

Научная статья

Original article

УДК 627.8; 556.5; 528.9:004

doi: 10.55186/2413046X_2023_8_12_603

**ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЯ МОРФОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ
ВОДОХРАНИЛИЩ МЕЛИОРАТИВНОГО НАЗНАЧЕНИЯ С
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ИНЖЕНЕРНОЙ
ГИДРОГРАФИИ**

**ASSESSMENT OF CHANGES IN MORPHOMETRIC PARAMETERS OF
RESERVOIRS FOR RECLAMATION PURPOSE USING MODERN
TECHNOLOGIES OF ENGINEERING HYDROGRAPHY**



Туктаров Ренат Бариевич, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник отдела оросительных систем и гидротехнических сооружений, заместитель директора по науке, ФГБНУ «Волжский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации» (413123 Россия, Саратовская обл., Энгельский р-н, р.п. Приволжский, ул. Гагарина, д. 1), тел. 8(8453) 75-44-20, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6063-3801>, tuktarov.rb@gmail.com

Акпасов Антон Павлович, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, исполняющий обязанности заведующего отделом оросительных систем и гидротехнических сооружений, ФГБНУ «Волжский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации» (413123 Россия, Саратовская обл., Энгельский р-н, р.п. Приволжский, ул. Гагарина, д. 1), тел. 8(8453) 75-44-20, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3252-7849>, 1a9@mail.ru

Морозов Максим Игоревич, младший научный сотрудник отдела оросительных систем и гидротехнических сооружений, ФГБНУ «Волжский научно-

исследовательский институт гидротехники и мелиорации» (413123 Россия, Саратовская обл., Энгельсский р-н, р.п. Приволжский, ул. Гагарина, д. 1), тел. 8(8453) 75-44-20, ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-1347-4314>, jamster777@mail.ru

Tuktarov Renat B., candidate of agricultural sciences, leading researcher of department of irrigation systems and hydraulic structures, deputy director of science, Federal State Budgetary Scientific Institution «Volga Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation» (Gagarina st., 1, w. s. Privolzhsky, Engels district, Saratov region 413123 Russia), tel. 8(8453) 75-44-20, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6063-3801>, tuktarov.rb@gmail.com

Akpasov Anton P., candidate of technical sciences, senior researcher, acting head of department of irrigation systems and hydraulic structures, Federal State Budgetary Scientific Institution «Volga Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation» (Gagarina st., 1, w. s. Privolzhsky, Engels district, Saratov region 413123 Russia), tel. 8(8453) 75-44-20, <https://orcid.org/0000-0002-3252-7849>, 1a9@mail.ru

Morozov Maxim I., junior researcher of department of irrigation systems and hydraulic structures, deputy director of science, Federal State Budgetary Scientific Institution «Volga Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation» (Gagarina st., 1, w. s. Privolzhsky, Engels district, Saratov region 413123 Russia), tel. 8(8453) 75-44-20, ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-1347-4314>, jamster777@mail.ru

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы необходимости изучения природных и техногенных условий функционирования водохранилищ мелиоративного назначения, в том числе в части оценки изменения их морфометрических характеристик. Описан авторский опыт уточнения эксплуатационных параметров водных объектов с использованием современных технологий и оборудования на примере водохранилища на овраге Мечетка, расположенном в Энгельсском районе Саратовской области. Представлены результаты сравнения проектных и уточненных значений морфометрических параметров изучаемого водохранилища. Сделан вывод о существенных

расхождений между проектными и расчетными данными. Уточненная площадь зеркала при НПУ оказалась значительно меньше проектной (на 37,1 %), а уточненный полный объем – меньше проектного на 39,0 %. Обосновано предположение о причинах такого несоответствия, являющегося с одной стороны результатом развития процессов переформирования берегов, нанесения и заиления, с другой – ошибок, допущенных при проектировании водохранилища. Описанный в статье опыт проведения оценки изменения и уточнения морфометрических показателей водохранилища на овраге Мечетка может быть экстраполирован на другие водные объекты мелиоративного назначения.

Abstract. The article discusses the need to study the natural and man-made conditions of the functioning of reservoirs for reclamation purposes, including in terms of assessing changes in their morphometric characteristics. The author's experience of clarifying the operational parameters of water bodies using modern technologies and equipment is described using the example of a reservoir on the Mechetka ravine, located in the Engels district of the Saratov region. The results of a comparison of the design and refined values of the morphometric parameters of the studied reservoir are presented. It is concluded that there are significant discrepancies between the design and calculated data. The adjusted mirror area at NPU turned out to be significantly less than the design one (by 37.1%), and the adjusted total volume was 39.0% less than the design one. An assumption is substantiated about the reasons for this discrepancy, which is, on the one hand, the result of the development of processes of bank reformation, deposition and siltation, and, on the other hand, errors made in the design of the reservoir. The experience described in the article in assessing changes and clarifying the morphometric indicators of the reservoir on the Mechetka ravine can be extrapolated to other water bodies for reclamation purposes.

Ключевые слова: мелиорация, водохранилище, водосбор, морфометрические параметры, гидрографические работы, батиметрическая съемка, гидрографический комплекс, дистанционное зондирование, ГИС-технологии, цифровая модель рельефа

Keywords: reclamation, reservoir, watershed, morphometric parameters, hydrographic work, bathymetric survey, hydrographic complex, remote sensing, GIS technologies, digital elevation model

Введение

Значительная часть водохранилищ мелиоративного назначения в Российской Федерации построена преимущественно в 60-80 годы прошлого столетия, и их эксплуатация происходит с использованием проектных параметров, которые за многолетний период службы водоемов потеряли свою достоверность.

