

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БПЛА ДЛЯ МОНИТОРИНГА АБРАЗИИ БЕРЕГОВ ВОЛГОГРАДСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

А.П. Сударев¹, О.В. Ивлиева^{1,2}, Л.А. Беспалова^{1,2}, В.В. Глинка¹

¹ Российский научно-исследовательский институт комплексного использования и охраны водных ресурсов,
г. Ростов-на-Дону

² Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону
asud@mail.ru; ivlieva.o@mail.ru; bespalowaliudmila@yandex.ru; vadim-glinka@mail.ru

Аннотация. Дистанционное зондирование берегов с помощью беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) позволило определить величины проявления абразионного процесса на различных типах берегов. Применение БПЛА повышает оперативность, эффективность и достоверность данных мониторинга состояния берегов.

Ключевые слова: Волгоградское водохранилище, абразионный процесс, смещение берегового уступа, объемы переработки берегов, беспилотные летательные аппараты.

На участке левого берега от с. Рахинка Среднеахтубинского района до п. Быково в 2023–2024 гг. РосНИИВХ выполнена съемка с квадрокоптера Phantom 4 Pro V2.0. Геопозиционирование снимков произведено штатными средствами БПЛА при помощи встроенных GPS-приемников бытового класса, наземные опорные точки не использовались. Фотограмметрическая обработка снимков и измерений сделана в Agisoft Metashape Professional.

Берег в районе работ сложен песчано-глинистыми верхнечетвертичными хвалынскими морскими и современными аллювиальными отложениями притоков р. Волга, активно размываемыми водами водохранилища. В геоморфологическом отношении это морская равнина раннехвалынского возраста, северо-западная окраина Прикаспийской низменности [1]. Участок находится в зоне континентального климата со среднегодовым количеством атмосферных осадков около 400 мм, основная масса выпадает в зимне-весенний период. Влияние их на изменение физико-механических свойств размываемых пород участка ограничено.

По многочисленным данным исследователей, в пределах водоохранной зоны водохранилища развиваются экзогенные геологические процессы – абразия, обвалы, оползни, просадка, дефляция, заболачивание, реже овражная эрозия. Ведущим и определяющим является абразионный процесс, основным фактором его развития служит волновая деятельность при высоких уровнях поверхности водохранилища. Абразия берегов –

крупнейший поставщик взвешенных наносов – 55 % [2–4].

Смещение абразионных береговых уступов для Волгоградского водохранилища ежегодно фиксируется по створам ГМВО (рис. 1), данные приводятся в информации АИС ГМВО [5].

С учетом современного состояния берегов, исследований на других равнинных водохранилищах [6–8] сеть створов была дополнена (см. рис. 1).

Размещение створов производилось исходя из геолого-геоморфологических условий в следующей последовательности:

1. Выбор представительных участков на данном типе берега.

2. Отмечаются профили (створы), перпендикулярные береговому уступу, фиксируются двумя точками (точки обследования). В качестве точек выступают легко определяемые ориентиры – столбы, угол строения, отдельные деревья, другие неподвижные объекты, расположенные в зоне съемки БПЛА.

3. Определяются координаты опорных точек створов, эти данные используются при выставлении меток створов на архивных спутниковых снимках.

4. Определяется дирекционный угол створа. Это может быть востребовано при полевых контрольных замерах смещений уступа.

5. По данным наиболее ранних исторических космоснимков измеряется расстояние до уступа. Разница между положением, определенным на период съемки БПЛА, делится на промежуток времени между замерами.

