

Скрипка Г.И.¹, Ивлиева О.В.^{2,3}, Беспалова Л.А.^{4,5}, Филатов А.А.⁶, Сапрыгин В.В.⁷

МОНИТОРИНГ ОПАСНЫХ БЕРЕГОВЫХ ПРОЦЕССОВ ЦИМЛЯНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ

АННОТАЦИЯ

В данной статье оценивается степень проявления опасных экзогенных геологических процессов берегов Цимлянского водохранилища (абразионных, оползневых, эрозионных) на современном этапе переформирования его берегов. Предложена новая оригинальная методика мониторинга морфологических и морфометрических характеристик различных типов берегов водохранилища с использованием беспилотных летательных аппаратов (БЛА) и инструментария программы Agisoft Photoscan. Для ряда участков берегов Цимлянского вдхр. выполнена оценка последствий активизации абразионной деятельности, выразившихся в отступании бровки береговых обрывов и сокращении земельного фонда.

В автоматизированной информационной системе государственного мониторинга водных объектов мониторинг эрозионной расчленённости водоохраной зоны является обязательным. Разработана и апробирована методика проведения мониторинга эрозионных процессов водоохраных зон водных объектов с использованием программно-аппаратного комплекса, созданного на базе беспилотных летательных аппаратов (БЛА) и ГИС-технологий, определён оптимальный тип цифровых моделей рельефа для оценки густоты эрозионной сети. На основе серий фотоснимков, выполненных беспилотным летательным аппаратом, по цифровым моделям рельефа (ЦМР) и ортофотопланам, созданным в программе Agisoft Photoscan, определены типы эрозионных форм рельефа. Также проведено измерение морфометрических характеристик эрозионных форм рельефа, определена густота эрозионной сети (К) на ряде участков водоохранной зоны побережья Цимлянского вдхр.

В водоохранной зоне водохранилища выполнен всесторонний анализ объектов антропогенной деятельности, проведена оценка демографической нагрузки на его прибрежные территории. Выполнено зонирование территорий по степени антропогенной нагрузки, позволяющее в дальнейшем организовать планирование своевременных мер по

¹ Российский информационно-аналитический и научно-исследовательский водохозяйственный центр (ФГБУ РосИНВХЦ), ул. Филимоновская, д. 174, 344000, Ростов-на-Дону, Россия;

e-mail: skripka.grisha@yandex.ru

² Южный федеральный университет, ул. Б. Садовая, д. 105, 344006, Ростов-на-Дону, Россия;

e-mail: ivlieva.o@mail.ru

³ Российский информационно-аналитический и научно-исследовательский водохозяйственный центр (ФГБУ РосИНВХЦ), ул. Филимоновская, 174, 344000, Ростов-на-Дону, Россия;

e-mail: ivlieva.o@mail.ru

⁴ Южный федеральный университет, ул. Б. Садовая, д. 105, 344006, Ростов-на-Дону, Россия;

e-mail: bespalowaliudmila@yandex.ru

⁵ Российский информационно-аналитический и научно-исследовательский водохозяйственный центр (ФГБУ РосИНВХЦ), ул. Филимоновская, д. 174, 344000, Ростов-на-Дону, Россия;

e-mail: bespalowaliudmila@yandex.ru

⁶ Российский информационно-аналитический и научно-исследовательский водохозяйственный центр (ФГБУ РосИНВХЦ), ул. Филимоновская, д. 174, 344000, Ростов-на-Дону, Россия;

e-mail: fgurostov61@yandex.ru

⁷ Российский информационно-аналитический и научно-исследовательский водохозяйственный центр (ФГБУ РосИНВХЦ), ул. Филимоновская, д. 174, 344000, Ростов-на-Дону, Россия;

e-mail: vv.saprygin@gmail.com

защите прибрежных зон. Полученные в ходе работы результаты позволили сделать вывод об участках водоохранной зоны водохранилища, наиболее подверженных антропогенному воздействию, и предложен комплекс мер по его снижению.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: Цимлянское водохранилище, мониторинг состояния берегов, беспилотный летательный аппарат, антропогенная нагрузка, эрозионные формы рельефа

Grigory I. Skripka¹, Olga V. Ivlieva^{2,3}, Lyudmila A. Bespalova^{4,5}, Anton A. Filatov⁶, Vladislav V. Saprygin⁷

MONITORING OF DANGEROUS SHORE PROCESSES OF TSIMLYANSK RESERVOIR USING GIS-TECHNOLOGIES

ABSTRACT

In the article, the degree of displaying dangerous exogenetic geological processes (abrasion, landslide, erosion) of the Tsimlyansk Reservoir at the present stage of reforming its shores is assessed. A new original methodology for monitoring morphological and morphometrical characteristics of different shore types of the reservoir, using unmanned aerial vehicles (UAV) and Agisoft Photoscan tooling is proposed. For a number of shore sections of the Tsimlyansk reservoir, assessment of consequence for stirring up abrasion activity being expressed in stepping back the edge of shore steeps and reducing land fund is carried out.