Как отмечают многие исследователи [1, 2, 3 и др.] с течением времени для водохранилищ характерны изменения их морфометрических характеристик, включая трансформацию контуров водоемов, изменения площади, полной и полезной ёмкости, поверхности дна и других параметров, вследствие возникновения и развития процессов заиления, занесения и берегопереформирования. В большей степени данные процессы затрагивают малые водохранилища и пруды, которые обладают высокой наносоудерживающей способностью, задерживая до 94 % продуктов водной эрозии, поступающих с водосбора [4].

В этой связи актуальной является задача проведения оценки изменения морфометрических параметров водохранилищ, используемых для целей орошения и сельскохозяйственного водоснабжения, так как результаты этой оценки необходимы для планирования, обоснования и осуществления водохозяйственных и гидромелиоративных мероприятий при реализации действующих отраслевых программ мелиоративного комплекса страны.

Выполнение данной задачи становится особенно важным на водных объектах, построенных хозяйственным способом, не имеющих технической документации и корректных эксплуатационных параметров. На таких водохранилищах успешная реализация проектов по гидромелиорации земель невозможна без знания точной информации о полезном объеме воды для нужд орошения, привязке к водохранилищу оптимальной по размеру орошаемой

площади и других параметрах, обеспечивающих рациональный режим эксплуатации водного объекта и соблюдение требований охраны природной среды.

Целью исследований является изучение природных и техногенных условий акватории водохранилища на овраге Мечетка с использованием современных средств и технологий инженерной гидрографии.

Основные задачи, решаемые в ходе проведения исследований:

- проведение топографической съемки береговой полосы водохранилища для уточнения береговой линии;
- выполнение батиметрической съемки водного объекта в масштабе 1:500 для картирования рельефа дна водохранилища;
- изучение морфометрических характеристик водного объекта и его водосбора;
- уточнение проектных параметров водохранилища для планирования водохозяйственных и гидромелиоративных мероприятий.

Материалы и методы исследований

В качестве исходных материалов для проведения оценки изменения морфометрических характеристик изучаемого водохранилища послужили:

- данные декларации безопасности ГТС водохранилища на овраге Мечетка, содержащей материалы проектной документации [5];
- материалы радарной съемки земной поверхности SRTM и цифровые космические снимки высокого разрешения с общедоступных интернет-ресурсов (сервисы Earthexplorer; nakarte.me);
- данные батиметрической и геодезической съемок, проведенных на полевом этапе.

Современная инженерная гидрография при выполнении изысканий на водных объектах предполагает использование высокоэффективных технологий и оборудования, обеспечивающих получение результатов с надлежащим уровнем качества, в том числе: спутниковые методы позиционирования; цифровую

аэрофотосъемку и воздушное лазерное сканирование с использованием беспилотных авиационных систем; съемку рельефа дна водохранилищ с применением беспилотных гидрографических комплексов, оснащенных многолучевыми эхолотами и гидролокаторами бокового обзора, а также геоинформационные технологии и методы цифрового моделирования рельефа.

Исследования выполнялись в три этапа: подготовительный, полевой и камеральный этапы. Особенности проведения подготовительного и полевого этапов комплекса гидрографических работ отражены в работе [6].

Съемка рельефа дна обследуемого водохранилища на открытой части акватории проводилась в автоматическом и полуавтоматическом режимах с использованием беспилотного роботизированного гидрографического комплекса MOL'T Boat Dutysh на базе однолучевого эхолота и GNSS приемника (рисунок 1).



Рисунок 1 – Беспилотный роботизированный гидрографический комплекс при выполнении промеров глубин на водохранилище на овраге Мечетка, октябрь 2023 г.

Труднодоступные участки акватории, заросшие камышом и кустарником, обследовались вручную с плавсредства при помощи однолучевого эхолота с

встроенным GNSS приемником.

Батиметрическая подробная съемка проведена путем промера глубин в М 1:500 по проектному маршруту с межгалсовым расстоянием 10 м и расстоянием между точками на галсах – 0,3 м (рисунок 2) согласно действующим нормативам [7, 8]. Точность определения планово-высотных координат (GNSS PPK) составила 1-5 см в плане и 3-8 см по высоте. Погрешность определения глубины эхолотом не превысила 0,5 % от измеряемой глубины.

