

УДК: 528.77

DOI: 10.35595/2414-9179-2020-2-26-384-395

Е.Г. Мишвелов<sup>1</sup>, А.Н. Кривошеев<sup>2</sup>, И.А. Бакуменко<sup>3</sup>

## ЭВОЛЮЦИЯ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ОТКАЗНЕНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА СТАВРОПОЛЬСКОГО КРАЯ

### АННОТАЦИЯ

Данное исследование было проведено с целью мониторинга и оценки геоэкологического состояния Отказненского вдхр. Ставропольского края в период с 1978 по 2018 гг. и основано главным образом на анализе данных спутникового дистанционного зондирования Земли с применением ГИС-технологий, фондовых материалов и сведений открытых источников информации.

Антропогенная деятельность второй половины XX в. сопровождалась для Северного Кавказа значительным зарегулированием и изменением стока рек, созданием мощной искусственной гидрографической сети, изменением трофности и гидрохимического режима водных объектов [Мишвелов, Самотоев, 2011; Абшаев и др., 2003; Дегтяренко, 1988]. К началу 1970-х г. гидрографическая сеть пополнилась водохозяйственным комплексом, состоящим из магистральных каналов, например, Бол. Ставропольского и Терско-Кумского. Общая протяжённость всех каналов составила 4000 км (для сравнения — длина р. Кумы ~ 800 км, р. Калаус ~ 400 км). Объём годовой переброски воды по каналам достигал 2500 млн м<sup>3</sup>, причём до 90 % — это вода р. Кубань.

Данные спутникового дистанционного зондирования позволили установить особенности геоэкологического состояния, в т.ч. многолетней и сезонной динамики площади и др. морфометрических характеристик равнинного водохранилища за весь период эксплуатации.

Анализ публикаций по тематике дистанционного мониторинга и оценки динамики состояний водных объектов и в целом гидрографических сетей показал высокую эффективность и перспективность использования методов ДЗЗ. Они обеспечивают многомасштабность и многовременность изучения. Экосистемы водных объектов отлично проявляются на космических снимках, они ничем не скрыты, одноярусны, хорошо дешифрируются как по текстуре, так и по спектральным характеристикам.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** landsat, мониторинг, водохранилище, ГИС-технологии

<sup>1</sup> ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет», ул. Пушкина, д. 1, 355017, Ставрополь, Россия; e-mail: [mishvelov@mail.ru](mailto:mishvelov@mail.ru)

<sup>2</sup> ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет», ул. Пушкина, д. 1, 355017, Ставрополь, Россия; e-mail: [temking@bk.ru](mailto:temking@bk.ru)

<sup>3</sup> ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет», ул. Пушкина, д. 1, 355017, Ставрополь, Россия; e-mail: [vanya.bakumenko@yanex.ru](mailto:vanya.bakumenko@yanex.ru)

Eugene G. Mishvelov<sup>1</sup>, Artyom N. Krivosheev<sup>2</sup>, Ivan A. Bakumenko<sup>3</sup>

## EVOLUTION OF THE GEOECOLOGICAL STATE OF THE OTKAZNENSKY RESERVOIR IN THE STAVROPOL TERRITORY

### ABSTRACT

This study was conducted to monitor and assess the environmental status of the Otkaznensky Reservoir of the Stavropol Territory from 1978 to 2018 and is mainly based on the analysis of satellite remote sensing data using GIS technology, archives materials and information from open sources of information.

Anthropogenic activity of the second half of the twentieth century for the North Caucasus, it was accompanied by significant regulation and changes in river flow, the creation of a powerful artificial hydrographic network, changes in trophic state and hydrochemical regime of water bodies. By the beginning of the 1970<sup>s</sup>, the hydrographic network was replenished with a water management complex consisting of main canals, for example, the Greater Stavropol and Tersko-Kumsky. The total length of all channels was 4000 km (for comparison, the length of the Kuma River is ~ 800 km, the Kalasus River is ~ 400 km). The volume of annual water transfer through canals reached 2500 mn m<sup>3</sup>, and up to 90 % is the water of the Kuban River.

Data from satellite remote sensing made it possible to establish the features of the environmental status, including long-term and seasonal dynamics of the area and other morphometric characteristics of the plain reservoir for the entire period of operation.

