

УДК 502.171:546.212:574.58
DOI: 10.7868/S25000640220106

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВОДООХРАННОЙ ЗОНЫ ЦИМЛЯНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

© 2022 г. В.В. Глинка^{1,2}, Л.А. Беспалова^{1,2}

Аннотация. Целью исследования является геоэкологическая оценка водоохранной зоны Цимлянского водохранилища. Выполнены комплексные исследования территории водоохранной зоны общей протяженностью более 600 км. В основу работы положены материалы дистанционного зондирования побережья Цимлянского водохранилища с использованием беспилотных летательных аппаратов Phantom 4 Pro и Phantom 4 Advanced. Обработка полученных материалов проводилась в программах Agisoft Metashape Professional и ArcGIS. Материалы включают в себя фотографии и видеосъемку, а также полученные в ходе камеральной обработки ортофотопланы. Сформированы базы данных основных параметров, необходимых для проведения геоэкологической оценки: степень эрозионной расчлененности территории, интенсивность абразии берегов, антропогенное давление и антропогенная нагрузка. Рассмотрены методы геоэкологической оценки путем анализа представленных параметров. Полностью обследована водоохранная зона на территории Октябрьского и Суровикинского районов Волгоградской области, вся разрешенная для полетов беспилотных летательных аппаратов водоохранная зона в границах Дубовского, Цимлянского районов Ростовской области и Котельниковского района Волгоградской области и более 80 % территории Калачёвского района Волгоградской области. Представленные карты-схемы позволяют получить наиболее точное представление о геоэкологическом состоянии водоохранной зоны, включая анализ хозяйственной деятельности и ее воздействия на природу исследуемой территории.

В результате проведенных исследований создана серия ГИС-карт, отражающих геоэкологические показатели состояния водоохранной зоны: карта интенсивности проявления экзогенных геологических процессов (скорости разрушения берегов), карта эрозионной расчлененности водоохранной зоны, карта антропогенного давления (демографической нагрузки) и карта антропогенной нагрузки, учитывающая все виды хозяйственной деятельности на исследованной территории. Итогом исследования является геоэкологическая оценка водоохранной зоны по степени проявления опасных природно-антропогенных процессов.

Ключевые слова: Цимлянское водохранилище, водоохранная зона, геоэкологическая оценка, беспилотный летательный аппарат, эрозионная расчлененность, интенсивность абразии, антропогенное давление, антропогенная нагрузка.

GEOECOLOGICAL ASSESSMENT OF THE WATER PROTECTION ZONE OF THE TSIMLYANSK RESERVOIR

V.V. Glinka^{1,2}, L.A. Bepalova^{1,2}

Abstract. The objective of the study is a geoeological assessment of the water protection zone of the Tsimlyansk Reservoir. A comprehensive assessment of the water protection zone with total length more than 600 km was carried out. The study was based on the materials of remote surveys carried out using the Phantom 4 Pro and Phantom 4 Advanced unmanned aerial vehicles, and processed in the Agisoft Metashape Professional and ArcGIS software. The materials include photos and videos, as well as orthophotomaps obtained during

¹ Российский информационно-аналитический и научно-исследовательский водохозяйственный центр (Russian Information, Analytical and Research Water Management Center Russian, Rostov-on-Don, Federation), Российская Федерация, 344000, г. Ростов-на-Дону, ул. Филимоновская, 174

² Институт наук о Земле Южного федерального университета (Institute of Earth Sciences of the Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russian Federation), Российская Федерация, 344090, г. Ростов-на-Дону, ул. Зорге, 40, e-mail: arhangel-vadim@mail.ru

the office analysis. Databases of the main parameters necessary for carrying out a geoeological assessment have been formed: the degree of erosional dissection, the intensity of abrasion, anthropogenic pressure and anthropogenic load. The article discusses the methods of geoeological assessment by analyzing the parameters presented. The water protection zone on the territory of Oktyabrskiy and Surovikino districts of Volgograd Region was completely surveyed. The entire water protection zone allowed for unmanned aerial vehicles flights within the boundaries of Dubovskoe, Tsimlyansk districts of Rostov Region and Kotelnikovo district of Volgograd Region as well as more than 80% of the territory of Kalachevsky district of Volgograd Region was investigated. The presented schematic maps obtained by analyzing high-precision orthophotomaps allow us to get a full picture of the geoeological state of the Tsimlyansk Reservoir water protection zone including economic activity analysis and its impact to the nature of the investigated territory.

As a result of the conducted research, a series of GIS maps reflecting the geoeological indicators of the state of the water protection zone was created: a map of intensity of exogenous geological processes (the rate of destruction of the shores), a map of erosion fragmentation of the water protection zone, anthropogenic pressure map (demographic load), and a map of anthropogenic load, taking into account all types of economic activity in the studied territory. The result of the study is a geoeological assessment of the water protection zone according to the degree of manifestation of dangerous natural and anthropogenic processes.

Keywords: Tsimlyansk Reservoir, water protection zone, geoeological assessment, unmanned aerial vehicle, erosional dissection, intensity of abrasion, anthropogenic pressure, anthropogenic load.

ВВЕДЕНИЕ

Своевременное выявление опасных природных и антропогенных процессов в водоохранных зонах имеет огромное значение для принятия адекватных мер по блокированию и минимизации последствий их проявления.