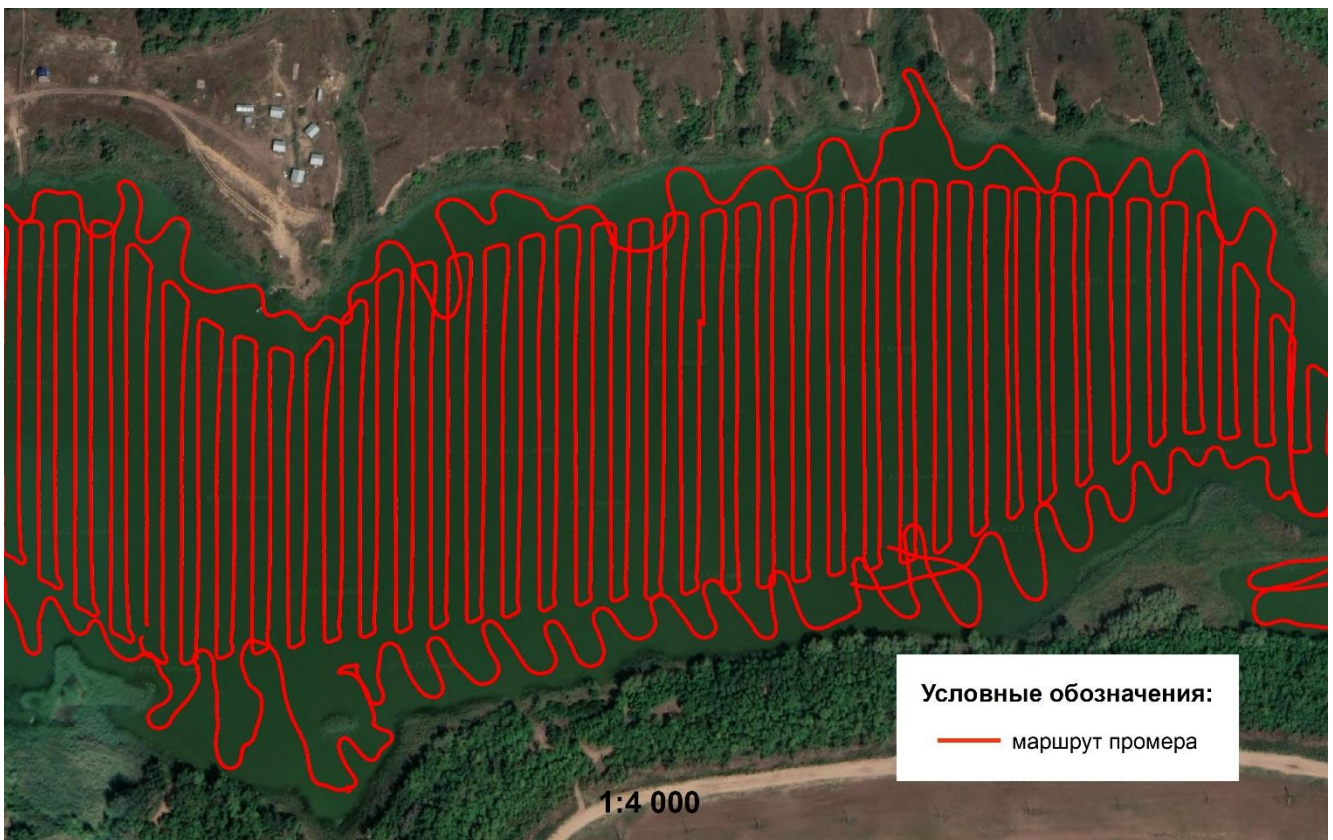


Рисунок 2 – Фрагмент маршрута промеров глубин водохранилища на овраге Мечетка

Для контроля промера глубин и оценки точности создаваемой цифровой модели рельефа дна водохранилища был проложен дополнительный перпендикулярный основному маршрут движения гидрографического комплекса, состоящий из трех галсов. Общий объем собранной информации, характеризующий глубины водоема, составил 160 тысяч точек.

В связи с тем, что батиметрическая съемка водохранилища осуществлялась

при фактическом уровне воды, в ходе выполнения работ проведена топографическая съемка береговой полосы водохранилища для уточнения глубин и береговой линии водоема при нормальном подпорном уровне. Съемка осуществлялась GNSS приемником EFT M3.

Результаты промерной и топографической съемок акватории и прибрежных участков суши водохранилища на овраге Мечетка в дальнейшем были использованы при построении цифровой модели рельефа дна водоема с применением программы ArcGIS 10.8. ЦМР с размером ячейки выходного растра 0,25 м создана методом сплайн-интерполяции ANUDEM [9], инструментом TopoRaster, входящим в набор геоинформационной системы.

Объемные и площадные характеристики водного объекта были рассчитаны по цифровой модели рельефа инструментом Surface Volume модуля 3d Analyst (ArcGIS 10.8), позволяющим вычислить площадь и объем области между двумя плоскостями: заданным уровнем воды и ложем водохранилища.

Уточнение морфометрических характеристик водосбора водохранилища произведено средствами ГИС ArcGIS 10.8 по данным радарной топографической съемки поверхности земного шара SRTM3 (разрешение 3 угловых секунды) по методике применения ГИС для анализа цифровых моделей рельефа, описанной в источнике [10].

Объекты исследований

Объектом исследований является водохранилище на овраге Мечетка, расположенное в Энгельском районе Саратовской области. Овраг Мечетка является левым притоком реки Волга.

Гидротехнические сооружения водохранилища, эксплуатируемые с 1988 года, предназначены для аккумуляции весеннего стока и волжской воды из распределительного канала Р-1 Приволжской ОС I очереди с целью использования воды для орошения прилегающих земель на площади 3050 га и водоснабжения садоводческих товариществ. Водохранилище русловое, сезонного регулирования стока.

В настоящее время основными источниками аккумуляции воды в водохранилище являются вода весеннего паводка и грунтовые воды, поступающие из скважин, пробуренных в 10 км от устья оврага Мечетка [5].

Из-за отсутствия функциональной нагрузки на ГТС водохранилища (привязанных к водоисточнику орошаемых площадей), режим наполнения водоема отличается от проектного, то есть горизонт воды в водоеме поддерживается ниже НПУ.

Результаты и обсуждение

Известно, что с течением времени поверхность водосборов и связанные с ней значения морфометрических характеристик водных объектов и водосборов претерпевают изменения под воздействием естественных причин и хозяйственной деятельности человека [11].

В настоящее время расчет и обновление морфометрических характеристик водосборов водных объектов происходит преимущественно на основе анализа цифровой модели рельефа исследуемой территории с использованием геоинформационных технологий.

