

Раздел 1. Региональные проблемы природопользования

УДК 556.55

DOI 10.37279/2519-4453-2021-3-5-12

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ КАК ИНСТРУМЕНТ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ВОДОХРАНИЛИЩА (НА ПРИМЕРЕ КУТУЗОВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА, Г. АЛУШТА, РК)

Тимченко З.В.¹, Табунщик В. А.²

¹ ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского», 295007, г. Симферополь, пр. академика Вернадского, д. 4, e-mail: tim4enko.zin@yandex.ru

² ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей имени А.О. Ковалевского РАН», 299011, г. Севастополь, проспект Нахимова, д. 2, e-mail: tabunshchik@ya.ru

Аннотация. Для территории Крымского полуострова особо остро стоит проблема дефицита водных ресурсов, которая обострилась с 2020 года. Водохранилища, расположенные в Крыму и позволяющие решать проблему дефицита воды, при их незначительном количестве, испытывают воздействие как со стороны природных, так и антропогенных факторов окружающей среды. Для уменьшения негативного проявления воздействия внешних факторов среды на водохранилища в Крыму осуществляется экологический мониторинг, который позволяет оперативно получать данные об их состоянии. В статье приводятся результаты экологического мониторинга Кутузовского водохранилища с 2016 года. Рассмотрены история строительства Кутузовского водохранилища, а также его основные параметры. С использованием данных дистанционного зондирования и методов геоинформационного моделирования приводятся данные о динамике береговой линии Кутузовского водохранилища и изменения площади зеркала водохранилища.

Ключевые слова: водохранилище, мониторинг, управление, заиление, берег, водоохранная зона

ВВЕДЕНИЕ

Ведение государственного экологического мониторинга в части «Измерение параметров окружающей среды» в Крыму ведётся с 2016 года. В настоящее время мониторингом охвачено 19 из 22 водохранилищ Республики Крым. Для некоторых из них эта работа ведётся уже пять лет, что уже позволяет сделать выводы о динамике заиления водохранилищ, состоянии берегов и водоохранной зоны. В статье рассмотрены результаты экологического мониторинга Кутузовского водохранилища, расположенного восточнее с. Верхняя Кутузовка (городской округ Алушта, Республика Крым), за пять лет (рис. 1).

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ, МАТЕРИАЛОВ, МЕТОДОВ

Информация о состоянии Кутузовского водохранилища в литературных источниках практически отсутствует. Некоторые сведения приводятся в работах [1, 2, 3]. Отдельные результаты исследования мониторинга для акватории Кутузовского водохранилища приводятся в работе [4], где, в частности, указывается на то, что на 07 апреля 2019 года площадь зеркала водохранилища уменьшилась на 1% по сравнению с площадью водохранилища при НПУ, а на 11 апреля 2020 года – уменьшилась на 24%. Если сравнивать изменение площади зеркала Кутузовского водохранилища с 07 апреля 2019 года по 11 апреля 2020 года, то площадь зеркала водохранилища уменьшилась на 25%. В тоже время в ряде работ отмечаются возможности применения географических информационных систем и космических снимков для мониторинга водных объектов [5-9, 18].

Методами исследований являются анализ литературных источников, архивных материалов [10, 11, 12, 13], а также систематизация материалов, полученных при полевых изысканиях – визуальные (маршрутное обследование), инструментальные (точки наблюдений) и комплексные, в том числе геоинформационные.

ЦЕЛЬ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Цель работы – выявление особенностей современного состояния Кутузовского водохранилища. Задачами являются – систематизация и анализ материалов, полученных в

результате ведения экологического мониторинга, апробация и использование геоинформационных технологий для проведения экологического мониторинга.

ОСНОВНОЙ РАЗДЕЛ

Строительство водохранилища на р. Демерджи задумали по заданию Главплодвинпрома с целью орошения земель совхоза-завода «Алушта», что и было согласовано с Минводхозом УССР в ноябре 1975 г. Однако в соответствии с ТЭО источников водоснабжения городов Симферополя, Севастополя, районов Большой Ялты и Алушты, утверждённым Госпланом УССР, сток реки, в дальнейшем, собирались использовать для водоснабжения г. Алушты. Это, учитывая неравномерность стока в течение года, требовало строительство водохранилища. При этом условии Постановлением Госплана УССР от 22.12.1978 г. было разрешено использовать речной сток для орошения до 1990 года. [13].