Цимлянское водохранилище расположено в пределах Ростовской и Волгоградской областей. С учетом большой протяженности и особенностей природных условий его берегов осуществление регулярных наблюдений за состоянием водоохранной зоны и соблюдением охранного режима традиционными методами наземных обследований явно недостаточно. Для получения максимально полной, объективной, актуализированной информации о геэкологическом состоянии водоохранной зоны Цимлянского водохранилища проведен комплекс работ с использованием беспилотных летательных аппаратов. В задачи исследования входила геэкологическая оценка степени эрозионной расчлененности, интенсивности абразии, антропогенного давления и антропогенной нагрузки.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В основу исследования положены материалы полевых и камеральных исследований, выполненных в Российском информационно-аналитическом и научно-исследовательском водохозяйственном центре в период 2017–2021 гг.

Геоморфологическими исследованиями была охвачена вся водоохранная зона, разрешенная для

полетов беспилотных летательных аппаратов, протяженностью более 600 км; изученная территория условно разделена на три участка (рис. 1).

В ходе проведения геэкологической оценки водоохранная зона была разделена на 673 ячейки с площадью, примерно равной 1 км². Для каждой ячейки проведен анализ проявления опасных при-

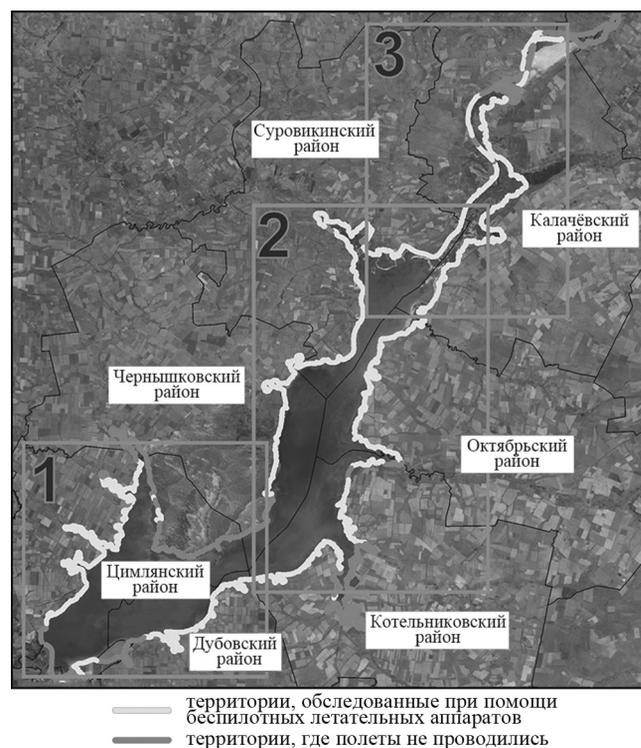


Рис. 1. Схема проведенных обследований берегов Цимлянского водохранилища (2017–2020 гг.). Территория разделена на три участка.

Fig. 1. Conducted surveys scheme of the Tsimlyansk Reservoir shores in 2017–2020. The territory is divided into three sectors.

родно-антропогенных процессов, включая следующие показатели: эрозионная расчлененность, интенсивность абразии берегов, антропогенное давление, антропогенная нагрузка, – после чего были выделены участки с высокой, средней и низкой степенью проявления природно-антропогенных процессов путем объединения этих ячеек по балльным показателям.

Оценка эрозионной расчлененности. Оценка развития эрозионных процессов в водоохранной зоне Цимлянского водохранилища с использованием показателей горизонтальной расчлененности проведена на основе съемок с беспилотных летательных аппаратов Phantom 4 Pro и Phantom 4 Advanced. Обработка полученных материалов произведена в программах Agisoft Metashape Professional и ArcGIS [1].

Оценка горизонтальной расчлененности территории выполнена путем расчета комплекса коэффициентов: 1) коэффициента расчлененности тер-

ритории (I); 2) среднего расстояния между соседними тальвегами эрозионной сети (a); 3) коэффициента овражности (P) [2].

Коэффициент расчлененности территории определяется по формуле:

$$I = L / S,$$

где I – коэффициент расчлененности территории, км/км²; L – длина овражно-балочной сети, км; S – площадь, в пределах которой изменяется длина гидрографической сети, км².

Расчет показателя горизонтальной эрозионной расчлененности a соответствует среднему расстоянию между соседними тальвегами и выполнен по формуле:

$$a = S / L,$$

где a – среднее расстояние между соседними тальвегами в пределах площади S ; L – суммарная длина тальвегов на исследуемой площади.

Коэффициент овражности P определялся как отношение площади оврагов S (км²) к площади участ-