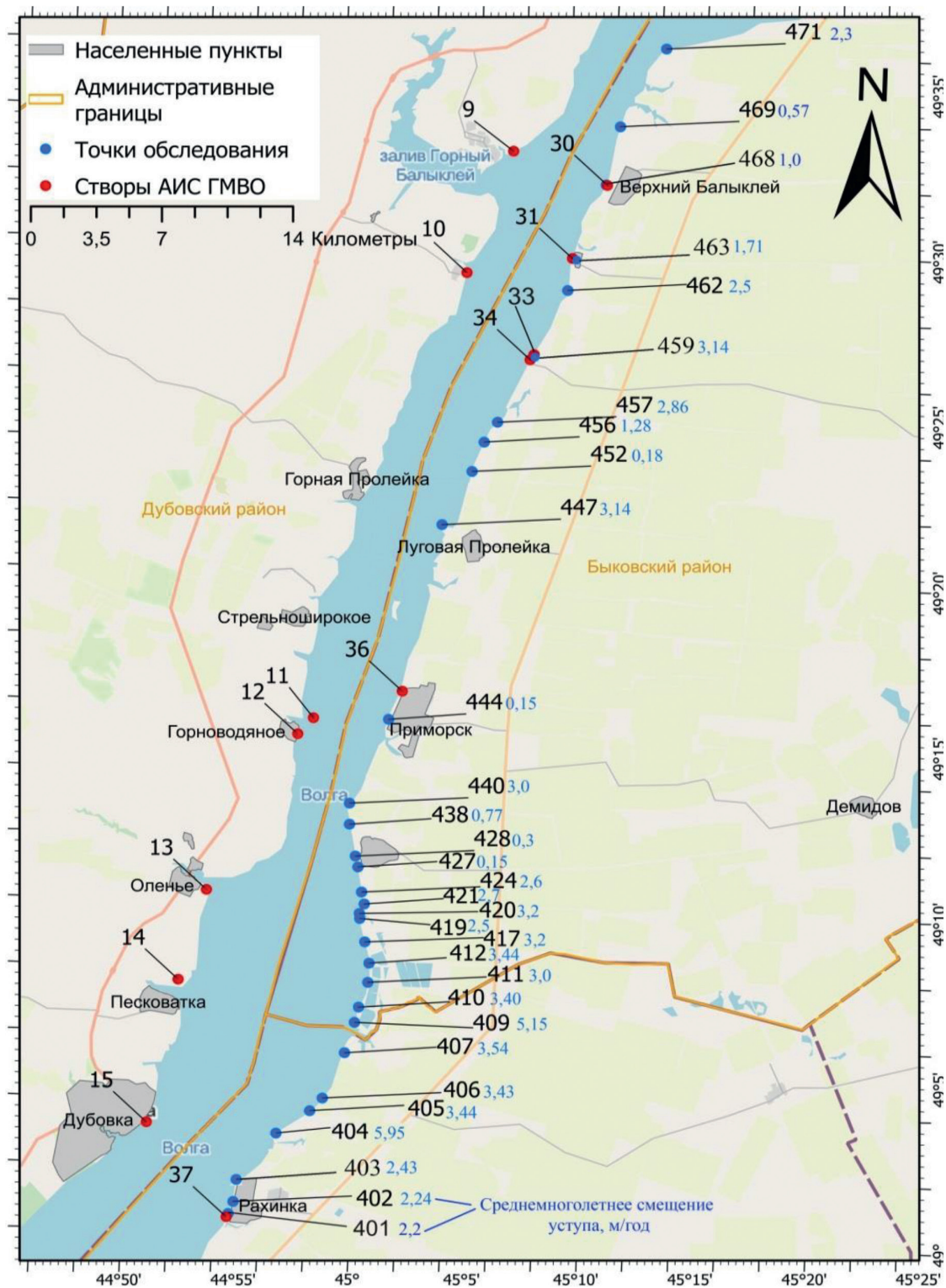


Рис. 1. Схема расположения створов наблюдений за смещением берегового уступа

6. Выделяются участки берегов с абразией до 1,0 м/год; от 1,0 до 3,0 м/год; больше 3,0 м/год; участки, где нет активной абразии – устья заливов, балок, мелководья, облесение, заболачивания и др. (рис. 2). В расчеты не включались берега заливов.

