

УДК 628.32

BATHYMETRIC RESEARCH IN DETERMINATION SUSTAINABILITY OF DAMS OF THE "SORBULAK" WASTEWATER STORAGE

**O.A. Kalugin, Sh.G. Kurmangaliyeva, O.V. Suldina,
R.R. Iskanderov, Zh.T. Tleuova**

"Institute of Hydrogeology and Geocology named after U.M. Akhmedsafin", LLC

Key words: wastewater storage, bathymetric study, stability of dams

Abstract. The article presents results of complex survey of low-pressure dams of the "Sorbulak" wastewater storage, includes bathymetric survey of lakescape to determine the degree of dead volume siltation and background prediction of changes of its bathygraphic characteristics.

According to the results of the bathymetric survey of the Sorbulak storage there was received bathymetric plan 1:5000 M and installed the depth distribution of the main bathymetric characteristics: area S (H) and volume V (H).

Comparison of survey results of Sorbulak storage in 2012 and project data showed some discrepancies.

Thus, the maximum depth of the project consists of 25.0 m and the actual measured - 30.6 m. On the map M 1:5000 Sorbulak wastewater storage in the central part is equal to minimum mark bottom m.B.S. 592.1 and appropriate rated depth consists 620.5 m.B.S., that is the difference marks bottom - 28.4 m (620.5-592.1 m.B.S.).

Also the magnitude of dead volume storage increased from 680 million m³ to 705.5 million m³, that is on 25.5 million m³ or 3.8%. Similar changes regarding an increase of volumes occurred in upper part of the storage. Thus, the total volume increased from 900 to 941.6 million m³, that is on 41.6 million m³ or 4.6%, with a corresponding increase in useful volume from 220.0 to 236.1 million m³. In absolute expression useful volume increased by 16.1 million m³, or 7.3%.

According to project data storage volume is equal to 996.6 million m³ and with the bathymetric survey data it was 1040.98 million m³. In absolute terms, increase of total volume amounted to 44.48 million m³ or 4.5%.

Conducting bathymetric survey has shown the effectiveness of using this type of engineering and hydrological studies to clarify bathygraphic characteristics of storage.

УДК 628.32

БАТИМЕТРИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ПРОЦЕССЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ ПЛОТИН НАКОПИТЕЛЯ СТОЧНЫХ ВОД «СОРБУЛАК»

**О.А. Калугин, Ш.Г. Курмангалиева, О.В. Сульдина,
Р.Р. Искандеров, Ж.Т. Тлеуова**

ТОО «Институт гидрогеологии и геоэкологии им. У.М. Ахмедсафина

Ключевые слова: накопители сточных вод, батиметрические исследования, устойчивость плотин

Аннотация. Приведены результаты комплексного обследования низконапорных плотин накопителя сточных вод «Сорбулак», включающего батиметрическую съемку акватории озера для определения степени заливания мертвого объема и фонового прогноза изменения его батиграфических характеристик.

Накопитель сточных вод Сорбулак относится к числу наиболее ответственных и сложных с экологической, экономической и социальной точек зрения водохозяйственных объектов.

Корректная оценка регулирующей емкости накопителя и прогноз изменения его полезного объема – одна из главных задач, решение которой обеспечивает надежную и эффективную эксплуатацию не только водохранилища и водоснабжения ирригационных систем, но и работы всех систем очистки сточных вод г.Алматы.

С начала ввода в эксплуатацию накопителя Сорбулак инженерно-гидрологические изыскания по решению проблем, связанных с изменением емкостных характеристик, не проводились. В 2012 г. начаты комплексные исследования низконапорных плотин накопителя, включающие батиметрическую съемку акватории озера для определения степени заиливания мертвого объема и фонового прогноза изменения его батиграфических характеристик. Батиметрическая съемка выполнена в масштабе М1:5000 в соответствии с пп.2307-2.3.15 «СНИП 1.02.07-87» [1].

Обычно батиметрическая съемка проводится по закрепленным на местности створам и сводится к промерам с помощью эхолота или наметкой (размеченный трос с грузом), а также нивелировкой осушенной части водохранилища после частичной или полной его сработки.

В ходе исследований для измерения глубин использовался портативный промерный эхолот, типа «ПЭЛ-50» (Россия), предназначенный для промерных (до 50 м) работ с необорудованных плавсредств (катеров, шлюпок и др.). Эхолот был установлен на 6-ти местном моторном катере «Silverado-H40» с лодочным подвесным мотором «Tohatsu» типа «30A4EP», мощностью 30 л.с. Точность измерения глубин с помощью гидроакустической системы эхолота не более ± 1 см на глубинах до 10 м и 0,1 % на глубинах свыше 10 м.