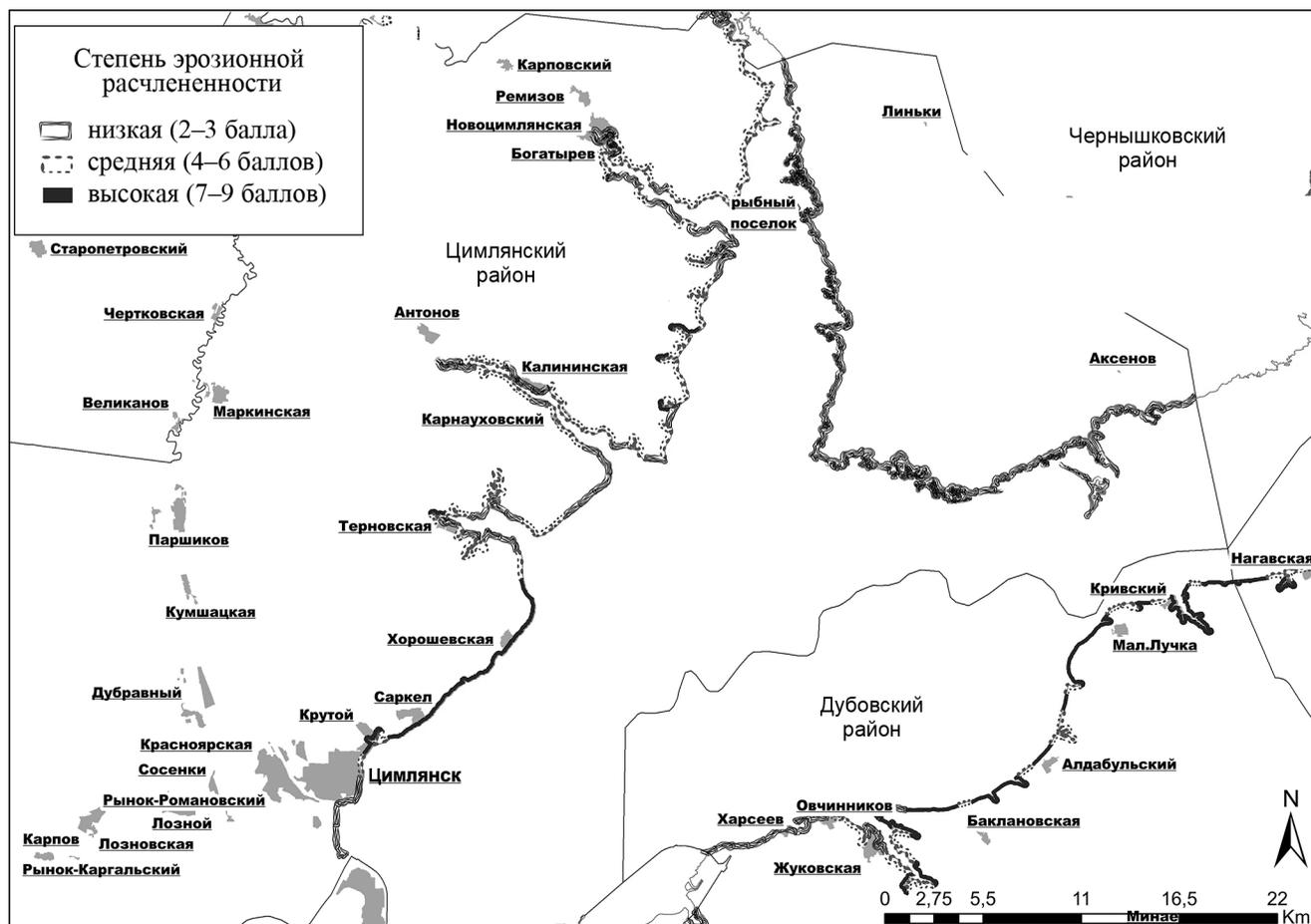


Рис. 2. Карта-схема эрозионной расчлененности участка 1, составленная на основе трех параметров горизонтальной расчлененности (I , a , P).

Fig. 2. Schematic map of erosional dissection of sector 1 compiled on the basis of three parameters of horizontal dissection (I , a , P).

Таблица 1. Интенсивность продвижения берегов Цимлянского водохранилища по данным ФГУ «УВРЦВ» за период 1953–2016 гг.
Table 1. The intensity of the Tsimlyansk Reservoir shores movement according to the data of the Federal State Institution “Water management of the Tsimlyansk Reservoir” for the period 1953–2016

Местонахождение створа наблюдений Location of observation point	Интенсивность продвижения коренного берега за год (м/год) The rate of advancement of the valley side per year (m/year)		
	1953–1994	1995–2011	2011–2016
Хутор Овчинников Ovchinnikov village	6,66	2,6	0,1
Хутор Кривский Krivsky village	3,21	1,37	0,38
Между станцией Нагавской и хутором Весёлым Between Nagavskaya station and Vesely village	2,8	1,04	0,07
Хутор Ильмень-Суворовский Imen-Suvorovskiy village	2,5	2,23	0,04
Железнодорожная станция «Пост 278 км» Railway station “Post 278 km”	–	0,36	0,15
Метеостанция в станице Нижний Чир Weather station in Nizhniy Chir village	1,5	0,11	0,17
Хутор Суворовский Suvorovsky village	1,83	1,16	0,3
Станица Хорошевская Khoroshevskaya village	3,15	1,64	0,66
Цимлянск, садоводческое товарищество «Винзавод» Tsimlyansk, gardening association “Vinzavod”	–	0,95	0,36
Цимлянск, Приморский парк Tsimlyansk, Primorskiy Park	–	1,32	0,35