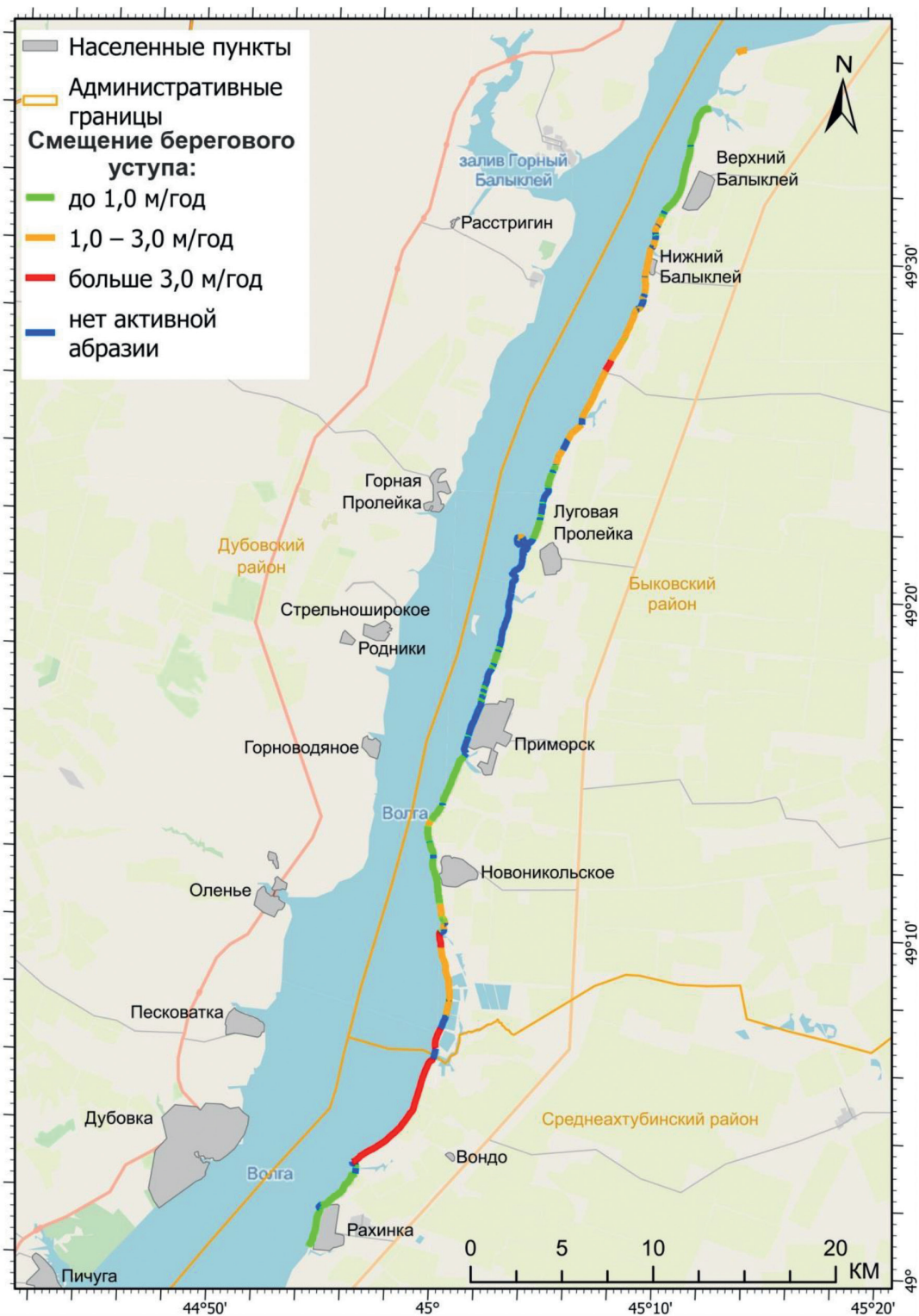


Рис. 2. Участки проявления процесса абразии

Данные измерений смещений берегового уступа по створам показаны на рисунке 1, протяженность участков абразии различной интенсивности – в таблице 1 и на диаграммах (рис. 3; 4).