In the automated information system of water bodies state monitoring, a compulsory index is monitoring of erosion dismemberment. Methods to carry out erosion processes monitoring in water protection zones (WPZ) of water bodies using software and apparatus complex, created on the base of UAVs and GIS-technologies are developed and tested, an optimal type of digital elevation models (DEM) for assessing erosion network density is determined. Based on series of photographs carried out by UAVs by the DEMs and orthophotomaps, created using Agisoft Photoscan software, the relief erosion forms are determined. Morphometrical characteristics of the relief erosion forms are also measured, the erosion network density (K) for a number of plots in the water protection zones of the Tsimlyansk Reservoir coast is determined.

In the protection zone of the Tsimlyansk Reservoir, comprehensive analysis is carried out, assessment of demographic load on the coastal area of the reservoir is conducted. Territorial zoning according to the degree of demographic load is carried out and it will allow in the future to organize planning timely measures for protecting coastal zones. The results obtained in the course of work allowed to make conclusions for the sections of the reservoir water protection

¹ Russian Information-Analytic and Research Water Economy Centre (FSBI RosIRWEC), Filimonovskaya str., 174, 344000, Rostov-on-Don, Russia; *e-mail*: skripka.grisha@yandex.ru

² Southern Federal University, B. Sadovaya str., 105/42, 344006, Rostov-on-Don, Russia; *e-mail*: ivlieva.o@mail.ru

³ Russian Information-Analytic and Research Water Economy Centre (FSBI RosIRWEC), Filimonovskaya str., 174, Rostov-on-Don, Russia; *e-mail*: ivlieva.o@mail.ru

⁴ Southern Federal University, B. Sadovaya str., 105/42, 344006, Rostov-on-Don, Russia; *e-mail*: bespalowaliudmila@yandex.ru

⁵ Russian Information-Analytic and Research Water Economy Centre (FSBI RosIRWEC), Filimonovskaya str., 174, Rostov-on-Don, Russia; *e-mail*: bespalowaliudmila@yandex.ru

⁶ Russian Information-Analytic and Research Water Economy Centre (FSBI RosIRWEC), Filimonovskaya str., 174, Rostov-on-Don, Russia; *e-mail*: fgurostov61@yandex.ru

⁷ Russian Information-Analytic and Research Water Economy Centre (FSBI RosIRWEC), Filimonovskaya str., 174, Rostov-on-Don, Russia; *e-mail*: vv.saprygin@gmail.com

zone most subject to anthropogenic activity and to propose a package of measures for its reducing.

KEYWORDS: Tsimlyansk Reservoir, monitoring of shore state, unmanned aerial vehicle, anthropogenic load, relief erosion forms

ВВЕДЕНИЕ

Цимлянское водохранилище построено более 60 лет назад; оно характеризуется широким распространением легко разрушаемых лессовидных пород и аллювиально-флювиогляциальных песков в обрывах, имеет очень низкую лесистость берегов, и поэтому их разрушение с разной степенью интенсивности наблюдается до сих пор. Пункты наблюдения сети государственного мониторинга водных объектов (ГМВО) в большинстве случаев располагаются вблизи хозяйственных и жилых объектов и не могут обеспечить получения информации об оценке и прогнозе изменения берегов на всём протяжении береговой линии. В задачи мониторинга входит оценка степени проявления опасных береговых процессов (абразионных, оползневых), оценка густоты эрозионной сети водоохранной зоны водных объектов и оценка антропогенного воздействия на водоохранную зону.

ФГБУ РосИНВХЦ с 2017 г. осуществляет разработку методик мониторинга состояния берегов водных объектов с использованием беспилотных летательных аппаратов (БЛА), а для анализа полученных материалов — ГИС-технологий. В качестве объекта исследования выбрано Цимлянское вдхр.

Анализ ряда научных публикаций [Лопухин, 1966; Вендров, Клюева, 1972; Иконников, 1972; Качугин, 1975; Золотарёв и др., 1983] фондовых материалов ряда организаций¹ показал, что переформирование берегов Цимлянского вдхр. активно проявляется на протяжении всей истории его эксплуатации и характеризуется не меньшей интенсивностью и в современный период [Kosolapov et al., 2018].