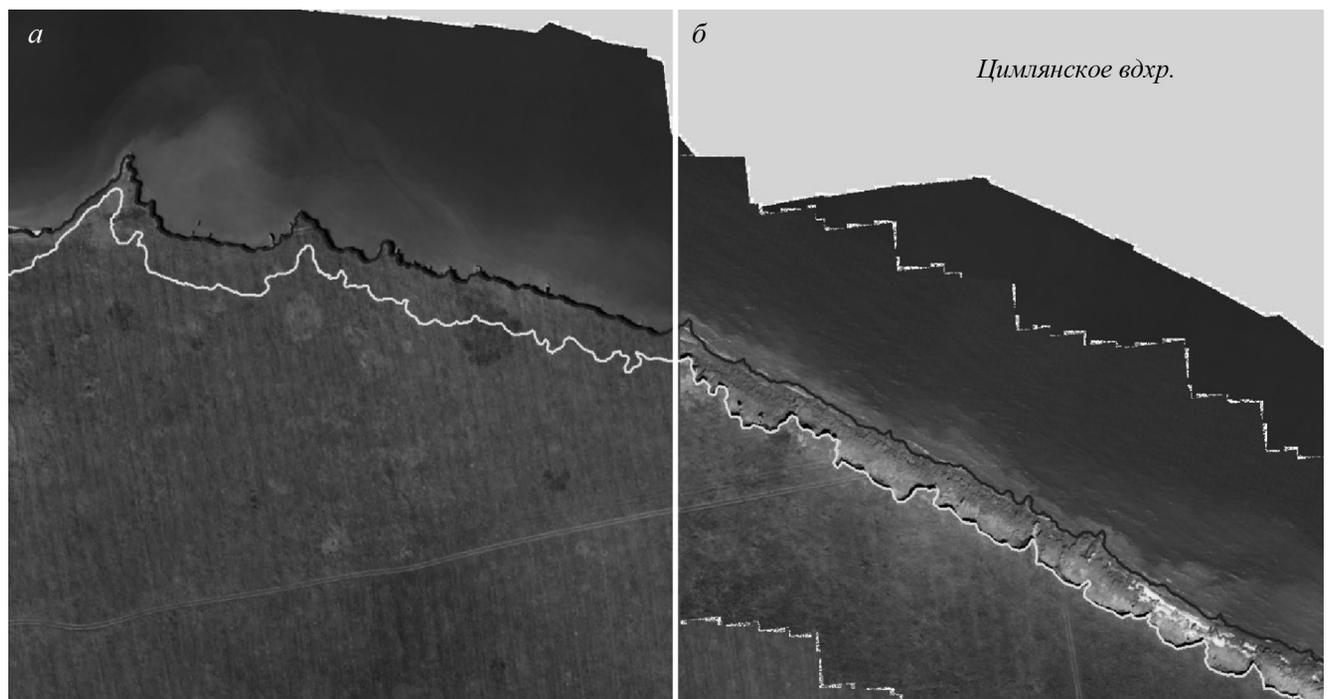


Рис. 3. Изменение положения бровки берегового обрыва на участке между х. Овчинниковым и ст. Жуковской: *a* – фрагмент ортофотоплана, составленного по материалам съемок с беспилотного летательного аппарата до шторма, *б* – после шторма в мае 2018 г.
Fig. 3. Change in the position of the edge of the coastal cliff in the sector between Ovchinnikov village and Zhukovskaya village: *a* – a fragment of an orthophotomap, compiled based on materials from unmanned aerial vehicles surveys before the storm, *b* – after the storm in May 2018.

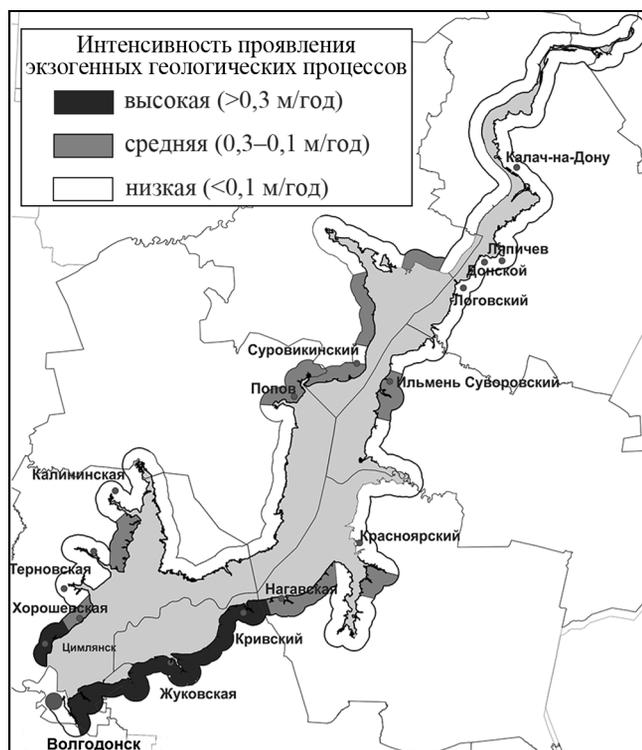


Рис. 4. Интенсивность проявления экзогенных геологических процессов (абразивно-оползневых) на берегах Цимлянского водохранилища в современный период (2011–2020 гг.).

Fig. 4. The intensity of the manifestation of exogenous geological processes (abrasion-landslide) of the Tsimlyansk Reservoir in the modern period (2011–2020).

ка водоохранной зоны (км²) (данный параметр можно измерять в процентах).

Для оценки горизонтальной расчлененности каждый из представленных параметров рассчитывался отдельно и имел свою шкалу ранжирования с присвоенными рангами для каждой из ячеек. Ранжирование параметров производилось при помощи метода геометрических интервалов с учетом экспертной оценки.