По результатам проведенной работы построена гипсометрическая карта территории водосборного бассейна водохранилища на овраге Мечетка и определены его основные характеристики (рисунок 3).

Анализ полученных данных показал, что наибольшую долю (63 %) территории водосборного бассейна занимают участки с высотами от 60 до 75 м над уровнем моря, а самую низкую – участки до 30 м (0,6 %) и свыше 80 м (0,02 %). Средняя высота водосбора составляет 60,4 м при амплитуде колебаний отметок рельефа в пределах водосбора от 28 до 82 м. Значительная часть территории водосборного бассейна (около 85 %) приходится на очень пологие склоны (до 2°), что соответствует равнинной территории Энгельсского района Саратовской области. Средний уклон водосбора равняется $1,1^{\circ}$.

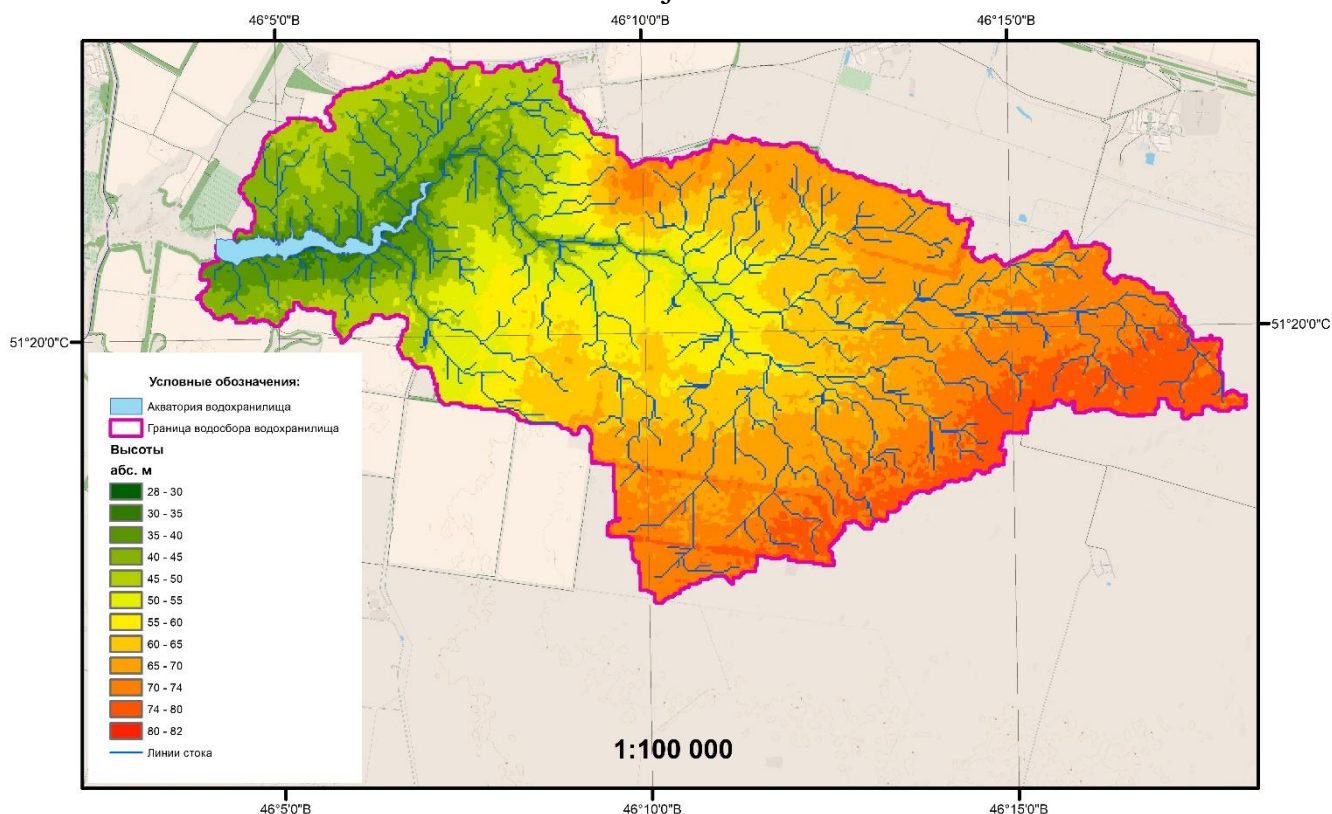


Рисунок 3 – Гипсометрическая карта территории водосборного бассейна водохранилища на овраге Мечетка

Величина площади водосбора, измеренная средствами ГИС составила 69,8 км², что практически соответствует значению, указанному в проектной документации (таблица 1).

Таблица 1 – Морфометрические характеристики водосбора водохранилища на овраге Мечетка

№ п/п	Показатель	Единица измерения	Проектные значения, 1984 г.	Уточненные данные, 2023 г.
1	Площадь водосбора	км ²	65,80	69,80
2	Периметр водосбора	км	-	66,34
3	Максимальная отметка рельефа	абс, м	-	82
4	Минимальная отметка рельефа	абс, м	-	28
5	Средняя высота водосбора	абс, м	-	60,4
6	Превышение	м	-	21,6
7	Средний уклон водосбора	градус	-	1,1

Использование в исследованиях современных ГИС технологий, основанных на построении и анализе цифровых моделей рельефа, позволило определить

фактические значения морфометрических параметров водохранилища на овраге Мечетка.