Прибрежная зона и акватория водохранилища (более 900 км) эксплуатируются многими отраслями хозяйства; в береговой полосе находятся такие города, как Волгодонск, Цимлянск, Калач-на-Дону, Котельниково, многочисленные населённые пункты, гидротехнические сооружения, водозаборы, АЭС и пр., что говорит о необходимости изучения вопросов интенсивности проявления опасных экзогенных процессов, установления зон интенсивного разрушения берегов. Более половины берегов Цимлянского водохранилища приходится на берега абразионных типов: абразионные, абразионно-обвальные, абразионно-осыпные, абразионно-оползневые. Берега характеризуются высокой интенсивностью проявления эрозионных и гравитационных склоновых процессов и нуждаются в разработке и реализации мер по предотвращению негативного их развития.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Оценка проявления опасных экзогенных геологических процессов произведена на основе наблюдений за берегами Цимлянского водохранилища за период 1953 по 2016 гг. по реперной сети и данных с беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) в 2017–2019 гг. При обследовании водоохранной зоны Цимлянского водохранилища с использованием БПЛА (модель Phantom 4Pro) была проведена оценка морфологических и

¹ Отчёт о натурных обследованиях Цимлянского водохранилища и его береговой зоны, выполненных в 2012–2013 гг. СевКавНИИВХ, 2013. 143 с.;

Отчёт по результатам обследования водоохранной зоны Цимлянского водохранилища в границах Цимлянского района Ростовской области ФГБУ «УВРЦВ». Цимлянск, 2013. 28 с.;

Схема первоочередных мероприятий по берегоукреплению Цимлянского водохранилища. Пояснительная записка. АО Южгипрводхоз. Ростов-на-Дону, 1993. 80 с.

морфометрических показателей берегов различных типов, эрозионных форм, интенсивность проявления береговых процессов.

Полученные материалы позволили решить следующие задачи:

- оценить динамику берегового обрыва;
- уточнить схему типов берегов Цимлянского вдхр.;
- произвести расчёт густоты эрозионной сети водоохранной зоны водохранилища на отдельных участках;
- дать оценку антропогенного воздействия на водоохранную зону Цимлянского вдхр.

По материалам съёмок участка берега водохранилища, выполненных с БПЛА через определенный интервал времени, были построены ортофотопланы территории с использованием ПО Agisoft PhotoScan Professional. Далее осуществлялось сопоставление одновременных ортофотопланов для наблюдения за положением бровки береговых обрывов, производились замеры величины её смещения, определялась площадь земель, утерянных в результате разрушения берегов.

Сопоставление одновременных ортофотопланов осуществлялось двумя способами: по опорным точкам, установленным на местности, и путём «параллельного» рассмотрения одновременных ортофотопланов, когда привязки к объектам на местности невозможно было установить.

Таким образом, удалось установить существенные изменения положения бровки берегового склона и выявить участки активизации экзогенных геологических процессов (ЭГП) на участках берега, не обеспеченных регулярными наблюдениями по створам сети ГМВО (Государственного мониторинга водоохранной зоны). В течение 2018–2019 гг. удалось осуществить несколько повторных съёмок на территории Дубовского и Цимлянского муниципальных районов Ростовской области и Котельниковского муниципального района Волгоградской области.

В 2017 г. на примере участка водоохранной зоны Цимлянского вдхр. в Дубовском районе Ростовской области была апробирована методика расчёта густоты эрозионной сети территории на основе фотоматериалов, полученных беспилотным летательным аппаратом, по которым в Agisoft Photoscan Professional созданы цифровые модели рельефа с горизонталями, построенными через 1 и 5 м. Непосредственно оцифровка и расчёты выполнялись в ESRI ArcMap. Данная методика позволила оценить количественные показатели развития овражно-балочной сети, провести районирование степени проявления эрозионных процессов и исследовать морфологические и морфометрические характеристики эрозионных форм.

Третье направление исследований касалось оценки антропогенного воздействия на водоохранную зону Цимлянского вдхр. Согласно Водному кодексу, в его пределах запрещена любая хозяйственная деятельность, т.к. оно имеет рыбохозяйственную ценность¹. Однако, по данным мониторинга ФГУ УВРЦВ, здесь сосредоточено значительное количество антропогенных объектов. Была проанализирована хозяйственная деятельность в водоохранной зоне Цимлянского вдхр.; проведена оценка демографической нагрузки на прибрежные территории водохранилища.

Все показатели антропогенной нагрузки были проранжированы по количеству объектов, плотности их расположения и степени воздействия в баллах с учётом весовых коэффициентов [Коробов, 2008]. Для комплексной оценки антропогенной нагрузки, кроме степени воздействия на ВЗ антропогенных объектов, были исследованы показатели демографической нагрузки, учитывающей численность и плотность населения. По полученным данным была построена схема антропогенного давления, согласно методике [Дмитриев, Фрумин, 2004].

¹ Водный кодекс Российской Федерации от 03.06.2006 N 74-ФЗ (ред. 29.07.2017)

Сильная абразия отмечается на 7 % побережья, средняя степень отступления берега отмечается на протяжении 19 %, большая часть берегов имеет слабую степень проявления экзогенных геологических процессов — 74 %.