Коэффициенты эрозионной расчлененности согласно балльной оценке подразделялись на низкий (1 балл), средний (2 балла), высокий (3 балла). Путем суммирования балльных показателей в пределах ячеек были получены единые карты эрозионной расчлененности (одна из них представлена на рисунке 2).

Оценка скорости абразии. Для оценки интенсивности размыва берегов были обработаны материалы стационарных наблюдений на реперной сети Управления водных ресурсов Цимлянского водохранилища (ФГУ «УВРЦВ») за период 1953–2016 гг. и данные мониторинга с беспилотных летательных аппаратов (табл. 1).

Таблица 2. Весовые коэффициенты объектов антропогенной нагрузки по результатам экспертных оценок
Table 2. Weight coefficients of objects of anthropogenic load based on the results of expert assessments

Объекты антропогенной нагрузки Objects of anthropogenic load	Весовые коэффициенты / Weight coefficients
Хутора, поселения и колхозы Farms, settlements and collective farms	0,6
Город / City	1
Водозаборы и насосные станции Water intakes and pumping stations	0,5
Станции (аварийно-спасательные, автозаправочные, лодочные) / Stations (rescue, gas station, boat)	0,5
Сбросные каналы сточных вод Wastewater discharge channels	1,0
Рыболовецкие станы Fishing camps	0,6
Свалки (более 100 м ²) Landfills (over 100 m ²)	1,0
Свалочный очаг твердых бытовых отходов (менее 100 м ²) / Landfill for solid waste (less than 100 m ²)	0,2
Свалочный очаг строительного мусора (менее 100 м ²) / Landfill site of construction waste (less than 100 m ²)	0,1
Свалочный очаг животного происхождения (менее 100 м ²) / Landfill site of animal origin (less than 100 m ²)	0,2
Кладбища / Cemeteries	0,4
Плотины, дамбы Dams	0,7
Земельные участки, жилые дома Land plots, residential buildings	0,6
Порты, причалы, приемка рыбы и отстоя судов / Ports, berths, reception of fish and ships' layover	0,8
Пункты рекреации Recreation points	0,9
Частное хозяйство Private farm	0,8
Промышленные объекты Industrial facilities	1,0
Сельскохозяйственные объекты Agricultural objects	0,9
Заброшенные/недействующие объекты / Abandoned/inactive objects	0,2
Базы отдыха Recreation centers	0,7

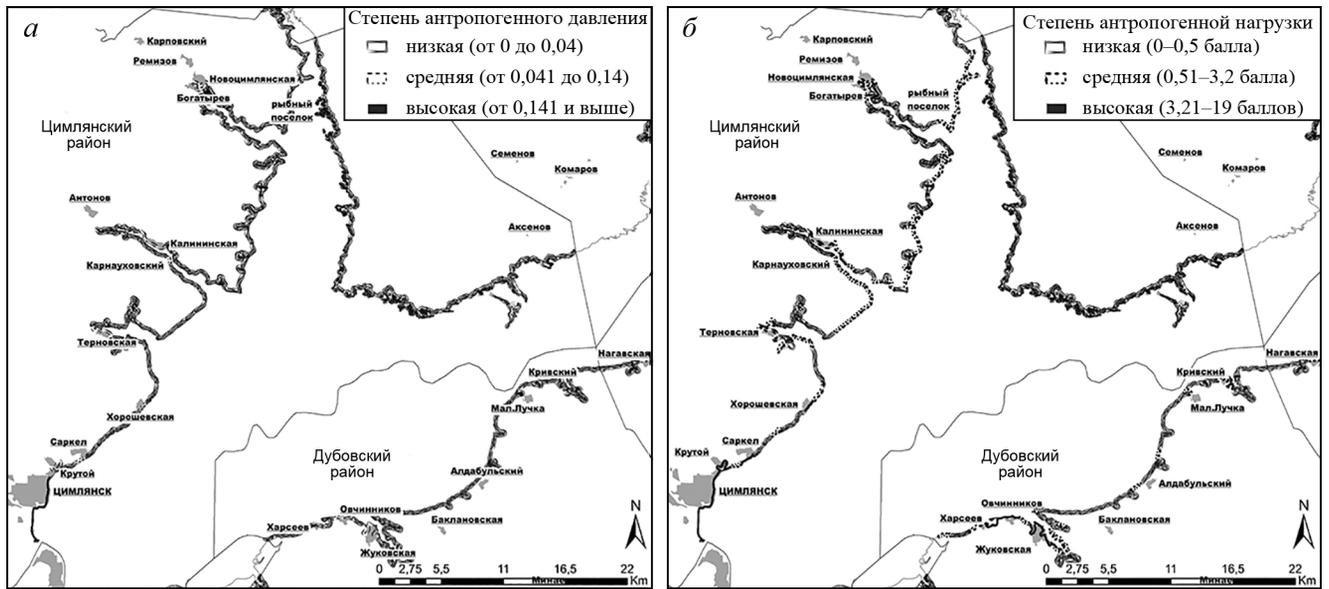


Рис. 5. Карты-схемы антропогенного давления (а) и антропогенной нагрузки (б) на примере участка 1.
Fig. 5. Schematic maps of anthropogenic pressure (a) and anthropogenic load (b) on the example of sector 1.