На основе массива данных промерной съемки глубин водохранилища и данных топографической съемки береговой полосы была построена цифровая модель рельефа дна водоема при НПУ, определены площади и объемы для различных уровней воды с шагом 0,5 м, начиная с самого низкого горизонта, и получена батиметрическая карта водоема (рисунок 4).

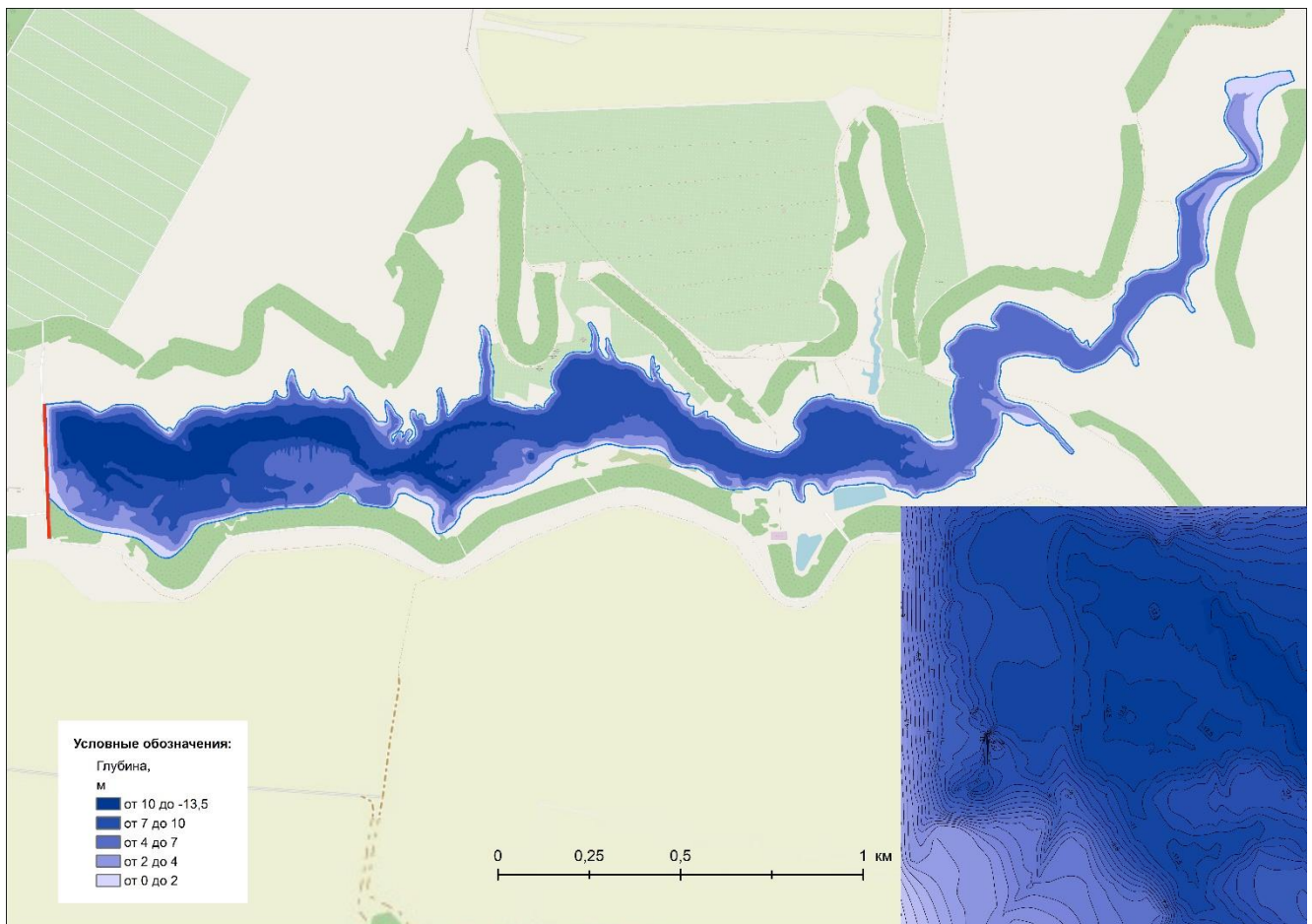


Рисунок 4 – Карта глубин водохранилища на овраге Мечетка

Диапазон глубин исследуемого водохранилища по расчетным данным варьирует от 0,0 до 13,5 м при средней глубине – 6,51 м при отметке НПУ. Рельеф дна водоема характеризуется постепенным снижением высотных отметок с северо-востока на запад, с хвоста в сторону плотины водохранилища. Левый берег и особенно хвостовая часть водного объекта характеризуются значительным

количеством мелководных участков с глубиной не более 2 м.

Оценка изменения морфометрических параметров водного объекта проведена путем сопоставления уточненных значений с проектными. На рисунке 5 представлены кривые зависимостей площадей и объемов водохранилища от уровня воды вида $V=f(H)$ и $F=f(H)$, построенные по данным проектной документации (V_p, F_p) и данным батиметрической съемки (V_p, F_p), а в таблице 2 – приведены результаты сравнения исходных (проектных) и уточненных (расчетных) значений.