В отдельные годы может наблюдаться резкая активизация экзогенных геологических процессов, обусловленная синоптическими и гидродинамическими факторами. Так, в 2018 г. была отмечена резкая активизация абразии берегов в результате волновой деятельности в конце весны – начале лета 2018 г. Уровень воды водохранилища, соответствующий НПУ (нормальному подпорному уровню), наблюдался только в мае 2004 г.; в 2005, 2006 и 2008 гг. в течение непродолжительного периода был на 30–40 см ниже НПУ. В остальное время, начиная с мая 2004 г. и по май 2018 г., он был на 1–2 м ниже НПУ. В августе 2018 г. наблюдалось совпадение штормовых ветров с высоким (практически равным НПУ) уровнем воды в водохранилище. Мониторинг с использованием не только традиционных, но и современных средств контроля — использованием беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) — показал значительное разрушение берегов на отдельных участках. Взаимное позиционирование ортофотопланов участка берега, протяжённостью около 1 600 м, расположенного между х. Овчинников и ст. Жуковская, показало, что в результате шторма в мае 2018 г. кромка берегового обрыва сместилась на 5–12 м, а площадь потерянной в результате размыва земли составила более 20,5 тыс. м². В х. Овчинников почти полностью были разрушены берегозащитные сооружения. Значительные разрушения отмечены также в районе х. Алдабульский, х. Кривской, ст. Нагавской. На нескольких участках, преимущественно примыкающих к входу в Кривской, Жуковский заливы, зафиксировано обрушение блоков шириной от 1 до 6,5 м. Более мелкие разрушения выявлены и на других интервалах участка. Осенью 2019 г. выявлено не менее 20 участков берега, на которых отмечены разнообразные по форме и интенсивности проявления ЭГП.

Чаще всего экзогенные геологические процессы проявляются в виде:

- трещин отрыва, проходящих на расстоянии от десятков сантиметров до первых метров от бровки обрыва;
- блоков горных пород, имеющих ширину от десятков сантиметров до 1,5–2-х метров длиной до 10–15 м;
- смещения и размыв материала, образовавшихся ранее обвалов;
- редких оплывин площадью до 300–350 м².

Выполненные в августе и октябре 2019 г. замеры по реперам, установленным ФГБУ РосИНВХЦ для наблюдения с БПЛА, отмечают стабильное положение кромки берегового обрыва, что подтверждают и наземные замеры. Причинами крайне низкой активности абразионных процессов в современный период являются резкое снижение интенсивности береговых процессов вследствие значительного понижения уровня воды в водохранилище и отсутствие обильных атмосферных осадков.

Под действием временных русловых потоков возникает сложный рельефообразующий процесс — овражная эрозия (возникновение и развитие отрицательных форм рельефа). Эрозионные формы имеют разную длину, глубину, т.е. отличаются многообразием морфометрических и морфологических характеристик. По морфометрическим данным выделяют: овраги, эрозионные борозды (рытвины) и промоины, которые являются неотъемлемой частью эрозионных процессов рельефа водоохранной зоны Цимлянского вдхр. Такое многообразие форм обусловлено геологическим строением побережья, наличием растительности, особенностью водных потоков на различных участках. На одном участке основной формой может выступать овраг, на другой — множественные рытвины и борозды. Ортофотопланы, полученные в результате съёмки береговой зоны с БПЛА, позволяют получить большой спектр данных о морфометрических особенностях овражно-балочной сети (координаты, периметр, площадь оврага, глубина оврага, длина тальвега) и построить поперечные профили оврага.

Таким образом, использование БПЛА позволяет осуществлять мониторинг овражно-балочной сети без проведения трудоёмких полевых работ по замеру эрозионных форм рельефа, и, кроме того, осуществлять мониторинг береговой зоны малодоступных участков побережья со сложным рельефом. Использование БПЛА позволяет дистанционно получить все параметры рельефа, необходимые для вычисления величины коэффициента эрозионного расчленения рельефа.

В автоматизированной информационной системе государственного мониторинга водных объектов мониторинг эрозионной расчленённости, являющейся обязательным показателем¹, характеризуется плотностью эрозионной сети (К) и определяется по формуле $K=L/P$, где L — длина эрозионной сети на площади P. Определение значения К осуществлялось по цифровым моделям рельефа (ЦМР) и ортофотопланам, созданным в программе Agisoft Photoscan Professional на основе серий фотоснимков, выполненных беспилотным летательным аппаратом. ЦМР представлены изображением рельефа с помощью изогипс, построенных через 5 м, и картами высот, на которых положение изолиний рельефа изображается изменением цвета и его интенсивности. Для проведения сравнительного анализа методических приёмов расчёта было выбрано 5 участков водоохранной зоны Цимлянского водхр., отличающихся геологическим строением, степенью эрозионной изрезанности, положением в разных частях водохранилища и др. параметрами. Для каждого из обследованных участков определялась протяжённость тальвегов всех выделенных на его территории эрозионных форм. Тальвеги балок и оврагов уверенно фиксируются практически на всех видах материалов, использованных для оценки плотности эрозионной сети.