Несмотря на относительную стабилизацию с момента создания водохранилища, переработка берегов продолжается и в настоящее время. Это обусловлено геологическими условиями (берега водохранилища характеризуются широким распространением лёссовидных пород и аллювиально-флювиогляциальных песков), низкой лесистостью, а также повсеместным присутствием конфликтных форм природопользования в водоохранной зоне (распашка склонов, выпас, строительство гидротехнических сооружений и др.) [3; 4].

В ходе мониторинга водоохранной зоны при помощи технологий беспилотных летательных аппаратов в мае 2018 г. после шторма зафиксировано сильное разрушение берегов в Дубовском районе Ростовской области. Берег локально отступил на 5 м и более. Подобные съемки с беспилотных летательных аппаратов позволили уточнить и дополнить наблюдения на существующей реперной сети (рис. 3). По данным съемок построена карта интенсивности проявления абразионных процессов берегов Цимлянского водохранилища (рис. 4).

Антропогенное давление. Оценка антропогенного давления выполнялась по методике, предложенной В.В. Дмитриевым и Г.Т. Фруминим [5]. Авторы исходят из того, что современные технологии направлены на более эффективное использование природных ресурсов (потребление и уничтожение биомассы для удовлетворения потребностей человека) и, следовательно, на изменение окружающей среды, ее деформацию, формирование локальных,

региональных и глобальных нарушений. Воздействии на окружающую среду осуществляется путем использования различных видов энергии человеком. Чем больше показатель плотности населения на территории, тем интенсивность использования различных видов энергии выше.

В результате антропогенное давление представляет собой интегральную величину энергии, используемой на единицу площади территории [5]. Для оценки антропогенного давления вводится коэффициент антропогенного давления (K). Рассчитывается он по формуле:

$$\lg K = 0,97 + 0,91 \lg \text{ПН},$$

где ПН – плотность населения, чел./км².

При оценке плотности населения использованы данные Федеральной службы государственной статистики [6]. Расчеты осуществляли в пределах населенных пунктов, расположенных непосредственно в водоохранной зоне и связанных с ней территориально.

Показатели антропогенного давления на уровне средних и высоких значений закономерно зафиксированы в населенных пунктах, которые находятся в водоохранной зоне (рис. 5а).

Антропогенная нагрузка. Водоохранная зона довольно интенсивно используется в хозяйственном отношении, что зачастую приводит к возникновению разного рода экологических конфликтов [7]. Определение антропогенной нагрузки проводилось с использованием балльного метода [8]. В результате статистического анализа выведены

Таблица 3. Матрица Мак-Кинси по балльным показателям антропогенных и природных процессов для общей исследованной площади водоохранной зоны Цимлянского водохранилища
Table 3. McKinsey matrix according to the scores of anthropogenic and natural processes for the whole investigated area of the water protection zone of the Tsimlyansk Reservoir

Природные процессы / Natural processes	высокий (6 баллов) high (6 points)	5 %	0,5 %	не выявлены not identified
	средний (4–5 баллов) medium (4–5 points)	26 %	4 %	0,2 %
	низкий (2–3 балла) low (2–3 points)	60 %	4 %	0,2 %
		низкий (2–3 балла) / low (2–3 points)	средний (4–5 баллов) / medium (4–5 points)	высокий (6 баллов) / high (6 points)
		Антропогенные процессы Anthropogenic processes		

средние максимальных и минимальных показателей с учетом весовых коэффициентов, полученных на основе метода экспертной оценки. Оценивалась значимость антропогенных объектов, находящихся в водоохранной зоне Цимлянского водохранилища, по степени их воздействия на окружающую среду (табл. 2) [9; 10]. Весовые коэффициенты являются множителями, корректирующими значения вклада антропогенных объектов в антропогенную нагрузку [11]. Антропогенная нагрузка оценивалась для каждой ячейки. В результате объединения ячеек с одинаковыми показателями (баллами) была получена карта антропогенной нагрузки (рис. 5б).

РЕЗУЛЬТАТЫ

На основании всех представленных материалов были построены карты для комплексной

геоэкологической оценки территории водоохранной зоны.

На долю территорий с высокой степенью проявления природно-антропогенных процессов приходится 13 % водоохранной зоны, со средней – 32 %, с низкой – 55 %.

Для оценки вклада природных или антропогенных факторов в дестабилизацию водоохранной зоны применялась матрица Мак-Кинси [12], которая представляет координатную плоскость отношения антропогенных факторов к природным и доли их проявления от общей исследованной площади водоохранной зоны Цимлянского водохранилища (табл. 3). Оказалось, что 60 % площади водоохранной зоны относится к территории с низким проявлением как антропогенных, так природных процессов, 23 % характеризуется средним проявлением природных и низким проявлением антропогенных процессов (рис. 6).

Согласно проведенным исследованиям наиболее напряженная геоэкологическая ситуация (высокая степень проявления природно-антропогенных процессов) определяется на трех участках водоохранной зоны.

Первый участок это водоохранная зона от х. Овчинников Дубовского района Ростовской области до границы с Котельниковским районом Волгоградской области протяженностью 77 км. В пределах данного участка развиты преимущественно абразионные берега. Скорость абразии составляет более 0,3 м/год. Водоохранная зона имеет высокую степень эрозионной расчлененности. Наибольшие показатели антропогенной нагрузки и антропогенного давления приурочены к населенным пунктам (х. Овчинников, ст. Жуковская и х. Кривский). Высокая степень проявления опасных природно-антропогенных процессов характерна для 81 % площади исследуемого участка, остальные 19 % занимают территории со средней степенью проявления природно-антропогенных процессов. Геоэкологическая нестабильность обусловлена главным образом природными факторами – абразией берегов и овражно-балочной эрозией.