Таблица 1. Проявление процесса абразии на левом берегу Волгоградского водохранилища

Район	Протяженность участков съемки берегов, м	Протяженность участков абразии				Протяженность участков, где нет активной абразии, м	Количество измеряемых створов
		всего, м	до 1,0 м/год	1,0–3,0 м/год	больше 3,0 м/год		
Среднеахтубинский	13 702	12 608	5148	0	7460	1094	7
Быковский район	58 425	37 912	17 560	15 391	4961	20 513	24
Итого, левый берег	72 127	50 520	22 708	15 391	12 421	21 607	31
	100 %	70,04 %				29,96 %	

Протяженность участков абразии различной интенсивности, м

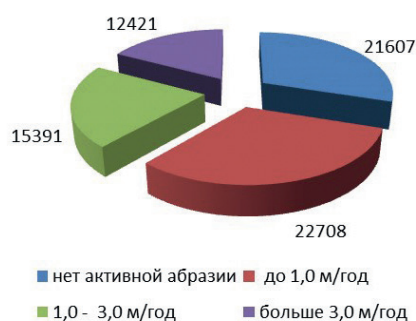


Рис. 3. Протяженность участков абразии различной интенсивности, м

Протяженность участков абразии различной интенсивности, %

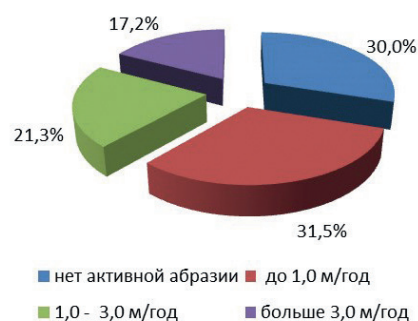


Рис. 4. Доля участков абразии различной интенсивности, %

Выводы

1. Абразионный процесс на левом берегу в пределах обследованных участков продолжает активно развиваться. Берега, пораженные абразией, составляют 70 %.

2. Развитие абразии происходит по механизму: размыв основания уступа; нарушение устойчивости – обвал, осыпание или оседание блоков; разрушение сместившихся масс – оплывание или размыв.

3. Протяженность абразионных берегов Среднеахтубинского района составляет более 92 % обследованных водоохраных зон, в то время как доля таковых в Быковском районе – 70 %.

4. По данным ранее проведенных наблюдений, на участках с. Новоникольское, Пролейка и Ниж. Балыклей [2–4] величина отступления

левого берега в 1959–2000 гг. составляла 4,4–5,9 м/год. В настоящее время отмечается спад интенсивности разрушения берега.

5. Данные о величине смещения берегового уступа позволяют объективно оценить объемы материала, поступающего в водохранилище при разрушении берегов.

6. Увеличение количества наблюдаемых створов на участках позволит уменьшить ошибки расчетов изменения гидроморфометрических характеристик водохранилища.

7. Мониторинг абразионного процесса с использованием БПЛА отражает реальную динамику отступления берегового уступа и является более объективным методом по сравнению с традиционными методами получения информации государственного мониторинга водных объектов.