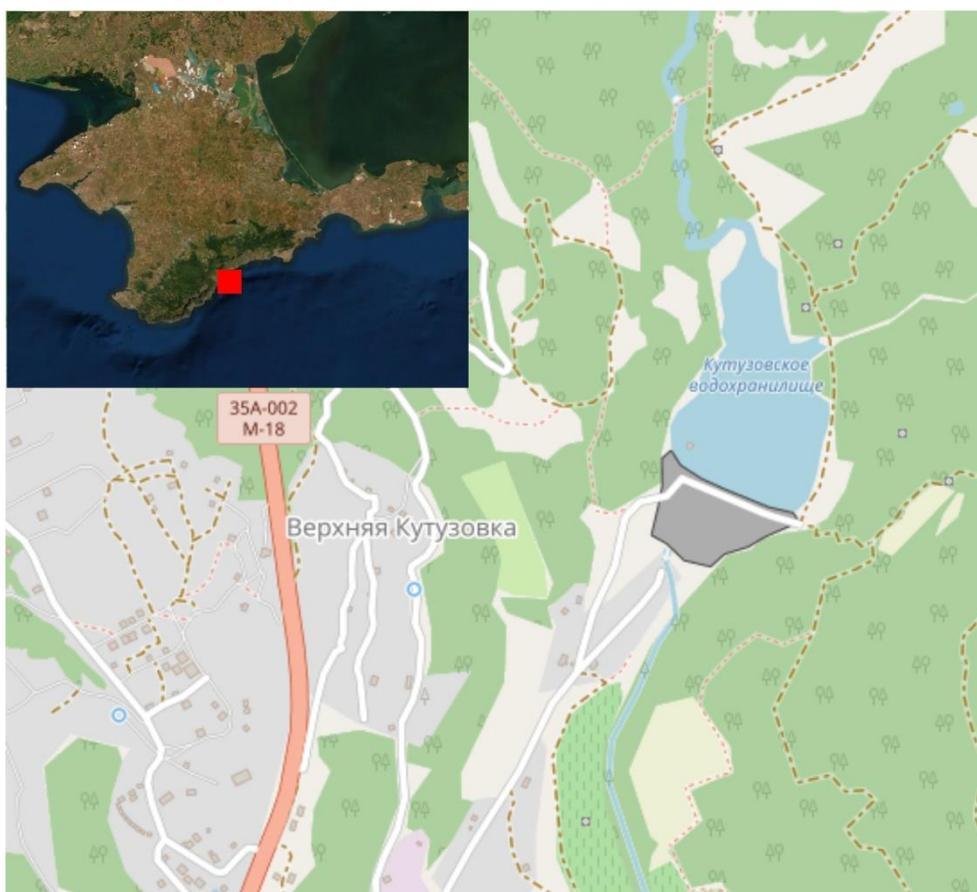


Рис. 1. Географическое положение Кутузовского водохранилища.

Технический проект был разработан в 1978 году Крымским филиалом института «Укрग्रипроводхоз» и согласован Минводхозом УССР в 1979 году. Полная сметная стоимость всего комплекса составила 3,259 млн. руб. (в ценах на 01.07.86 г.). Строительство водохранилища осуществляла ПМК-10 треста «Крымводстрой» с 1981 года. Плотина имеет высоту 36,5 м, длину – 265 м; водосбросное сооружение рассчитано на сбросной расход $182 \text{ м}^3/\text{с}$ ($P = 0,1\%$). Сооружения гидроузла рассчитаны с учётом восьми балльной сейсмичности. Водохранилище начали заполнять 27 июня 1986 года, до НПУ оно наполнилось 30 марта 1987 года. В эксплуатацию гидроузла и водохранилища были приняты в 1988 г. [10]. В настоящее время оно используется для переброски воды в Изобильненское водохранилище (введено в эксплуатацию в 1979 году для водоснабжения г. Алушты) [11].