Второй участок с высокой степенью проявления природно-антропогенных процессов это водоохранная зона от г. Цимлянска до южного входа в Терновской залив протяженностью 27 км. Неблагоприятная экологическая обстановка здесь обусловлена эрозионной деятельностью и абразионными процессами. Высокая степень антропогенной нагрузки характерна для территорий г. Цимлянска, х. Круто-

го и х. Саркел. На данном участке зафиксировано большое количество свалочных очагов, что сильно повысило антропогенную нагрузку. Водоохранная зона этого участка характеризуется высокой степенью проявления опасных природно-антропогенных процессов на 73 % территории, на остальных 27 % – средняя степень их проявления.

В пределах третьего участка – у г. Калач-на-Дону, протяженность 17 км – основным фактором высокой степени проявления природно-антропогенных процессов, в отличие от предыдущих участков, является антропогенное давление и антропогенная нагрузка. Здесь 47 % водоохранной зоны представлены техногенными берегами, состоящими из берегозащитных сооружений и прибрежной инфраструктуры. Весь участок (100 % водоохранной зоны) характеризуется высокой степенью проявления опасных природно-антропогенных процессов.

ВЫВОДЫ

На основе комплекса данных полевых и камеральных исследований с применением беспилотных летательных аппаратов, анализа большого количества картографических материалов, фондовых и литературных источников была проведена оценка природно-антропогенных процессов в водоохранной зоне Цимлянского водохранилища.

В результате проведенных исследований создана серия ГИС-карт, отражающих геоэкологические показатели состояния водоохранной зоны: карта интенсивности проявления экзогенных геологических процессов, отображающая скорость разрушения берегов; карта эрозионной расчлененности водоохранной зоны; карта антропогенного давления, выявляющая демографическую нагрузку на территорию; карта антропогенной нагрузки, учитывающая все виды хозяйственной деятельности на изученной территории. Итогом исследования является геоэкологическая оценка водоохранной зоны по степени проявления опасных природно-техногенных процессов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кушкин А.В. 2015. Обзор свободного программного обеспечения для обработки результатов маловысотной аэрофотосъемки с БПЛА. В кн.: *Геодезия, картография, геоинформатика и кадастры. От идеи до внедрения. Сборник материалов Международной научно-практической конференции (Санкт-Петербург, 11–13 ноября 2015 г.)*. СПб., Политехника: 38–39.

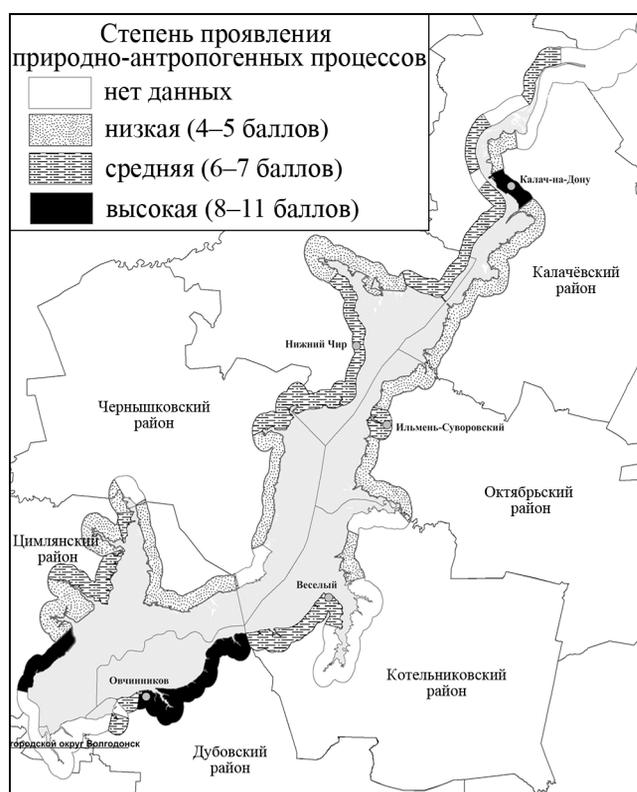


Рис. 6. Геоэкологическое районирование водоохранной зоны Цимлянского водохранилища.

Fig. 6. Geoeological zoning of the water protection of the Tsimlyansk Reservoir.

На большей части водоохранной зоны (более 55 %) выявлена низкая степень проявления природно-антропогенных процессов. Однако практически вся водоохранная зона на территории Дубовского района Ростовской области, участок от г. Цимлянска до Терновского залива характеризуются интенсивным проявлением опасных экзогенных геологических процессов (разрушением берегов и высокой степенью эрозионной расчлененности территории). Водоохранная зона у г. Калач-на-Дону испытывает сильное антропогенное давление и антропогенную нагрузку. Для этих территорий требуется разработка специальных рекомендаций по минимизации негативных последствий природно-антропогенных воздействий.