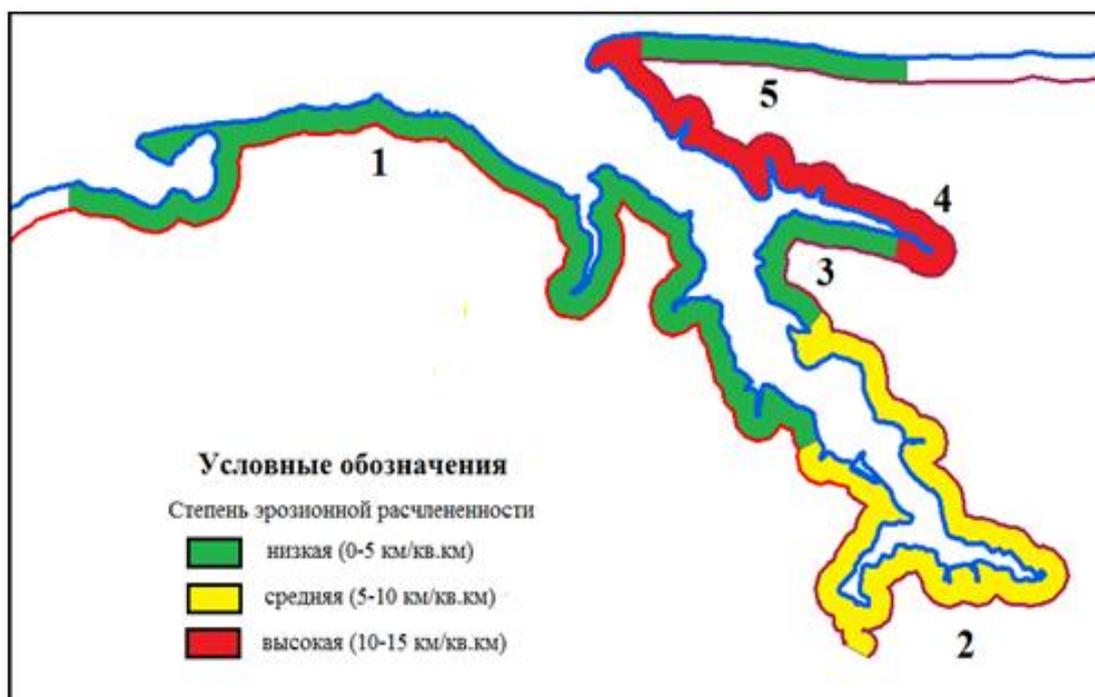


Рис. 2. Изменение степени эрозионной расчленённости участка водоохранной зоны Цимлянского водохранилища в Дубовском районе Ростовской области
 Fig. 2. Change in the degree of the erosional dismemberment of the Tsimlyansk Reservoir of the water-protection zone sector in the Dubovskiy district of the Rostovskaya region

¹ Об утверждении форм и порядка представления сведений, полученных в результате наблюдений за водными объектами, заинтересованными федеральными органами исполнительной власти, собственниками водных объектов и водопользователями. Приказ МПР РФ от 6 февраля 2008 г. № 30

В пределах водоохранной зоны Цимлянского вдхр. в Дубовском р-не Ростовской обл. было выделено 5 полигонов, отличающихся по густоте эрозионной сети. При средней величине эрозионной изрезанности 9 км/км^2 , значения K изменялось от 2 до 15 км/км^2 . С помощью линейной интерполяции значения K было ранжировано на три степени эрозионной расчленённости: 0–5 — низкая, 5–10 — средняя, 10–15 — высокая (рис. 2).

По данным мониторинга ФГУ УВРЦВ, в береговой зоне Цимлянского водохранилища сосредоточено значительное количество антропогенных объектов. Основными объектами, оказывающими влияние на ВЗ Цимлянского вдхр., являются земельные участки, базы отдыха, населённые пункты, свалки, кладбища, сбросные каналы сточных вод, промышленные объекты и пр. Для анализа степени нагрузки объектами на ВЗ Цимлянского вдхр. с помощью метода экспертных оценок были введены весовые коэффициенты (баллы), позволяющие наиболее точно определить влияние каждого из рассматриваемых факторов [Коробов, 2008].