Список литературы

1. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1 : 1 000 000 (третье поколение). Серия Центрально-Европейская. Лист М-38. Волгоград. Объяснительная записка. СПб.: ВСЕГЕИ, 2009. 399 с.
2. Баранова М.С., Филиппов О.В., Кочеткова А.И., Брызгалова Е.С. ГИС-технологии и спутниковые данные как инструменты мониторинга геодинамических процессов Волгоградского водохранилища // Географический вестник. 2016. № 2(37). С. 148–160. doi 10.17072/2079-7877-2016-2-148-160.
3. Законнов В.В., Филиппов О.В., Баранова М.С., Кочеткова А.И., Законнова А.В. Пространственно-временная трансформация грунтового комплекса водохранилищ Волги. Сообщение 8. Формирование берегов и ложа Волгоградского водохранилища // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2021. № 6. С. 6–29. DOI: 10.35567/1999-4508-2021-6-1.
4. Филиппов О.В., Кочеткова А.И., Баранова М.С., Курпий А.А., Сионихина Е.Н. Некоторые результаты наблюдения за переформированием берегов Волгоградского водохранилища в ходе полевых исследований и по спутниковым данным // Современные проблемы водохранилищ и водосборов: Труды международной научно-практической конференции. Т. 1. Гидро- и геодинамические процессы. Управление водными ресурсами / науч. ред. А.Б. Китаев, О.В. Ларченко. Пермь, 2015. С. 138–143.
5. Характеристика берегов водных объектов / Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации; Федеральное агентство водных ресурсов; АИС ГМВО. Форма 26. 2024. URL: <https://gmvo.skniihv.ru>.
6. Скрипка Г.И., Ивлиева О.В., Беспалова Л.А., Филатов А.А., Сапрыгин В.В. Мониторинг опасных береговых процессов Цимлянского водохранилища с использованием ГИС-технологий // Геоинформационное обеспечение устойчивого развития территорий. Материалы международной конференции. Т. 26. Ч. 2. М.: Изд-во Московского университета, 2020. С. 253–263. DOI: 10.35595/2414-9179-2020-2-26-253-263.
7. Скрипка Г.И., Беспалова Л.А., Ивлиева О.В. [и др.]. Опыт использования беспилотных летательных аппаратов для мониторинга положения бровки высоких берегов водохранилищ // Водные ресурсы России: современное состояние и управление. Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции (г. Сочи, 8–14 октября 2018 г.). Новочеркасск, 2018. С. 298–305.
8. Крыленко М.В., Крыленко В.В. Особенности выполнения высокоточной съемки рельефа абразионного берега с помощью БПЛА // Бюллетень науки и практики. Науки о Земле. 2020. Т. 6. № 2. С. 10–19. DOI: 10.33619/2414-2948/51/01.

USE OF UAVs FOR MONITORING COASTAL EROSION OF THE VOLGOGRAD RESERVOIR

A.P. Sudarev¹, O.V. Ivlieva^{1,2}, L.A. Bespalova^{1,2}, V.V. Glinka¹

¹ Russian Research Institute of Integrated Use and Conservation of Water Resources, Rostov-on-Don

² Rostov State University, Rostov-on-Don

asud@mail.ru; ivlieva.o@mail.ru; bespalowaliudmila@yandex.ru; vadim-glinka@mail.ru

Abstract. A survey was conducted on the left bank of the Volgograd reservoir using a Phantom 4 Pro V2.0 quadcopter. Image processing and measurements were performed using standard methods. The area around the survey site consists of sandy-clay Upper Quaternary Khvalynsk marine and modern alluvial deposits. Geomorphologically, this is a marine plain of early Khvalynsk age. Within the reservoir's water protection zone, exogenous geological processes occur, such as abrasion, landslides, and occasionally gully erosion. The dominant and determining process is abrasion, which is the largest contributor to suspended sediments – 55 %. The displacement of abrasion coastal terraces is annually monitored along the stretches of the State Monitoring of Water Objects. Given the current state of the shores and research at other flatland reservoirs, the network of monitoring points was expanded. The placement of the monitoring points was based on geological and geomorphological conditions and the type of shore. A method for determining the displacement of the coastal terrace was outlined. Shore areas were classified by abrasion rates: up to 1.0 m/year; from 1.0 to 3.0 m/year; more than 3.0 m/year; and areas where there is no active abrasion. The shores of bays were not included in the calculations.