Мёртвый объём водохранилища установлен, исходя из условий формирования твёрдого стока и проектного срока эксплуатации (50 лет – до 2036 года), с оговоркой, что в течение 10 – 20 лет можно будет забирать воду объёмом 250 – 300 тыс. м³ ниже его уровня [13].

Кутузовское водохранилище является:

✓ русловым, построено в русле реки на 6,3 км от устья, площадь водосборного бассейна – 23,4 км² (44,2% от общей площади водосборного бассейна р. Демерджи);

✓ горным, т.к. средняя высота водосборного бассейна – 719 м.

Основные параметры Кутузовского водохранилища приведены в таблице 1 [10].

Таблица 1.
Основные параметры Кутузовского водохранилища

Показатели	При ФПУ	При НПУ	При УМО
Отметки характерных уровней воды, м абс.	223,05	220,80	211,20
Объём, млн. м ³	1,38	1,111	0,400
Полезный объём, млн. м ³	-	0,711	-
Площадь зеркала, га	10,4	9,38	5,14
Длина, км	-	0,520	-
Ширина максимальная/средняя, м	-	280/200	-
Глубина максимальная/средняя, м	-	28,0/12,0	-

На р. Демерджи имеется действующий гидропост ФГБУ «Крымское УГМС», замыкает площадь водосбора 53 км² (99%) [2].

Расчётные гидрологические характеристики в створе гидроузла Кутузовского водохранилища приведены в таблице 2.

Таблица 2.
Годовой сток в створе гидроузла Кутузовского водохранилища

Норма стока		Коэффициенты		Годовой сток в годы разной водности, м ³ /с / млн. м ³				
расход, м ³ /с	объём, млн. м ³	вари-ации	асимме-трии	1%	5%	50%	75%	95%
0,13	4,10	0,4	2Cv	0,28 / 8,86	0,23 / 7,12	0,12 / 3,86	0,09 / 2,44	0,059 / 1,85

По среднемесячным расходам построены гидрографы годового стока (м³/с) в годы разной водности с использованием внутригодового распределения годового стока в % [14], рисунок 2.

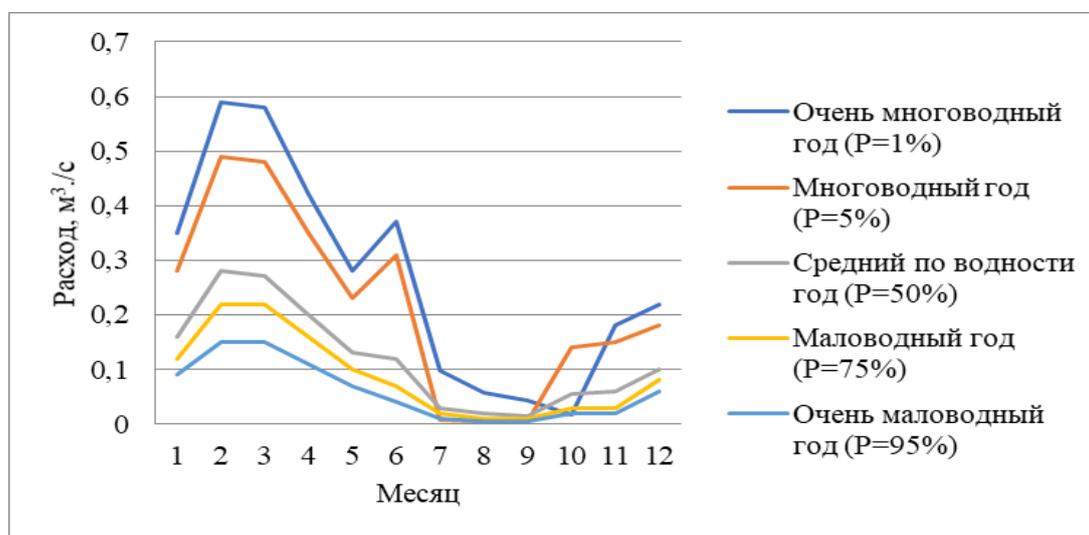


Рис. 2. Гидрографы годового стока Кутузовского водохранилища

Видно, что подъём уровней воды начинается в декабре, пик паводков приходится на февраль – март. Формирование выдающихся паводков происходит за счёт выпадения жидких осадков, непродолжительных, но интенсивных. Максимальные расходы воды и объёмы паводков в створе водохранилища, рассчитанные по формуле предельной интенсивности стока [15], приведены в таблице 3.