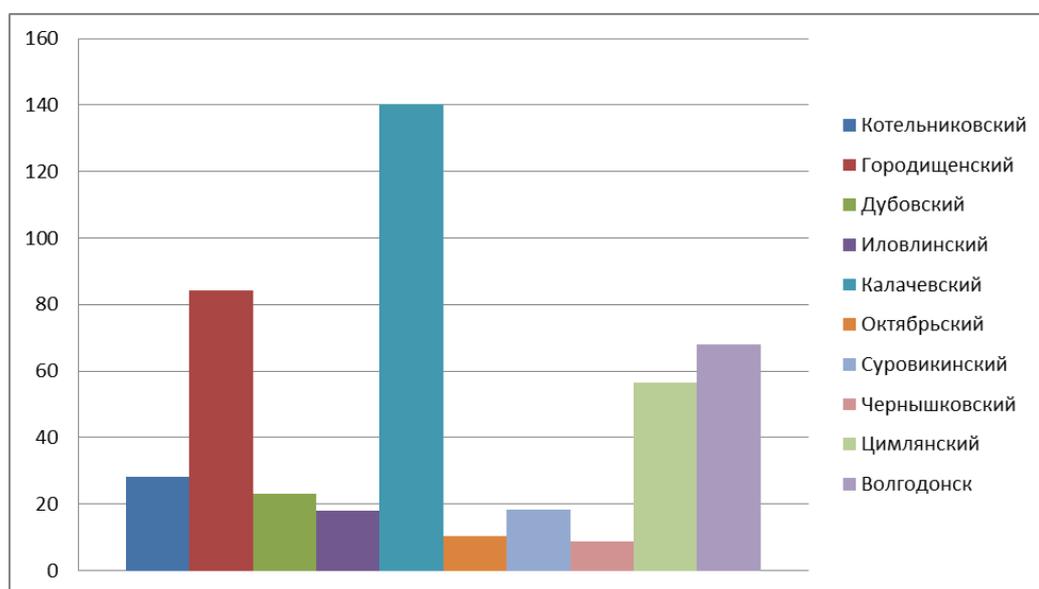


Рис. 3. Степень загрузки антропогенными объектами ВЗ Цимлянского водохранилища, баллы

Fig. 3. Degree of Tsimlyansk Reservoir WPZ overloading by the anthropogenic objects, the marks

Все показатели антропогенной нагрузки были проранжированы по количеству объектов, плотности их расположения и степени воздействия в баллах с учётом весовых коэффициентов. В результате установлено, что по загрузке антропогенными объектами ВЗ Калачевский р-н испытывает самую сильную антропогенную нагрузку. Средними показателями характеризуются Цимлянский, Городищенский р-ны и г. Волгодонск. ВЗ остальных районов имеет относительно невысокий показатель.

Для комплексной оценки антропогенной нагрузки, кроме степени воздействия на ВЗ антропогенных объектов, были исследованы показатели демографической нагрузки. Демографический фактор, учитывающий численность и плотность населения, отражается коэффициентом антропогенного давления K :

$$\lg K = -0,97 + 0,90 \lg \text{ПН},$$

где K — коэффициент антропогенного давления, ПН — плотность населения, чел./ км^2 . По сумме баллов нагрузки от антропогенных объектов и демографической компоненты была составлена карта интегральной оценки антропогенной нагрузки.