Analysis of publications on the topic of remote monitoring and assessment of the dynamics of the state of water bodies and hydrographic networks in general has shown the high efficiency and prospects of using remote sensing methods. They provide multiscale and multi-time study. Ecosystems of water bodies are perfectly manifested in satellite images, they are not hidden in any way, they are single-tier, they are well decrypted both in texture and in spectral characteristics.

**KEYWORDS:** Landsat, monitoring, reservoir, GIS technology

### ВВЕДЕНИЕ

В условиях глобального потепления в начале XXI в., которое сопровождалось отступлением ледников в горных территориях Юга Европейской части России в среднем на 4,6 м/г. и сокращением площади оледенения на 2,4 %, происходило снижение годового расхода воды в основных реках Северного Кавказа и соответственно Ставропольского края до 35 %. Отмеченные изменения климатического и гидрологического режимов сопровождались значительной неравномерностью стока, в т.ч. для меженных и паводковых периодов, обуславливая в ряде случаев ЧС гидрологического характера. Например, только в 2002 г. наводнение на рр. Кубань и Кума привело к ущербу в 16 млрд руб., гибели людей<sup>4</sup>. Ситуация усложнилась физическим износом и технологическим старением гидротехнических объектов. В этой связи актуализировалась необходимость мониторинга и оценки изменений гидрографических сетей Северного Кавказа с целью стратегического прогнозирования возможностей их эксплуатации или реконструкции.

Выбранное в исследовании Отказненское водохранилище (рис. 1) представляет собой репрезентативный модельный полигон, в рамках которого может быть проведена

<sup>1</sup> North-Caucasian Federal University, Pushkin str., 1, 355017, Stavropol, Russia; *e-mail*: [mishvelov@mail.ru](mailto:mishvelov@mail.ru)

<sup>2</sup> North-Caucasian Federal University, Pushkin str., 1, 355017, Stavropol, Russia; *e-mail*: [temking@bk.ru](mailto:temking@bk.ru)

<sup>3</sup> North-Caucasian Federal University, Pushkin str., 1, 355017, Stavropol, Russia;

*e-mail*: [vanya.bakumenko@yanex.ru](mailto:vanya.bakumenko@yanex.ru)

<sup>4</sup> Десять самых масштабных наводнений в России в 1993–2013 г. Электронный ресурс: <https://ria.ru/20130926/966016499.html> (дата обращения 20.09.2019)

оценка современного состояния и трендов трансформации искусственных водных экосистем и их компонентов как ведущих предикторов эволюции агроландшафтов Предкавказья.