По результатам съемки, согласно существующей методике [2], выполнено построение планов и осуществлен расчет кривых зависимостей объемов водоема и площадей водного зеркала от уровня.

На достоверность натуральных измерений глубин влияют такие факторы как: волновые нагоны, отображение акустического сигнала, излучаемого эхолот-датчиком и ограничения измерительных приборов.

Для решения этих вопросов использовались поправочные коэффициенты Международной гидрографической организации (МГО), широко используемые в международной и мировой практике при батиметрических съемках.

Фактическая глубина накопителя Сорбулак определялась с учетом погрешностей, пределы которых, согласно рекомендациям рассчитывались по формуле:

$$\pm \leq \sqrt{a^2 + \left(\frac{b}{d}\right)^2} \quad (1)$$

где: а – погрешность, независимая от глубины;

б – фактор погрешности, который зависит от глубины;

д – глубина.

Использование современного гидрографического комплекса в комплекте с применением GPS-системы для определения планового положения промерных точек позволило исключить некоторые виды геодезических работ, предусмотренных традиционной методикой.

Батиметрическая съемка акватории накопителя проводилась с применением локальной сети по одному геодезическому пункту, имеющему координаты и отметку. На базовой станции был установлен контрольный приемник и получены координаты этого пункта в системе WGS-84. Второй приемник использовался в качестве мобильной станции для определения координат других базовых точек и развития локальной сети для данного объекта в целом. По акватории накопителя в результате рекогносцировки были определены 3 базовые точки.

Мобильный приемник был установлен на плавательном средстве, с помощью которого проводились замеры глубин, т.е. автоматически получали значения координат (X, Y) для каждого замера глубины (Z).

На рисунке 1 показана схема установки эхолот-датчика и GPS-системы. Для определения фактической глубины добавлялась поправка (draft), т.е. расстояние эхолот-датчика отводной поверхности к измеренной эхолотом глубине [3].

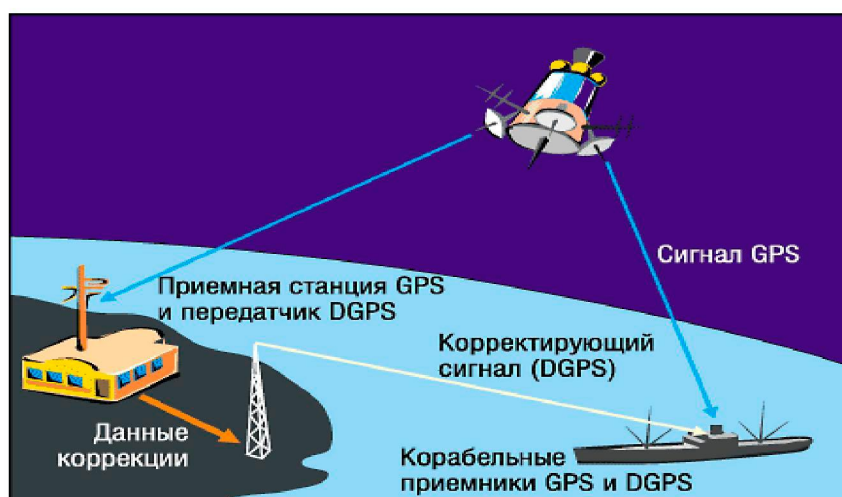


Рисунок 1 – Схема установки эхолот-датчика и GPS-системы

В процессе организации и проведения батиметрической съемки было достигнуто полное замыкание объекта по периметру (урезу воды) с помощью GPS-приемника. Это определялось тем, что незамыкание системы, как правило, приводит к значительным ошибкам в расчете объемов водохранилищ.

После замыкания периметра данного водного объекта рассчитывались объем и площадь водоема с помощью программы «Credo». Объемы рассчитывались с использованием широко применяемого в зарубежной практике (Финляндия, Австрия, Германия и др.) геостатистического метода анализа [4]. Определение объема накопителя проводилось по схеме (рисунок 2).