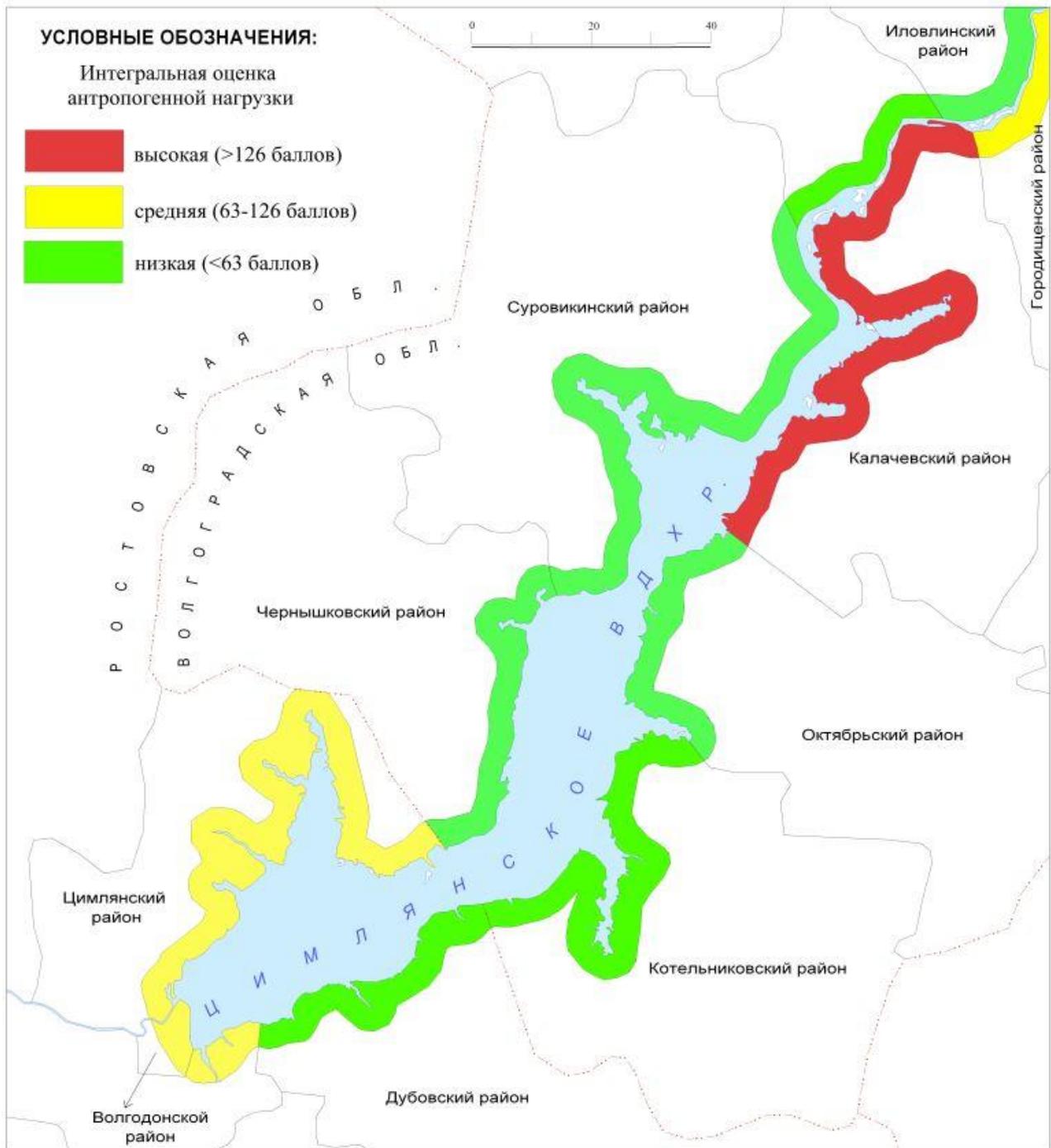


Рис. 4. Интегральная оценка антропогенной нагрузки на территорию ВЗ Цимлянского водохранилища
Fig. 4. The integral estimate of anthropogenic load on the territory of the Tsimlyansk Reservoir WPZ

ВЫВОДЫ

Использование БЛА для мониторинга изменения положения бровки береговых обрывов позволяет детально описать места фактических деформаций берега, установить границы и формы участков, разрушенных в результате проявления ЭГП, включая участки берега, не оборудованные пунктами наблюдения сети ГМВО. Наличие опорных точек наблюдения на оцениваемом участке побережья водных объектов за проявлением

экзогенных геологических процессов даёт возможность более точной количественной оценки последствий проявления их скорости и площади.

Использование БПЛА и ГИС-технологий позволяет получать информацию, существенно повышающую достоверность оценки и прогноза изменений состояния берегов водных объектов, благодаря чему возможно оценить интенсивность опасных экзогенных геологических абразионно-оползневых процессов, своевременно разработать и реализовать водоохранные мероприятия береговой зоны водных объектов. Сильная абразия берегов Цимлянского вдхр. отмечается на 7 % побережья, средняя степень отступления берега — на 19 %; большая часть берегов имеет слабую степень проявления экзогенных геологических процессов — 74 % побережья.

Уровень воды в Цимлянском вдхр. является одним из основных факторов, определяющих интенсивность разрушения его берегов. Максимальные деформации берегов абразионных типов, сопровождающиеся значительными потерями земельного фонда и поступлением материала в акваторию водохранилища, зафиксированы в результате штормов, вызванных достижением самого высокого нормального подпорного уровня.

Для мониторинга эрозионных процессов в водоохранных зонах водных объектов крайне важно в настоящее время использование программно-аппаратных комплексов, создаваемых на основе БПЛА и ГИС-технологий.

С их применением появляется возможность без проведения трудоёмких наземных полевых обследований:

- проводить измерения на ортофотопланах площадей оврагов и оценивать площадь эрозионных форм на участках водоохранной зоны (например, на исследуемых участках в Калачевском р-не площадь поражения оврагами составила 52 %, в Цимлянском — 49 %);
- определять важнейшие морфологические и морфометрические показатели состояния эрозионных форм рельефа (профиль тальвега, измерение длины тальвега, уклона тальвега и др.);
- осуществлять построение поперечных профилей оврага, определение глубин и ширины их днища, высоты, крутизны и задернованности склонов.