The work carried out allowed the following conclusions to be made: the abrasion process on the left bank within the surveyed areas continues to develop actively. Increasing the number of monitored points in the areas will reduce errors in calculating changes in the hydromorphometric characteristics of the reservoir. Monitoring the abrasion process using UAVs reflects the actual dynamics of the retreating coastal terrace and provides more objective data compared to traditional methods used in the State Monitoring of Water Objects.

Keywords: Volgograd Reservoir, abrasion process, shoreline retreat, coastal erosion volumes, unmanned aerial vehicles.

References

1. [State Geological Map of the Russian Federation. Scale 1:1 000 000 (third generation). Central-European Series. Sheet M-38: Volgograd. Explanatory Note]. 2009. St. Petersburg, "VSEGEI": 399 p. (In Russian).
2. Baranova M.S., Philippov O.V., Kochetkova A.I., Bryzgalina E.S. 2016. [GIS technology and satellite data as tools for monitoring geodynamic processes in the Volgograd reservoir]. *Geographicheskii Vestnik*. 2(37): 148–160. DOI: 10.17072/2079-7877-2016-2-148-160. (In Russian).
3. Zakonov V.V., Philippov O.V., Baranova M.S., Kochetkova A.I., Zalonnova A.V. 2021. [Spatial/temporal Transformation of the Sediment Complex in the Volga Reservoirs. Communication 8. Formation of the Volgograd Reservoir banks and bed]. *Water Sector of Russia: Problems, Technologies, Management*. 6: 6–29. DOI: 10.35567/1999-4508-2021-6-1. (In Russian).
4. Philippov O.V., Kochetkova A.I., Baranova M.S., Kupriy A.A. and Sionikhina E.N. 2015. [Some results of observation of the Volgograd reservoir shoreline transformation in the course of field investigations 2015 and with the use of satellite data]. In: *Sovremennye problemy vodokhranilishch i vodosborov: Trudy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Tom 1: Gidro- i geodinamicheskie processy. Upravlenie vodnymi resursami. [Current problems of reservoirs and their water basins. International scientific and practical conference. Vol. 1: Hydro- and geodynamic processes. Management of water resources (scientific eds. A.B. Kitaev, O.V. Larchenko)]*. Perm': 138–143. (In Russian).
5. [Characteristics of Water Body Shores. Ministry of Natural Resources and Environment of the Russian Federation; Federal Agency for Water Resources. AIS GMVO. Form 26]. 2024. URL: <https://gmvo.skniivh.ru>.
6. Skripka G.I., Ivlieva O.V., Bespalova L.A., Filatov A.A., Saprygin V.V. 2020. [Monitoring of target coastal processes of the Tsimlyansk reservoir using GIS-technologies]. In: *Geoinformatsionnoye obespecheniye ustoychivogo razvitiya territoriy. Materialy konferentsiyi. [Geoinformation support of the territories' sustainable development. Proceedings of the conference]*. Vol. 26(2). Moscow, Moscow University Press: 253–263. DOI: 10.35595/2414-9179-2020-2-26-253-263. (In Russian).
7. Skripka G.I., Bespalova L.A., Ivlieva O.V. [et al.]. 2018. [The experience of using unmanned aerial vehicles to monitor the position of the edge of high banks of reservoirs]. In: *Vodnye resursy Rossii: sovremennoe sostoyanie i upravlenie. Sbornik materialov Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. [Water resources of Russia: current state and management. Collection of materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference (Sochi, October 8–14 2018)]*. Novocherkassk: 298–305. (In Russian).
8. Krylenko M.V., Krylenko V.V. 2020. [Features of Performing High-precision Survey of the Abrasion Coast Relief by UAV]. *Bulleten nauki i praktiki. Nauki o Zemle. [Bulletin of Science and Practice]*. 6(2): 10–19. DOI: 10.33619/2414-2948/51/01. (In Russian).