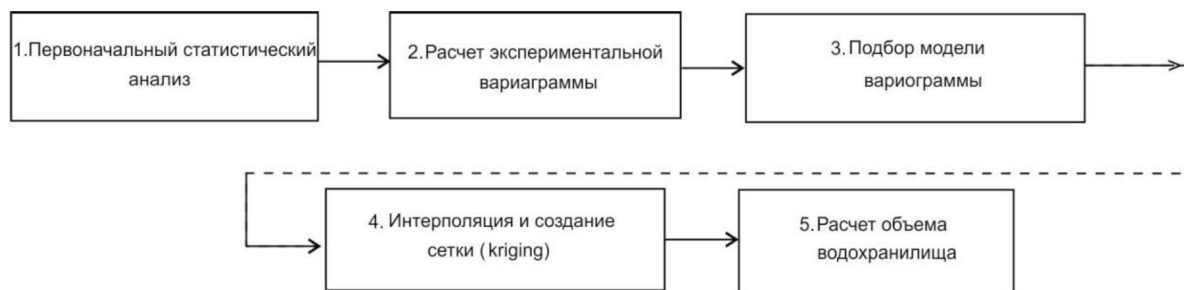


Рисунок 2 – Схема определения объема накопителя Сорбулак с использованием геостатистического метода

Для выявления трендов и выбросов значений глубин натуральных измерений проведена первоначальная статическая обработка.

Для пространственного анализа данных проведено вариограммное моделирование. Для расчета экспериментальной вариограммы и подбора математической модели к ней, с помощью графического анализа исследовалась анизотропия (изменение физических характеристик среды в зависимости от направления их измерения) в различных направлениях. Анизотропия в численном значении – это соотношение между наибольшей и наименьшей дисперсией в данных. В результате экспериментальных исследований найдены параметры вариограммы, которые использованы в интерполяции при создании батиметрической модели чаши водохранилища.

Для прогноза значений глубин, где они отсутствуют, использован метод обратного взвешенного расстояния и выбран научно-обоснованный размер ячейки сетки батиметрической модели чаши водохранилища.

На последнем этапе рассчитаны объемы водохранилища и спрогнозированы потери полезных емкостей.

С помощью вариограммного моделирования изучена корреляция между пространственными величинами. Вариограмма показывает зависимость между дисперсией атрибута данных в определенных местоположениях и расстояниях между этими атрибутами данных. При этом анализе использованы только величины соседних точек.

Экспериментальная вариограмма рассчитана по формуле (2)

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N h_{x_j - x_i}^2} \sum [z(x_j) - z(x_i)]^2 \quad (2)$$

где: $\gamma(h)$ – двухмерный график, описывающий дисперсию ожидаемых разностей значений между парами выборок глубин на расстоянии h (м²);

h – расстояние между двумя дискретными точками измерения (м);

N – количество пар измерений глубин;

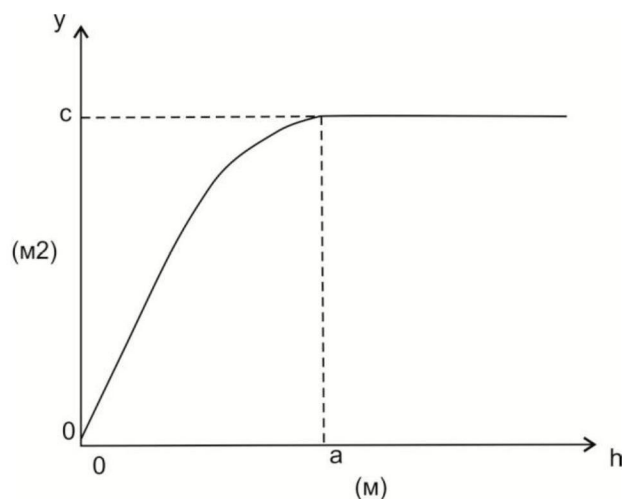
Z – глубина;

$i-j$ – индекс соответствующих величин двух измерений на расстоянии h ;

x – точки атрибутивных данных.

Модель вариограммы выбирается из общеизвестных математических функций (линейная, логарифмическая, показательная, квадратичная и др.), заложенных в программу «Credo», описывающих пространственные взаимосвязи данных. Соответствующая модель вариограммы подбирается графическим анализом к форме кривой экспериментальной вариограммы и определяются параметры вариограммы (c , a и дирекционный угол), которые будут использованы в интерполяции.

По результатам батиметрических исследований моделью вариограммы выбрана сферическая модель (рисунок 3). Это объясняется траекторией замера глубин по поперечникам, которые расположены перпендикулярно к берегам и расстояние между выборками измерений глубин двух соседних поперечников больше, чем расстояние между двумя соседними выборками измерений вдоль каждого поперечника.



a – диапазон влияния выборки измерений, c – значение дисперсии γ

Рисунок 3 – Сферическая модель вариограммы

Сферическая модель вариограммы рассчитана по формуле (3)

$$\gamma(h) = c \left(\frac{3h}{2a} - \frac{h^3}{2a^3} \right), h \leq a \quad (3)$$

$$\gamma(h) = c, \quad h \geq a$$

где: $\gamma(h)$ – дисперсия ожидаемых разностей значений между парами выборок глубин на

расстоянии h (м²);

h – расстояние между двумя дискретными точками измерения (м);

a – диапазон влияния выборки (м);

C – значение дисперсии γ , где функция выравняется (м²).