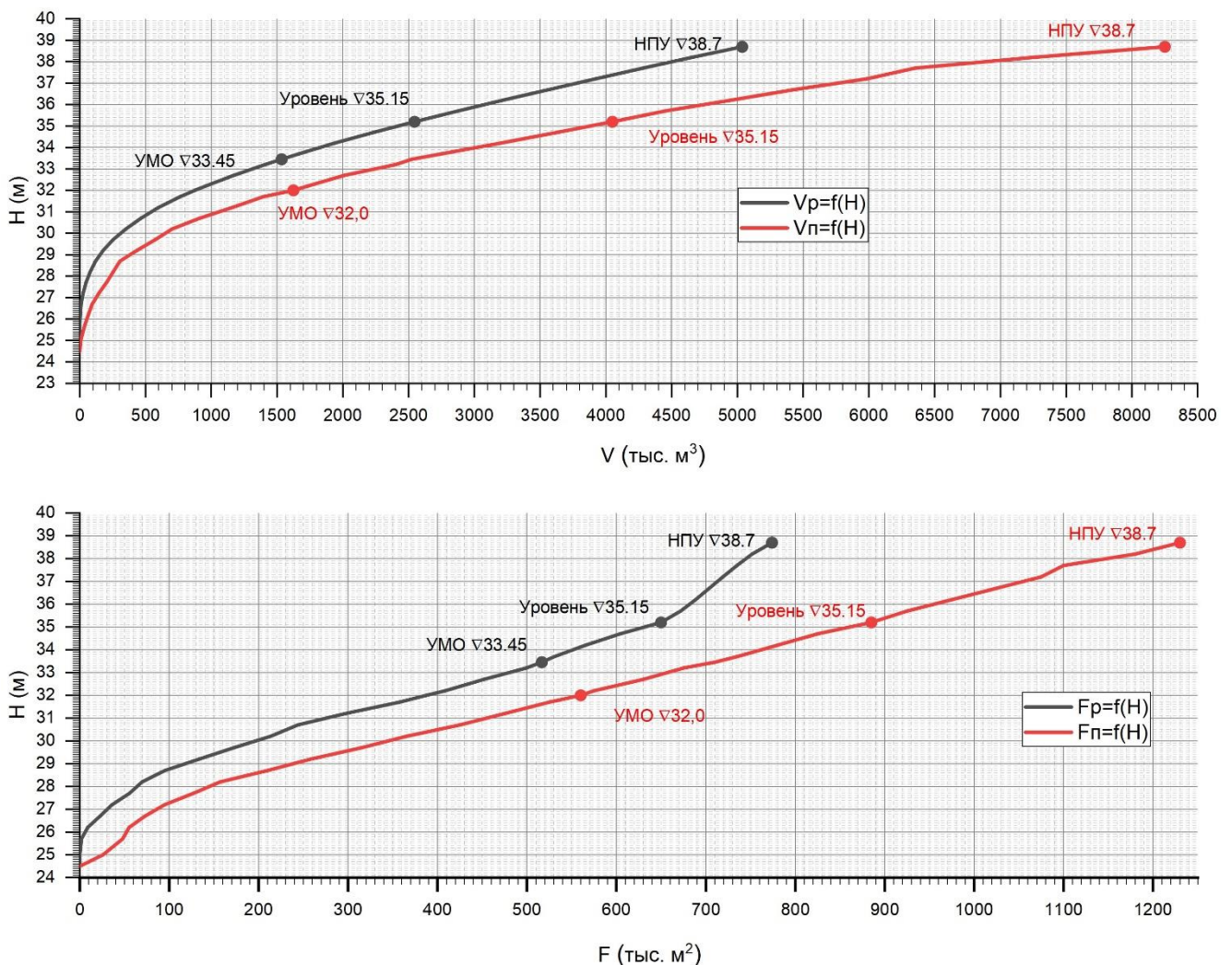


Рисунок 5 – Батиграфическая и объемная кривые водохранилища по данным проектной документации (V_p, F_p) и данным батиметрической съемки (V_p, F_p)

Анализ полученных результатов позволяет сделать вывод о существенных расхождениях между проектными и расчетными данными. Уточненная площадь

зеркала при НПУ оказалась значительно меньше проектной (на 37,1 %), а уточненный полный объем – меньше проектного на 39,0 %. Если считать такие изменения следствием процессов переформирования берегов, нанесения и заиления, то такое предположение будет лишь частично корректным.

Таблица 2 – Характеристика водохранилища на овраге Мечетка

№ п/п	Наименование показателей	Единица измерения	Проектные значения, 1984 г.	Уточненные данные, октябрь 2023 г.	Расхождение с проектом
1	Отметка НПУ	м над у. м.	38,70	38,70	-
2	Площадь зеркала при НПУ	тыс. м ²	1230,00	773,82	-456,18 (-37,1 %)
3	Объем водохранилища при НПУ	тыс. м ³	8250,00	5035,74	-3214,26 (-39,0 %)
4	Отметка УМО	м над у. м.	32,00	33,45	+1,45
5	Площадь зеркала при УМО	тыс. м ²	578,00	516,47	-61,53 (-10,6 %)
6	Объем водохранилища при УМО	тыс. м ³	1623,50	1534,15	-89,35 (-5,5 %)
7	Амплитуда колебания подпорных уровней	м	6,7	5,25	-1,45 (-21,6 %)
8	Полезный объем водохранилища	тыс. м ³	6627,00	3501,59	3125,41 (-47,2 %)
9	Глубина средняя при НПУ	м	6,71	6,51	-0,2
10	Текущая отметка уровня воды, (Уровень)	м	-	35,15	-
11	Площадь зеркала при отметке 35,15	тыс. м ²	885,00	646,16	-238,84 (-27,0 %)
12	Объем водохранилища при отметке 35,15	тыс. м ³	4050,00	2512,24	-3214,26 (-38,0 %)
13	Глубина средняя при УМО	м	2,81	2,97	+0,16
14	Максимальная глубина водохранилища при НПУ	м	15,10	13,46	1,64
15	Максимальная ширина водоема при НПУ	м	-	465	-
16	Длина водохранилища при НПУ	км	5,60	4,30	-1,3
17	Протяженность береговой линии при НПУ	км	14,00	12,29	-1,71

Безусловно за 35-летний период эксплуатации рельеф ложа водохранилища подвергся изменениям за счет переработки берегов (особенно левого) и

накопления наносов. Основными факторами развития таких процессов послужили, на наш взгляд, длительное поддержание уровня в водохранилище ниже отметки НПУ, приведшее к возникновению отмелей и интенсивному зарастанию мелководий высшей растительностью, а также высокая техногенная нагрузка на водоем, связанная с развитием огородничества, садоводства и дачного хозяйства.

