценки степени коррелированности ниже дана корреляционная матрица средних осадок.

Таблица 1

Корреляционная матрица средних вертикальных смещений

Наименование	сооружение 1	сооружение 2	сооружение 3	сооружение 4
сооружение 1	1,00	0,67	0,78	0,64
сооружение 2	0,67	1,00	0,78	0,51
сооружение 3	0,78	0,78	1,00	0,53
сооружение 4	0,64	0,51	0,53	1,00

Анализ осадок сооружений показал, что причинами их могут быть как погрешности привязочного хода, влияющие на все сооружения одновременно, так и влияние изменения гидрологического режима водохранилища, также влияющие одновременно на все сооружения. Следовательно, для оценки средних осадок сооружений необходимо выделить общую компоненту – влияние режима заполнения водохранилища, затем удалить соответствующую компоненту, выделить остатки, и по остаткам оценить скорость осадки (подъема) анализируемых сооружений.

Однако такой, на первый взгляд очевидный подход, имеет свои недостатки, так как в процессе выделения флуктуационной компоненты, вертикальные смещения, связанные с предполагаемым линейным изменением вертикальных смещений (осадкой или подъемом) будут затухиваны.

Поэтому, на первом этапе величины вертикальных смещений были приведены к единому году, отцентрированы и затем были выделены линейные компоненты вертикальных смещений в виде линейных уравнений приведенных ниже:

$$\begin{cases} H(t) = 0,1908t + 0,4849 \\ H(t) = 0,0823t - 1,0741 \\ H(t) = 0,1472t + 2,0189 \\ H(t) = 0,1240t - 1,2044 \end{cases}$$

где t – время, годы.

По величинам средних вертикальных смещений и значениям линейного тренда по циклам измерений были определены остатки. На рисунке ниже даны графики вертикальных смещений после удаления линейного тренда.

Рисунок 3. Графики вертикальных смещений после удаления линейных тренда из средних вертикальных смещений по сооружениям

Как видно из рисунка, полученные кривые существенно коррелированы, о чем свидетельствует корреляционная матрица.

Таблица 2

Корреляционная матрица остатков после удаления линейного тренда из величин средних вертикальных смещений

Наименование	сооружение 1	сооружение 2	сооружение 3	сооружение 4
сооружение 1	1,00	0,67	0,70	0,55
сооружение 2	0,67	1,00	0,87	0,80
сооружение 3	0,70	0,87	1,00	0,73
сооружение 4	0,55	0,80	0,73	1,00

Подобный эффект может существовать только в случае, если на все сооружения действует один и тот же фактор. Применительно к определению осадок инженерных сооружений и учитывая специфику нивелирования, такой эффект может быть только в том случае, если исходные реперы находятся вне зоны влияния загрузки и разгрузки водохранилища. Следовательно, показанная на рисунке кривая средних смещений не что иное, как график вертикальных смещений сооружений за счет влияния загрузки и разгрузки водохранилища.

Поэтому, на втором этапе, исключая из остатков среднее значение, соответствующее вертикальным смещениям за счет влияния водохранилища, были получены величины, обусловленные погрешностями нивелирования.

Рисунок 3. Графики остатков вертикальных смещений, обусловленных погрешностями нивелирования

Как видно из рисунка, полученные остатки вертикальных смещений не превышают теоретической погрешности нивелирования второго разряда [2, 3], равной 2,1 мм при общей длине хода в 34 штатива.

На основании проведенного исследования был сделан следующий вывод. В процессе проектирования мест размещения опорных реперов реперы следует располагать в зоне с геологическими и гидрогеологическими свойствами соответствующими свойствам зоны места расположения объектов наблюдения. В противном случае искомые средние

вертикальные смещения будут отягощены различиями геолого-гидрологического строения территории.

1. Ганьшин В.Н. Измерение вертикальных смещений сооружений и анализ устойчивости реперов.- М.: Недра, 1981. - 215с.
2. Карлсон А.А. Измерение деформаций гидротехнических сооружений. – М.: Недра, 1984.
3. Руководство по натурным наблюдениям за деформациями гидротехнических сооружений и их оснований геодезическими методами. П-648. Гидропроект. – М.: Энергия, 1980.
4. Стороженко А.Ф. Исследование устойчивости реперов локальной высотной основы. // Геодезическое обеспечение строительства: Сб. статей.- М.: ВАГО при АН СССР, 1987.- 91с.
5. Федосеев. Ю. А. Разработка и исследование методов анализа результатов наблюдений за деформациями прецизионных сооружений: автореф. канд. дисс.- М.: МИИГАиК, 1977. -30с.