После вариограммного моделирования проведена интерполяция для создания сетки с помощью сглаживающего интерполятора Kriging. Сглаживающие интерполяторы равномерно распределяют факторы веса между точками и, соответственно, производят более ровные поверхности. Эти интерполяторы были применены в тех случаях, когда в исходных данных предполагались погрешности и измерения глубин распределялись неравномерно в местах мелководий.

Основная особенность моделирования поверхности чаши водохранилища программой «CREDO» состоит в том, что измеряемая поверхность батиметрической модели чаши разбивается на сетку с задаваемыми размерами сторон на основе экспериментальных результатов вариограммного моделирования. Затем проводится анализ соответствия между заданными точками в горизонтальной плоскости и вершинами ячеек сетки модели. В результате анализа получены значения глубин по оси Z для тех ячеек, в которых эти значения отсутствовали.

По результатам проведенной батиметрической съемки накопителя Сорбулак был получен батиметрический план М1:5000, а также рассчитаны данные распределения по глубине основных батиметрических характеристик площади $S(H)$ и объема $V(H)$ (рисунок 4).

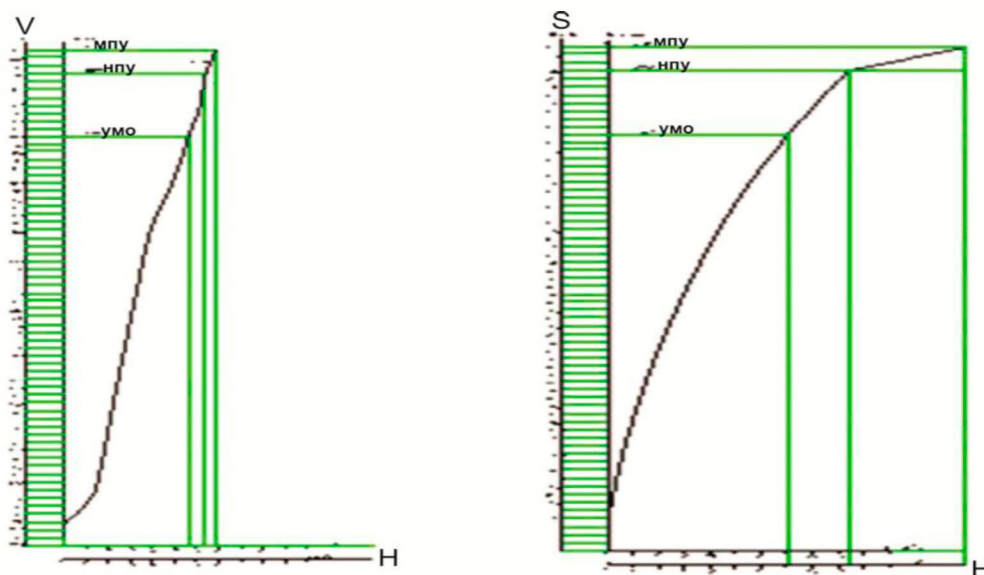


Рисунок 4 – Батиграфические кривые зависимости: а – объема накопителя от высоты- $V(H)$; б – площади накопителя от высоты- $S(H)$ при урезе воды Н 619,39 Б.С.

Сравнение результатов съемки накопителя Сорбулак (28.11.2012 г.) и проектных данных Института «Казгипроводхоз» показало некоторые расхождения.

Так, максимальная глубина по проекту (при НПУ) составляет 25.0 м, а фактически измеренная - 30.6 м. На карте М 1:5000 накопителя сточных вод Сорбулак в центральной части минимальная отметка дна равна 592.1 м.Б.С., а соответствующая ее расчетная глубина составит 620.5 м.Б.С., т.е. разница отметки НПУ и дна - 28,4 м (620.5-592.1 м.Б.С.).

Увеличилась также величина мертвого объема накопителя с 680 млн.м³ до 705.5 млн.м³, т.е. на 25.5 млн.м³ или на 3.8 %. Аналогичные изменения в части увеличения объемов произошли в верхней части накопителя. Так, общий объем (при НПУ) увеличился с 900 до 941.6 млн.м³, т.е. на 41.6 млн.м³ или на 4.6 %, при соответствующем увеличении полезного объема с 220.0 до 236.1 млн.м³. В абсолютном выражении полезный объем увеличился на 16.1 млн.м³ или на 7.3 %.