Таблица 3.
Максимальные расходы воды и объёмы паводков в створе Кутузовского водохранилища

Расходы, м ³ /с					Объёмы паводков, млн.м ³				
0,1%	1%	5%	10%	25%	0,1%	1%	5%	10%	25%
182	100	50	34	10	1,23	0,75	0,38	0,26	0,07

Паводковыми водами проводится санитарная промывка русла р. Демерджи ниже водохранилища.

Мутность воды по карте Дрозда – 1000 г/м³ [14]. Среднемноголетний расход взвешенных наносов составляет 0,13 кг/с; объём твёрдого стока в средний по водности год – 5,12 тыс. м³. На р. Демерджи случаются сели.

При выполнении работ по экологическому мониторингу велись инструментальные наблюдения – за состоянием дна (с 2018 г.) [16]. Дно водохранилища имеет U – образную форму с постепенным увеличением глубины к приплотинной части. Чаша углубляется равномерно от берега к середине, существенных перепадов глубин, островов, впадин и возвышенностей на дне не обнаружено. Промеры эхолотом по продольному и поперечному профилям и дальнейшее их сравнение с проектными отметками показали накопление ила на дне водохранилища толщиной до четырёх метров. В таблице 4 показаны результаты мониторинга за состоянием дна.

Таблица 4.
Результаты мониторинга дна Кутузовского водохранилища

Изменение, ΔZ, м					
1987-2017 гг.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	всего	в среднем за год
4,00	0,12	0,10	0,00	4,22	0,012

За 34 года эксплуатации водохранилища объём заиления составил 170 тыс. м³ (42,5% мёртвого объёма).

Кутузовское водохранилище расположено в горной местности в узкой долине с крутизной склонов до 30⁰. Склоны долины сложены аргиллитами, прикрытыми деллювиально-пролювиальными отложениями разной мощности, поросли лесом и кустарником. Длина береговой линии при НПУ – 1536 м. Её очертания повторяют форму рельефа долины р. Демерджи. Правый берег более крутой (до 32⁰); левый – более пологий (до 17⁰). Берега сложены тонкослоистыми песчаниками, алевролитами, аргиллитами, подвержены влиянию волновой эрозии при колебаниях уровня воды в водохранилище. Имеет место оползание правого берега и разрушение левого берега. Берега покрыты древесно-кустарниковой растительностью.

В водохозяйственном паспорте отмечено, что при вводе водохранилища в эксплуатацию берегообрушения и размывы не наблюдались [10]. Однако со временем начали проявляться негативные процессы. К разрушению берегов приводят ежегодные колебания уровня воды при сработке и наполнении водохранилища, которые составляют 10 м. Расчётная высота волн может достигать 1,8 м, что также приводит к обрушению берегов [10]. При строительстве водохранилища были осуществлены противооползневые мероприятия для стабилизации существующих оползневых масс. Однако, в конце 1999 года годов после обильных дождей произошла активизация оползня по правому борту в сторону чаши водохранилища. Причиной послужило искусственное формирование террас на склонах чаши водохранилища. Общий ориентировочный объём грунтовых масс, затронутых активным оползнем, составлял около 500 тыс. м³. Для предотвращения сползания оползня было рекомендовано поддерживать в водохранилище объём воды не менее 0,8 млн.м³ с целью пригружения откосов, а сработка уровней не должна превышать 0,2 м в сутки.

Инструментальные наблюдения за берегами ведутся в шести контрольных точках, в том числе на оползневом склоне, с 2016 года. В среднем изменение береговой линии составило 0,15 м. Смещение оползня не выявлено.