Исходя из полученных данных, можно сделать вывод, что к районам с высоким показателем интегральной антропогенной нагрузки относится Калачевский р-он, со средним — Цимлянский и Городищенский р-оны и г. Волгодонск. В ВЗ остальных районов зафиксирована относительно низкая антропогенная нагрузка.

Проведённые исследования показали, что в ВЗ Цимлянского вдхр. водное законодательство и регламент хозяйственной деятельности существенно нарушается из-за высокой демографической нагрузки и загруженности антропогенными объектами. В особенности это касается ВЗ Калачевского, Цимлянского, Городищенского р-нов и г. Волгодонска. Необходимо проведение регулярного системного мониторинга за объектами и видами хозяйственной деятельности, а для улучшения ситуации в исследуемых территориях должен быть усилен комплекс мер по снижению антропогенной нагрузки в водоохранной зоне.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вендров С.Л., Ключева В.А. Деформация берегов и дна Цимлянского водохранилища за 20 лет. Геоморфология, 1972. № 4. С. 24–28.
2. Дмитриев В.В., Фрумин Г.Т. Экологическое нормирование и устойчивость природных систем. СПб.: Наука, 2004. 294 с.
3. Золотарёв Г.С., Роот П.Э., Рагозин А.Л., Лехов М.В., Бурлина Т.Е. и др. Проблемы инженерной геологии ГАЭС и водохранилищ с нестационарным уровнем режимом (на

примере исследований на Среднем Днестре). М.: Издательство Московского университета, 1983. 265 с.

4. *Иконников Л.Б.* Формирование берегов водохранилища. М.: Наука, 1972. 95 с.

5. *Качугин Е.Г.* Геологическое изучение динамики берегов водохранилищ. М.: Наука, 1975. 120 с.

6. *Коробов В.Б.* Экспертные методы в географии и геоэкологии. Архангельск: Поморский государственный университет имени М.В. Ломоносова, 2008. 236 с.

7. *Лопухин С.А.* Заносимость входов в бухты-убежища Цимлянского водохранилища. Сборник работ Цимлянской ГМО. Ростов-на-Дону, 1966. Вып. 3. С. 29–37.

8. *Kosolapov A.E., Skripka G.I., Ivlieva O.V., Bepalova L.A., Kalimanov T. A.* Monitoring of dangerous exogenous geological processes in the water protection zone of Tsimlyansk Reservoir. International Symposium “Engineering and Earth Sciences: Applied and Fundamental Research” (ISEES 2018). Advances in Engineering Research. BV Amsterdam, the Netherlands: Atlantis Press, 2018. V. 177. P. 32–37. DOI: 10.2991/isees-18.2018.7.

REFERENCES

1. *Dmitriev V.V., Frumin G.T.* Ecological rate setting and the stability of natural systems. St. Petersburg: Nauka, 2004. 294 p. (in Russian).

2. *Ikonnikov L.B.* Formation of the coasts of reservoir. Moscow: Nauka, 1972. 95 p. (in Russian).

3. *Kachugin E.G.* Geological study of the dynamics of the coasts of reservoirs. Moscow: Nauka, 1975. 120 p. (in Russian).

4. *Korobov V.B.* Expert methods in the geography and the geo-ecology. Arkhangelsk: Pomor State University named after M.V. Lomonosov, 2008. 236 p. (in Russian).

5. *Kosolapov A.E., Skripka G.I., Ivlieva O.V., Bepalova L.A., Kalimanov T.A.* Monitoring of dangerous exogenous geological processes in the water protection zone of Tsimlyansk Reservoir. International Symposium “Engineering and Earth Sciences: Applied and Fundamental Research” (ISEES 2018). Advances in Engineering Research. BV Amsterdam, the Netherlands: Atlantis Press, 2018. V. 177. P. 32–37. DOI: 10.2991/isees-18.2018.7.

6. *Lopukhin S.A.* Sediment accumulation of the entrances into the bunch-refuges of Tsimlyansk Reservoir. Proceedings of the works of Tsimlyansk HMO (Hydrometeorological observatory). Rostov-on-Don, 1966. Iss. 3. P. 29–37 (in Russian).

7. *Vendrov S.L., Klyueva M.A.* Deformation of coasts and bottom of Tsimlyansk Reservoir after 20 years. Geomorphologiya, 1972. No 4. P. 24–28 (in Russian).

8. *Zolotarev G.S., Root P.E., Ragozin A.L., Lekhov M.V., Burlina T.E. et al.* Problems of engineering geology of HEPSPS (hydroelectric pumped storage power stations) and reservoirs with non-stationary level mode (on the example of the researches on the Middle Dniester). Moscow: Moscow University Press, 1983. 265 p. (in Russian).