По проектным данным объем накопителя при НПУ равен 996.6 млн.м³, а с учетом данных батиметрической съемки составил 1040,98 млн.м³. В абсолютном выражении увеличение суммарного объема составило 44.48 млн.м³ или на 4.5 %.

Проведение батиметрической съемки показали эффективность использования этого вида инженерно-гидрологических исследований для уточнения батиграфических характеристик накопителя.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] 1 Строительные нормы и правила. Инженерные изыскания для строительства СНиП 1.02.07-87/Государственный строительный Комитет СССР. Главное управление геодезии и картографии при Совете Министров СССР. М., 1987
- [2] 2 Арцев А.И. Инженерно-геологические и гидрогеологические исследования для водоснабжения и водоотведения. М., Недра, 1979. 285 с.
- [3] 3 http://amige.ru/?page_id=404
- [4] 4 Геостатистический анализ данных в экологии и природопользовании (с применением пакета R): Учебное пособие / А.А. Савельев, С.С. Мухарамова, А.Г. Пилогин, Н.А. Чижикова. – Казань: Казанский университет 2012- 120 с.

REFERENCES

- [1] 1 Building norms and rules. Engineering surveys for construction SNIP 1.02.07-87 / State Construction Committee USSR. Main Department of of Geodesy and cartography by the Soviet of Ministers USSR. M., 1987
- [2] 2 Artsev A.I. Engineering and geological and hydrogeological studies for water supply and in water removal. Moscow, Nedra, 1979. 285 p.
- [3] 3 http://amige.ru/?page_id=404
- [4] 4 Geostatistical analysis in ecology and nature use (in applying the package R):
- [5] 5 Textbook / A.A. Savelyev, S.S. Muharamova, A.G. Pilyugin, N.A. Chizhikova. - Kazan: KSU 2012 - 120 p.

«СОРБҰЛАҚ» АҒЫНДЫ СУЛАРЫНЫҢ СУ ЖИНАУШЫ ТОҒАНДАРЫНЫҢ ТҰРАҚТЫЛЫҒЫН
АНЫҚТАУ ҮДЕРІСІНДЕГІ БАТИМЕТРИКАЛЫҚ ЗЕРТТЕУЛЕР
О.А.КАЛУГИН, Ш.Г. КУРМАНГАЛИЕВА, О.В.СУЛЬДИНА,
Р.Р.ИСКАНДЕРОВ, Ж.Т.ТЛЕУОВА
«У.М. Ахмедсафин атындағы гидрогеология және геоэкология институты» ЖШС

Тірек сөздер: ағынды сулардың тоғаны, батиметрлік зерттеулер, тоғанның тұрақтылығы

Аннотация. Өлі көлемнің лайлану деңгейін анықтау үшін көл акваториясының батиметрикалық түсірімі мен беткі болжамның батиграфикалық сипаттамасының өзгеруін қоса, «Сорбұлақ» ағынды суларының төмен қысымды су жинаушы тоғандарының кешенді бақылаудың нәтижесі мақалада көрсетілген.

Батиметрикалық түсірімді жүргізудің нәтижесінде Сорбұлақ су жинаушы тоғанында М 1:5000 батиметрикалық планы алынды, негізгі батиметрикалық сипаттамалары S(H) ауданы мен V(H) көлемінің тереңдігі бойынша бөлінуі анықталды. 2012 ж.

Сорбұлақ су жинаушы тоғанының түсірімдері және жоба мәліметі салыстыру нәтижесі кейбір айырмашылықтарды көрсетті.

Сонымен қатар су жинаушы тоғанының өлі көлемі 680 млн.м³-тан 705.5 млн.м³-қа дейін мөлшері артты, яғни 25.5 млн.м³-қа немесе 3.8 %. Су жинаушы тоғанның жоғарғы бөлігінде көлем артуда ұқсас өзгерістер туындады. Сонымен, жалпы көлем 900-ден 941.6 млн.м³-қа дейін, яғни 41.6 млн.м³ немесе 4.6 %,-ке артты, пайдалы көлемнің артуына сәйкес 220.0-ден 236.1 млн.м³-қа дейін құрайды. Абсолютті түрде пайдалы көлем 16,1 млн.м³ немесе 7.3 % артты.

Су жинаушы тоғанның батиграфикалық сипаттамаларын анықтау үшін батиметрикалық түсірімді іске асыру гидрогеологиялық-инженерлі зерттеудің бұл түрі қолдану тиімділігін көрсетті.