Водоохранная зона Кутузовского водохранилища составляет 100 м от береговой линии при НПУ, поскольку длина р. Демерджи более 10 км [17]. Общая площадь водоохраной зоны равна 0,18 км². Экосистема водоохраной зоны включает залуженные участки, участки под кустарниковой растительностью, участки под древесной и древесно-кустарниковой растительностью (табл. 5).

Таблица 5.
Результаты мониторинга водоохраной зоны Кутузовского водохранилища

Залуженные участки		Участки под кустарниковой растительностью		Участки под древесной и древесно-кустарниковой растительностью		Хозяйственные и иные объекты	
км ²	%	км ²	%	км ²	%	км ²	%
0,036	20	0,008	4,6	0,136	75,4	0	0

За период ведения экологического мониторинга экосистема водоохраной зоны осталась без изменения. Густота эрозионной сети водоохраной зоны составляет 0,35 км/км². За время ведения мониторинга осталась без изменения.

Дополнительными инструментами при анализе состояния и мониторинге водохранилищ могут выступать геоинформационные методы исследования, позволяющие оперативно получать информацию о различных параметрах водохранилищ. В таблице 6 и на рисунке 3 приведены расчеты динамики изменения площади и длины береговой линии (периметра) зеркала Кутузовского водохранилища с весны 2019 года по весну 2021 года, когда территория Крымского полуострова испытывала большой дефицит водных ресурсов.

Таблица 6.
Изменение площади зеркала Кутузовского водохранилища Крымского полуострова за период с 07 апреля 2019 г. по 07 марта 2021 года

Дата	Площадь зеркала, га	Периметр, км
2019.04.07	9,10	1,40
2020.02.16	5,80	1,30
2020.03.17	6,50	1,42
2020.04.11	6,76	1,50
2020.05.11	6,19	1,50
2020.06.10	5,61	1,48
2020.07.05	6,08	1,44
2020.08.04	5,77	1,36
2020.08.29	5,39	1,30
2020.09.28	4,89	1,20
2020.10.13	4,80	1,20
2021.01.06	5,02	1,22
2021.03.07	5,84	1,30