2. Косолапов А.Е., Скрипка Г.И., Беспалова Л.А., Глинка В.В., Ивлиева О.В., Сапрыгин В.В. 2021. Оценка горизонтальной и вертикальной эрозионной расчлененности водоохранной зоны Цимлянского водохранилища (на примере Дубовского района). *Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Естественные науки*. 1: 81–88. doi: 10.18522/1026-2237-2021-1-81-88
3. Косолапов А.Е., Скрипка Г.И., Беспалова Л.А., Ивлиева О.В., Дандара Н.Т., Сердюк Л.В. 2017. Районирование берегов

- Цимлянского водохранилища по степени проявления опасных экзогенных геологических процессов. *Естественные и технические науки*. 10: 59–68.
4. Величко А.А. 1959. О некоторых морфометрических различиях между оврагом, балкой и речной долиной. *Вопросы географии*. 46: 199–202.
 5. Дмитриев В.В., Фрумин Г.Т. 2004. *Экологическое нормирование и устойчивость природных систем*. СПб., Наука: 294 с.
 6. Демография. 2021. *Федеральная служба государственной статистики*. URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/12781> (дата обращения: 10.08.2019).
 7. Новикова Н.М., Калужная И.Ю., Калужная Н.С., Сохина Э.Н., Зубов И.А. 2012. Выявление и картографирование экологических конфликтов на примере Цимлянского водохранилища. *Аридные экосистемы*. 18(3): 31–43.
 8. Коробов В.Б., Тутыгин А.Г. 2010. *Классификационные методы решения эколого-экономических задач*. Архангельск, изд-во Поморского государственного университета им. М.В. Ломоносова: 309 с.
 9. Коробов В.Б. 2008. *Экспертные методы в географии и геоэкологии*. Архангельск, изд-во Поморского государственного университета им. М.В. Ломоносова: 236 с.
 10. Закруткин В.Е., Рышков М.М., Кизицкий М.И., Смагина Т.А., Шишкина Д.Ю., Цвильева Е.М., Кожин А.А., Ларина Т.Н. 1999. Экологический атлас Ростовской области: структура, содержание и методика оценки ситуации. *Известия Российской академии наук. Серия географическая*. 1: 88–95.
 11. Коробов В.Б. 2002. О методологии построения шкал для классификации природных объектов на основе балльных оценок. *Проблемы региональной экологии*. 4: 99–108.
 12. Тутыгин А.Г., Коробов В.Б. 2005. Оптимизация управления окружающей средой при помощи матрицы Мак-Кинси. *Экономика и управление*. 1: 81–85.
 2. Kosolapov A.E., Skripka G.I., Bepalova L.A., Glinka V.V., Ivlieva O.V., Saprygin V.V. 2021. [Evaluation of horizontal and vertical erosion of the water protection zone of the Tsimlyansk Reservoir (a case of Dubovsky district)]. *Izvestiya vuzov. Severo-Kavkazskiy region. Estestvennye nauki*. 1: 81–88. (In Russian). doi: 10.18522/1026-2237-2021-1-81-88
 3. Kosolapov A.E., Skripka G.I., Bepalova L.A., Ivlieva O.V., Dandara N.T., Serdyuk L.V. 2017. [Zoning of the banks of the Tsimlyansk reservoir according to the degree of manifestation of hazardous exogenous geological processes]. *Estestvennye i tekhnicheskie nauki*. 10: 59–68. (In Russian).
 4. Velichko A.A. 1959. [On some morphometric differences between a ravine, a gully and a river valley]. *Voprosy geografii*. 46: 199–202. (In Russian).
 5. Dmitriev V.V., Frumin G.T. 2004. *Ekologicheskoe normirovanie i ustoychivost' prirodnykh system*. [Environmental regulation and sustainability of natural systems]. St Petersburg, Nauka: 294 p. (In Russian).
 6. [Demography]. 2021. *Federal'naya sluzhba gosudarstvennoy statistiki*. Available at: <https://rosstat.gov.ru/folder/12781> (accessed 10 August 2019). (In Russian).
 7. Novikova N.M., Kalioujnaia I.Yu., Kalioujnaia N.S., Sokhina E.N., Zubov I.A. 2012. Identification and mapping of environmental conflicts for the Tsimlyansk water reservoir. *Arid ecosystems*. 2(3): 156–164. doi: 10.1134/S2079096112030110
 8. Korobov V.B., Tutygin A.G. 2010. *Klassifikatsionnye metody resheniya ekologo-ekonomicheskikh zadach*. [Classification methods for solving environmental and economic problems]. Arkhangelsk, Pomor State University: 309 p. (In Russian).
 9. Korobov V.B. 2008. *Ekspertnye metody v geografii i geoekologii*. [Expert methods in geography and geoecology]. Arkhangelsk, Pomor State University: 236 p. (In Russian).
 10. Zakrutkin V.E., Ryshkov M.M., Kizitskiy M.I., Smagina T.A., Shishkina D.Yu., Tsvyleva E.M., Kozhin A.A., Larina T.N. 1999. [Ecological atlas of Rostov Region: structure, content and methodology for assessing the situation]. *Izvestiya Rossiyskoy akademii nauk. Seriya geograficheskaya*. 1: 88–95. (In Russian).
 11. Korobov V.B. 2002. [On the methodology for constructing scales for the classification of natural objects based on point scores]. *Problemy regional'noy ekologii*. 4: 99–108. (In Russian).
 12. Tutygin A.G., Korobov V.B. 2005. [Optimizing environmental management with the McKinsey matrix]. *Ekonomika i upravlenie*. 1: 81–85. (In Russian).

REFERENCES

Поступила 25.07.2021