

Мубораков Х.¹, Рузиев А.С.², Абдуллаев И.У.³**ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ МАТЕРИАЛОВ ДЗЗ ДЛЯ РАСЧЕТОВ
ПРОЕКТНЫХ ПАРАМЕТРОВ И МОНИТОРИНГА РЕЖИМА
ВОДОХРАНИЛИЩ**

Аннотация. Выполнен анализ расчета проектных параметров водохранилищ с использованием топографических карт. Отмечено, что выполнение расчетов по измерениям на топографических картах занимает много времени и не обеспечивает достаточную точность расчетных параметров, в первую очередь, из-за ошибок изображения рельефа горизонталями крутых бортов чащи водохранилища. Рассмотрено возможность использования для этих целей ЦМР получаемых по спутниковым снимкам SRTM-2000 Elevation, что обеспечит автоматизировать проектных расчетных параметров водохранилищ и тем самым повысить точность и надежность результатов. Также рассмотрена возможность ведения мониторинга режима водохранилищ в эксплуатационный период с использованием снимков Landsat-8.

Ключевые слова: чаща водохранилища, площади водного зеркала, объем воды, горизонт мертвого объема, цифровая модель рельефа, SRTM-2000, Landsat-8.

Abstract: The analysis of the calculation of design parameters of reservoirs using topographic maps was performed. It was noted that performing calculations on measurements on topographic maps takes a lot of time and does not provide sufficient accuracy of the calculated parameters, primarily due to errors in the relief image contoured by the steep sides of the reservoir. The possibility of using for these purposes the DEM obtained from SRTM-2000 Elevation satellite images, which will automate the design estimated parameters of reservoirs and thereby increase the accuracy and reliability of the results, is considered. It is also considered the possibility of monitoring reservoirs regime in the maintenance period using Landsat-8 imagery.

Keywords: water reservoir, water surface area, water volume, horizon of dead volume, digital elevation model, SRTM-2000, Landsat-8.

Важнейшей задачей при проектировании и строительстве водохранилищ считается определение потребностей в воде и удовлетворение их с помощью регулирования стока реки. Для этих целей выполняют водохозяйственные расчеты для чего основными исходными данными служат размеры площадей и объемов призм при различных уровнях. Важным элементом проектных расчетов является определение полезного объема водохранилища и сопоставление графика притока с графиком потребления. Данная задача решается ведением учета потерь из водохранилища и определении количества воды в водохранилище в любой момент времени, т.е. в соответствии с графиком работы водохранилища. Исходными данными для составления такого графика служат данные, полученные по топографической карте, на которой, обводя планиметром горизонтали в пределах чащи водохранилища, определяют сначала площади затоплений, а затем и объемы призм воды на разных уровнях.

Объем воды, содержащейся в слое, заключенном между двумя смежными горизонталями на топографической карте, можно определить по формуле

$$dv = \frac{P_1 + P_2 + \sqrt{P_1 * P_2}}{3} h, \quad (1)$$

где, P_1 и P_2 – площади затопления, ограниченные смежными горизонталями;
 h – высота сечения рельефа горизонталями.

¹ Мубораков Хамид – доц., к.т.н., кафедра Геодезии и Геоинформатики НУУз

² Рузиев Азизжон Савриддинович – ст. преподаватель кафедры Геодезии и Геоинформатики НУУз, azizjon.ruziev_84@gmail.com

³ Абдуллаев Илхомжон Уктамович – ст. преподаватель кафедры Геодезии и Геоинформатики НУУз

При использовании формулы (1) допускается, что боковая поверхность, ограничивается двумя смежными горизонталями по высоте образуя тело, близкое к усеченному конусу с площадями оснований: P_1 – нижняя и P_2 – верхняя.

Точность подсчета объема воды также зависит от масштаба карты и принятой высоты сечения рельефа. Чем крупнее масштаб карты и меньше высота сечения рельефа тем точнее определяется объем воды водохранилища, подсчитываемый по формуле

$$V = \sum_1^n dv, \quad (2)$$

где n – количество слоев (промежутков между смежными горизонталями).

Для составления графика регулирования водохранилищ отметки уровней воды графически интерполируют до 0,1 м. При значительной расхождении площадей нижнего и верхнего оснований призмы такой способ расчета не дает точных результатов. Эта задача решается более строго методом численного интегрирования, если известна функциональная зависимость площадей затоплений и объемов призм от высоты нормального подпорного уровня (НПУ) воды водохранилища, выраженная уравнением $P = f(h)$. Расчленив общий объем водохранилища на призмы dv с бесконечно малой высотой Δh можно записать

$$dv = P\Delta h, \quad (3)$$

здесь

$$P = f(h), \quad (4)$$

Расчетная емкость водохранилища V определяется интегралом

$$V = \int_0^{h_n} f(h)\Delta h, \quad (5)$$

где h_n – высота слоя воды (призмы) при расчетном нормальном подпорном уровне.

Однако вид функции $P = f(h)$ нам заранее неизвестен, её можно решить путем нахождения такой эмпирической формулы, которая с необходимой точностью обеспечила бы зависимость площади затопления от высоты НПУ (h_n) водохранилища.

В формуле (5) нижний предел интеграла 0 выражает самый низкий уровень воды, ниже которого водохранилище не срабатывается и называется горизонтом мертвого объема (ГМО). Выше рассмотренные расчеты основываются на использовании топографических карт масштабов 1:10 000; 1:25 000 с сечением рельефа горизонталями через 2,0 м на равнинных и 10,0 м на горной местности. Согласно инструкции по топографическим съемкам точность изображения рельефа на картах составляет $\frac{1}{4}$ части высоты сечения, что для выше приведенных значений 2,0 м и 10,0 м сечений составляет соответственно 0,5 м и 2,5 м.