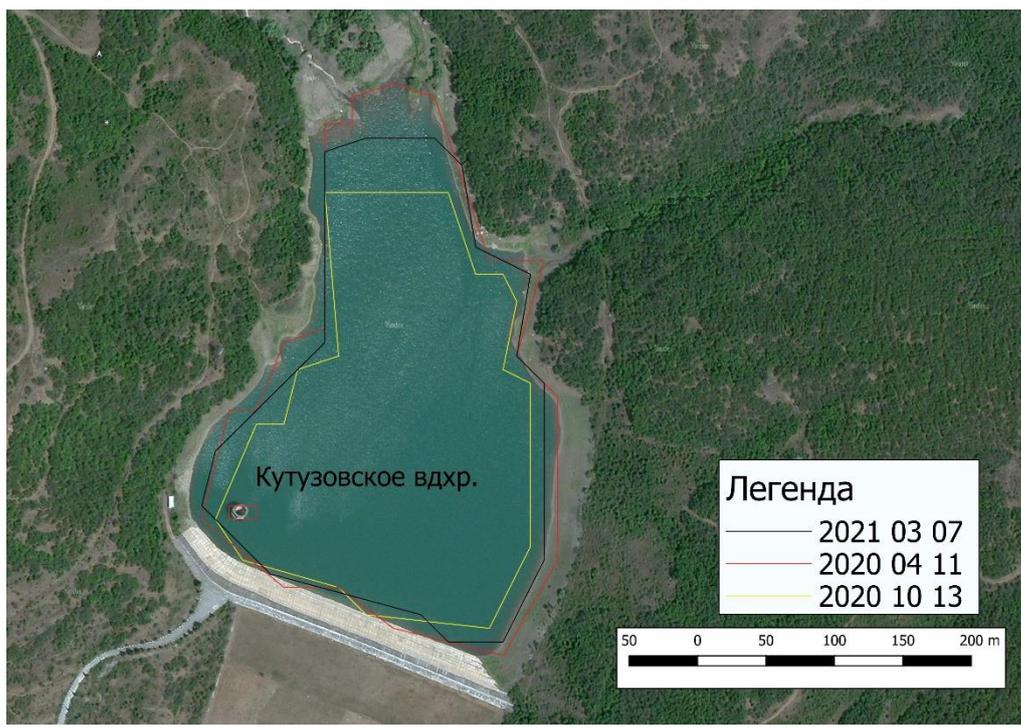


Рис. 3. Изменение площади Кутузовского водохранилища за 2020-2021 гг.

Согласно рисунку 3 и таблицы 6 наименьшее значение площади зеркала Кутузовского водохранилища зафиксировано осенью 2020 года, а затем постепенно начала увеличиваться.

ВЫВОДЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Кутузовского водохранилища эксплуатируется 34 года. По данным экологического мониторинга за дном водохранилища выявлено, что толщина ила превысила четыре метра.

Объём заиления установлен: 147,4 тыс.м³ в 2017 году; 163,6 тыс.м³ – в 2018 году; 170,0 тыс. м³ – в 2019 году. Исходя из мутности воды в р. Демерджи общий объём наносов за время эксплуатации водохранилища составил 174,1 тыс. м³; что совпадает с результатами мониторинга. Заиление составляет 44% от мёртвого объёма.

Мониторинг берегов позволил оценить интенсивность их разрушения в связи с развитием оползневых, обвальных и абразионных процессов, которые также приводят к заилению.

Предотвращение водохранилища от заиления является создание водоохраной зоны. Водоохранная зона Кутузовского водохранилища на 75,4% покрыта древесной и кустарниковой растительностью, что является хорошим показателем.

Заиление водохранилища уменьшает его полезный объём, поэтому необходимо проводить мероприятия, связанные с сохранением лесного покрова на склонах гор в пределах водосборной площади; закреплением действующих оврагов и горных склонов для уменьшения эрозионной деятельности водных потоков; берегоукрепительными работами в местах размыва и обрушения берегов; созданием лесных насаждений и залужения на оползневом участке.

Показана возможность использования географических информационных систем и космических снимков высокого разрешения применительно к мониторингу водных объектов, применение которого в дальнейшем позволит сократить затраты на полевые исследования.

Исследование частично выполнено в рамках темы НИР «Изучение пространственно-временной организации водных и сухопутных экосистем с целью развития системы оперативного мониторинга на основе данных дистанционного зондирования и ГИС-технологий. Регистрационный номер: АААА-А19-119061190081-9».