Отсутствие комплектной технической документации, в том числе исходной картографической основы, не позволило в рамках исследовательской работы провести количественную оценку степени заиления и занесения водохранилища. Разница в отметках нижнего горизонта воды и объемах, представленных выше, может дать лишь обобщенное представление о мощности донных отложений в чаше водного объекта, где значение данного параметра составило 1,64 м.

Естественно, данные процессы не могли глобально повлиять на существенное изменение объемных и площадных характеристик водохранилища за период эксплуатации. На наш взгляд, такое несоответствие скорее всего связано с ошибками проектирования, то есть с изначально завышенными значениями, заложенными в проект строительства водохранилища на овраге Мечетка.

Подтверждением этой гипотезы могут служить результаты сравнения площадных и объемных характеристик водоема при уровне воды, сложившемся на дату съемки водохранилища (таблица 2).

Береговая линия и соответственно площадь зеркала водного объекта для этого уровня были определены по космическому снимку с высоким разрешением и подкреплены результатами топографической съемки. Точность объемной характеристики подтверждается масштабом, высокой плотностью точек и использованием высокотехнологичного оборудования при проведении батиметрической съемки. В этом случае, при фактическом уровне воды, уточненная площадь зеркала оказалась также значительно меньше проектной, на 27 %, а уточненный объем воды – меньше проектного на 38 %, что полностью

соответствует общим тенденциям.

По результатам проведения промера глубин и геоинформационного моделирования осуществлена оценка площади мелководий и исходя из санитарно-технических условий (средняя глубина при УМО не менее 2,0–2,5 м; площадь мелководий с глубинами до 2 м – не более 30 % площади водохранилища), скорректирован уровень мертвого объема водохранилища, высотная отметка которого повысилась на 1,45 м.

Уточненный полезный объем водного объекта при НПУ составил 3502 тыс. м³ или 52,8 % от значения, заложенного в проект, что означает значительное снижение эксплуатационных характеристик водохранилища на овраге Мечетка и ухудшение его ирригационной функции.

Заключение

Результаты проведения исследований убедительно показали, что работы по уточнению эксплуатационных параметров водохранилищ, используемых для целей орошения и сельскохозяйственного водоснабжения, являются обязательными при планировании и осуществлении водохозяйственных и гидромелиоративных мероприятий.

Данные виды работ необходимо проводить с использованием современных высокоэффективных технологий и оборудования с целью сокращения материальных затрат и сроков выполнения инженерных изысканий, повышения точности и качества получаемых результатов.

Описанный в статье опыт проведения оценки изменения и уточнения морфометрических показателей водохранилища на овраге Мечетка может быть экстраполирован на другие водные объекты мелиоративного назначения.

Список источников

1. Соболев С.В. К вопросу об изменении длины береговой линии и площади водного зеркала больших равнинных водохранилищ в процессе многолетней эксплуатации // Приволжский научный журнал. 2023. № 3. С. 87-99.
2. Лагута А.А., Погорелов А.В. Изменение морфометрических характеристик

Краснодарского водохранилища за период эксплуатации (1973– 2018 годы) // ИНТЕРКАРТО. ИНТЕРГИС. Геоинформационное обеспечение устойчивого развития территорий: Материалы Междунар. конф. М: Издательство Московского университета, 2019. Том 25. Ч. 2. С. 5-15.

3. Белобородов А.В. Изменение морфометрических параметров крупных равнинных водохранилищ: причины и последствия (на примере Камского водохранилища). Водное хозяйство России. 2019. № 4. С. 72–92.

4. Попов А.Н., Штыков В.И. К вопросу о ликвидации водохранилищ и последующей рекультивации их ложа и береговой полосы. Сообщение 1. К вопросу о ликвидации водохранилищ и возможных экологических последствиях при реализации мероприятия // Водное хозяйство России. 2012. № 5. С. 30-40.

5. Декларация безопасности гидротехнических сооружений водохранилища на овраге Мечетка Энгельсского района Саратовской области: утв. Руков. Росприроднадзора по Саратовской области от б/д 2008 г. Энгельс, 2008. 63 с.

6. Туктаров Р.Б., Акпасов А.П., Морозов М.И. Особенности использования беспилотного роботизированного гидрографического комплекса для решения задач в области мелиорации земель [Электронный ресурс] // Международный журнал прикладных наук и технологий «Integral». 2023. № 5. Режим доступа: <https://e-integral.ru/rubriki/selhoz-nauki/integral-5-2023-17>, (дата обращения 15.11.2023), свободный.

7. СП 11-104-97 «Инженерно-геодезические изыскания для строительства. Часть III. Инженерно-гидрографические работы при инженерных изысканиях для строительства» / Госстрой России. - введ. в действие 01.05.2004. М.: Производственный и научно-исследовательский институт по инженерным изысканиям в строительстве (ФГУП «ПНИИИС») Госстроя России, 2004. 110 с.