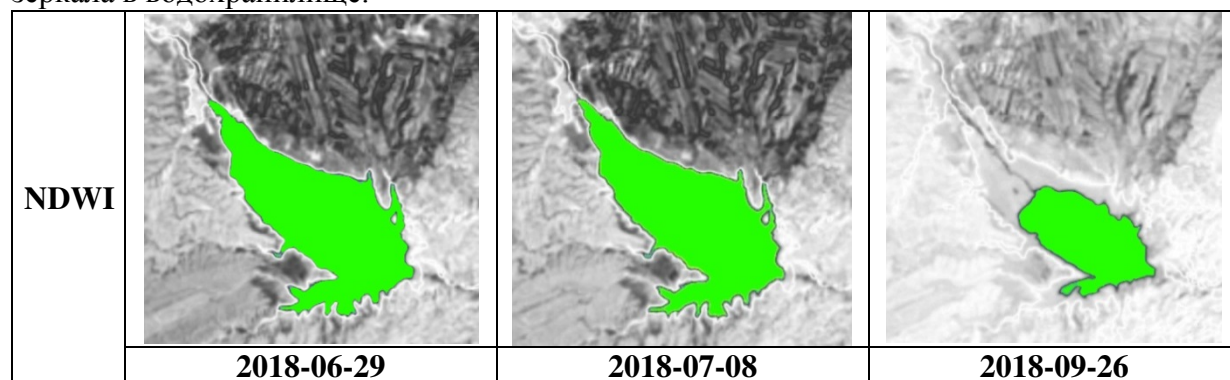
Таким образом, расчеты по топографическим картам требуют не только много затраты труда времени, но и не даёт достаточной точности расчетов.

Выше рассмотренные расчеты проектных параметров водохранилища в настоящее время можно выполнить с достаточно высокой точностью и надежностью используя цифровую модель рельефа (ЦМР) чаши будущего водохранилища продукт SRTM-2000 Elevation с средней относительной точностью определения высоты над уровнем моря около 1 метра и 3D модель рельефа местности SRTM-2000 Elevation. На основе ЦМР чаши водохранилища можно установить взаимосвязь между абсолютной высотой водного зеркала, его площадью и объемом водохранилища. Величина площади зеркала воды на любом горизонте, в частности, на горизонте мертвого объема (ГМО), нормальном подпорном уровне (НПУ) и уровне катастрофического паводка (УКП), однозначно определяет его абсолютную высоту и объем воды в водохранилище. А площадь зеркала воды на любом заданном уровне водохранилища автоматически подсчитывается компьютером.

Цифровая модель рельефа чаши водохранилища является основой для перехода от регистрируемой на спутнике площади водного зеркала к оценочному объему запаса воды в водохранилище. На основе соответствующих расчетов можно составить кривую зависимости между площадью зеркала воды и объемом воды в водохранилище.

Вычисляемые автоматически площади оснований водной призмы P_1 и P_2 в формуле (1) по ЦМР при заданной высоте призм позволяет определить её объем задаваясь минимальным шагом интегрирования (Δh) и из формулы (5) на всю высоту будущей плотины водохранилища можно получить расчетный объем воды водохранилища. Это позволит значительно минимизировать картометрические работы и повысить точность проектных параметров водохранилища.

Для мониторинга режима работы водохранилища, особенно в период поливного сезона, можно использовать снимки Landsat по которым можно определить величины площади водного зеркала с определенной регулярностью. При этом формируется архив данных, включающий спутниковые данные площади водного зеркала и расчетные величины объема воды, высоту водного зеркала и скорость изменения объема воды в водохранилище. по котором можно определить площадь и скорость изменения водного зеркала в водохранилище.



Анализ снимков Landsat-8 –Касансайского водохранилища на реке Касансай

Наиболее характерными гидротехническими объектами, состоянии которых зависит от полноводности года и может надежно диагностироваться спутниковой съемкой является искусственные водохранилища на горных реках снежно-ледового питания. Естественная сезонность в объемах стока таких рек, когда зимний сток значительно меньше летного, сочетается с гидрологическим режимом работы самого водохранилища. Это приводит к существенным сезонным изменениям объемов, а следовательно площади зеркала воды, что видно на приведенном ниже рисунке Касансайского водохранилища.

По данным натурных наблюдений на гидропостах Касансайского водохранилища выполненные 26.06.2018г. и 4.09.2018г. объем воды в водохранилище составил соответственно 60 млн. м³ и 27,2 млн. м³, что в целом согласуется показаниями спутниковых снимков на приведенном выше рисунке.

Использованная литература:

1. Готов Г.Ф. Геодезические работы при проектировании и строительстве гидротехнических сооружений. - М.: Недра, 1972.—109 с.
2. Терехов А.Г., Пак И.Т., Долгих С.А. Данные LANDSAT 5,7,8 и ЦМР в задаче мониторинга гидрологического режима Капшагайского водохранилища на реке Текес (китайская часть бассейна реки Иле)// Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2015. Т. 12. № 6. С. 174–182
3. Европейское космическое агентство // <https://earth.esa.int/web/sentinel/>
4. Геологическая служба США // <https://earthexplorer.usgs.gov/>