ЛИТЕРАТУРА

1. Поверхностные водные объекты Крыма. Управление и использование водных ресурсов: справочник [Текст] / Сост.: Лисовский А.А., Новик В.А., Тимченко З.В., Губская У.А. – Симферополь: КРП «Издательство «Крымчпедгиз», 2011. – 242 с.
2. Тимченко, З.В. Водные ресурсы и экологическое состояние малых рек Крыма [Текст] / З.В. Тимченко. – Симферополь: ДОЛЯ, 2002. – 152 с.
3. Иванкова, Т. В. Современное состояние водообеспеченности Республики Крым и возможные дополнительные источники воды [Текст] / Т. В. Иванкова // Водоснабжение и санитарная техника. – 2019. – № 3. – С. 4-11.
4. Табунщик, В. А. Изменение площади зеркал водохранилищ естественного стока на территории Крымского полуострова (сравнение данных на начало апреля 2019 и 2020 года) [Текст] / В. А. Табунщик // Геополитика и экогеодинамика регионов. – 2020. – Т. 6. – № 4. – С. 181-190.
5. Kale, S. Shoreline change monitoring in atikhisar reservoir by using remote sensing and Geographic Information System (GIS) / S. Kale, D. Acarli // Fresenius Environmental Bulletin. – 2019. – Vol. 28, no. 5. – pp. 4329-4339.
6. Design of a Safety Monitoring and early Warning System for Cascade Reservoirs Based on Web-GIS Platform / [L.B. Li et al.] // Applied Mechanics and Materials. – Trans Tech Publications Ltd, 2013. – Т. 405. – pp. 2477-2483.
7. Liu, A. Remote sensing quantitative monitoring of soil erosion in three gorges reservoir area: A GIS/RUSLE – Based research / A. Liu, J. Wang, Z. Liu // Journal of Natural Disasters 2009. – Vol. 18, no. 4. – pp. 25-30.
8. Monitoring of dangerous shore processes of tsimlyansk reservoir using GIS-technologies / [G.I. Skripka, et al.] // InterCarto, InterGIS, 2020. – Vol. 26, no. 2. – pp. 253-263.
9. Zhou, J. Monitoring the cultivated slope land in the three gorges reservoir area based on remote sensing and GIS / J. Zhou, Q.Zhou, Z. Huang // Wuhan University Journal of Natural Sciences. – 2006. – Vol. 11, no. 4. – pp. 915-921.
10. Водохозяйственный паспорт. Кутузовское водохранилище. – Министерство мелиорации и водного хозяйства УССР: Украинский Южный государственный проектно-изыскательский институт «УКРЮЖГИПРОВОДХОЗ», 1986. (в Госкомитете РК)
11. Паспорт реки Демерджи. – Симферополь: Крымский государственный проектно-изыскательский институт «Крымгипроводхоз», 2005. – 100 с.
12. Правила эксплуатации Кутузовского водохранилища, 1987. – 100 с.
13. Технический проект. Кутузовское водохранилище для орошения в совхоз-заводе «Алушта» Крымской области. – Симферополь, 1978. – 100 с.
14. Ресурсы поверхностных вод СССР. Т.6. Украина и Молдавия. Вып. 4. Крым. – Л.: Гидрометеиздат, 1966. – 344 с.
15. Пособие по определению расчётных гидрологических характеристик. – Л.: ГМИ, 1984. – 448с.
16. Р 52.24.788-2013. Рекомендации: Организация и ведение мониторинга водных объектов за состоянием дна, берегов, изменениями морфометрических особенностей, состоянием и режимом использования водоохраных зон, водохозяйственных систем и гидротехнических сооружений. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.asgeo.ru/wp-content/uploads/2018/07/R-52.24.788-2013-Organizaciya-i-vedenie-monitoringa-vodnykh-obektov-za-sostoyaniem-dna-beregov-izmeneniyami-morfometricheskikh-osobennostey-sostoyaniem-i-rezhimom-ispolzovaniem.pdf>
17. Водный кодекс РФ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_60683/
18. Позаченюк, Е.А. Современные ландшафты бассейна реки Ускут [Текст]/ Е.А.Позаченюк, З.В.Тимченко // Экономика строительства и природопользования. – 2017. – № 2 (63). – С. 39-49.

STATE ENVIRONMENTAL MONITORING AS A TOOL TO IDENTIFY THE MODERN
STATE OF THE WATER RESERVOIRS (ON THE EXAMPLE OF THE KUTUZOV
RESERVOIR, ALUSHTA, THE REPUBLIC OF CRIMEA)

Z. V. Timchenko ¹, V.A. Tabunshchik ²

¹V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Russian Federation

² A.O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of RAS (IBSS), Sevastopol, Russian Federation

Annotation. For the territory of the Crimean Peninsula, the problem of water scarcity is particularly acute, which has worsened since 2020. Reservoirs located in the Crimea and allowing to solve the problem of water scarcity, with their small number, are affected by both natural and anthropogenic environmental factors. In order to reduce the negative impact of external environmental factors on reservoirs in the Crimea, environmental monitoring is carried out, which allows you to quickly obtain data on their condition. The article presents the results of environmental monitoring of the Kutuzov reservoir since 2016. The history of the construction of the Kutuzov reservoir, as well as its main parameters are considered. Using remote sensing data and geoinformation modeling methods, data on the dynamics of the coastline of the Kutuzov reservoir and changes in the reservoir mirror area are presented.

Key words: water reservoir, monitoring, management, siltation, river bank, water protection zone