8. ГОСТ Р 58743–2019 «Внутренний водный транспорт. Гидрографические работы. Общие требования» / утв. приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 10 декабря 2019 г. № 1370-ст: введ. в действие 10.12.2019. М.: Стандартинформ, 2020. 12 с.

9. Hutchinson, M. F. Recent Progress in the ANUDEM Elevation Gridding Procedure / M. F. Hutchinson, T. Xu, J. Stein // *Geomorphometry*. Redlands, 2011. – P. 19–22.

10. Никитенков А. Н., Дутова Е.М., Покровский Д.С. Картографические построения и оценка морфометрических параметров водосборов горно-складчатых территорий по данным спутниковой съемки (SRTM) (на примере северной части Кузнецкого Алатау) // *Вестник ТГАСУ*. 2013. № 1. С. 223-231.

11. Руководство по определению гидрографических характеристик картометрическим способом. – Л.: Гидрометеиздат, 1986. - 97 с.

References

1. Sobol' S.V. K voprosu ob izmenenii dliny beregovoj linii i ploshchadi vodnogo zerkala bol'shikh ravninnykh vodohranilishch v processe mnogoletnej ekspluatatsii // *Privolzhskij nauchnyj zhurnal*. 2023. № 3. С. 87-99.

2. Laguta A.A., Pogorelov A.V. Izmenenie morfometrisheskih harakteristik Krasnodarskogo vodohranilishcha za period ekspluatatsii (1973– 2018 gody) // *INTERKARTO. INTERGIS. Geoinformacionnoe obespechenie ustojchivogo razvitiya territorij: Materialy Mezhdunar. konf. M: Izdatel'stvo Moskovskogo universiteta*, 2019. Tom 25. CH. 2. С. 5-15.

3. Beloborodov A.V. Izmenenie morfometrisheskih parametrov krupnykh ravninnykh vodohranilishch: prichiny i posledstviya (na primere Kamskogo vodohranilishcha). *Vodnoe hozyajstvo Rossii*. 2019. № 4. S. 72–92.

4. Popov A.N., SHtykov V.I. K voprosu o likvidatsii vodohranilishch i posleduyushchej rekul'tivatsii ih lozha i beregovoj polosy. Soobshchenie 1. K voprosu o likvidatsii vodohranilishch i vozmozhnykh ekologicheskikh posledstviyah pri realizatsii meropriyatiya // *Vodnoe hozyajstvo Rossii*. 2012. № 5. С. 30-40.

5. Deklaratsiya bezopasnosti gidrotekhnicheskikh sooruzhenij vodohranilishcha na ovrage Mechetka Engel'sskogo rajona Saratovskoj oblasti: utv. Rukov. Rosprirodnadzora po Saratovskoj oblasti ot b/d 2008 g. Engel's, 2008. 63 s.

6. Tuktarov R.B., Akpasov A.P., Morozov M.I. Osobennosti ispol'zovaniya bespilotnogo robotizirovannogo gidrograficheskogo kompleksa dlya resheniya zadach v oblasti melioratsii zemel' [Elektronnyj resurs] // *Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnykh nauk i*

tekhnologij «Integral». 2023. № 5. Rezhim dostupa: <https://e-integral.ru/rubriki/selhoz-nauki/integral-5-2023-17>, (data obrashcheniya 15.11.2023), svobodnyj.

7. SP 11-104-97 «Inzhenerno-geodezicheskie izyskaniya dlya stroitel'stva. CHast' III. Inzhenerno-gidrograficheskie raboty pri inzhenernyh izyskaniyah dlya stroitel'stva» / Gosstroj Rossii. - vved. v dejstvie 01.05.2004. M.: Proizvodstvennyj i nauchno-issledovatel'skij institut po inzhenernym izyskaniyam v stroitel'stve (FGUP «PNIIS») Gosstroya Rossii, 2004. 110 s.

8. GOST R 58743–2019 «Vnutrennij vodnyj transport. Gidrograficheskie raboty. Obshchie trebovaniya» / utv. prikazom Federal'nogo agentstva po tekhnicheskomu regulirovaniyu i metrologii ot 10 dekabrya 2019 g. № 1370-st: vved. v dejstvie 10.12.2019. M.: Standartinform, 2020. 12 s.

9. Hutchinson, M. F. Recent Progress in the ANUDEM Elevation Gridding Procedure / M. F. Hutchinson, T. Xu, J. Stein // Geomorphometry. Redlands, 2011. – P. 19–22.

10. Nikitenkov A. N., Dutova E.M., Pokrovskij D.S. Kartograficheskie postroeniya i ocenka morfometriceskih parametrov vodosborov gorno-skladchatyh territorij po dannym sputnikovoj s"emki (SRTM) (na primere severnoj chasti Kuzneckogo Alatau) // Vestnik TGASU. 2013. № 1. S. 223-231.

11. Rukovodstvo po opredeleniyu gidrograficeskih harakteristik kartometriceskim sposobom. – L.: Gidrometeoizdat, 1986. - 97 s.

Для цитирования: Туктаров Р.Б., Акпасов А.П., Морозов М.И. Оценка изменения морфометрических параметров водохранилищ мелиоративного назначения с использованием современных технологий инженерной гидрографии // Московский экономический журнал. 2023. № 12. URL: <https://qje.su/nauki-o-zemle/moskovskij-ekonomicheskij-zhurnal-12-2023/>

© Туктаров Р.Б., Акпасов А.П., Морозов М.И., 2023. Московский экономический журнал, 2023, № 12.