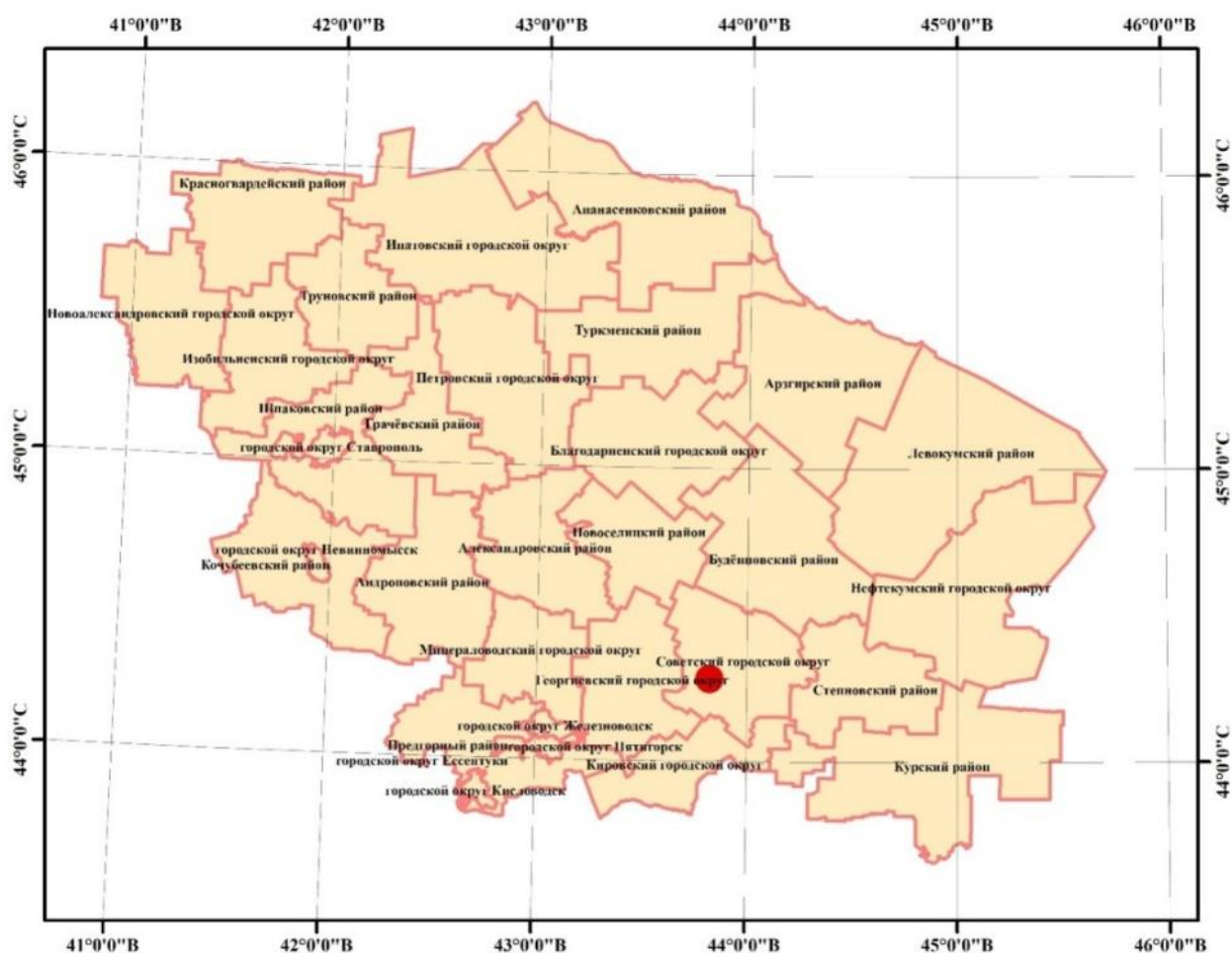


Рис. 1. Местоположение Отказненского водохранилища  
Fig. 1. Location of the Otkaznensky Reservoir

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Отказненское вдхр. находится в Советском городском округе Ставропольского края на р. Куме в районе с. Отказное и Солдато-Александровское. Оно построено в 1965 г. гл. обр. для сезонного регулирования стока реки и обеспечения водоснабжения и орошения 27,7 тыс. га сельскохозяйственных угодий; в последние годы использовалось только для регулирования паводков. Проектный срок эксплуатации водохранилища составил 35 лет<sup>1</sup>.

Территория размещения водохранилища сложена осадочными породами палеоген-антропогена, в основном лессовидными суглинками [Прыткова, 2007; Ильичёв, 2011; Важнов, 1966]. Рельеф преимущественно равнинный пологий; правый борт Кумы крутой со склонами до 30 м.

Почвы — аллювиальные и южные чернозёмы. Произрастают полынно-злаковые степи. В долине Кумы расположены пойменные леса (тополь, дуб).

<sup>1</sup> Доклад «О разработке национальной программы «Вода России — 21 век». Электронный ресурс: <http://special.donland.ru/Default.aspx?PageId=76263>, 2014 (дата обращения 20.09.2019)

Климат сухой, континентальный. Средняя температура июля составляет до 24,7 °С, января — до -4,5 °С. Коэффициент увлажнения: 0,3. Среднегодовая скорость ветра — 1,7 м/с [Дегтяренко, 1988].

Площадь водосбора р. Кумы к створу плотины Отказненского вдхр. составляет 7980 км<sup>2</sup>, длина — 270 км, средний уклон — 7,2 %, средневзвешенный уклон — 3,1 ‰<sup>1</sup>. В районе выделяется весеннее половодье (февраль–апрель) и дождевые паводки (май–июнь). Межень летне-осенняя. Среднегодовой расход воды — 17,4 м<sup>3</sup>/с, взвешенных наносов — 23,3 кг/с, мутность воды — 1300 г/м<sup>3</sup>.

Полный объём водохранилища на момент ввода его в эксплуатацию составлял 131 млн м<sup>3</sup>, площадь водного зеркала — 19,2 км<sup>2</sup>, длина водохранилища — 4,7 км, средняя ширина — 3 км, максимальная — 4,8 км, средняя глубина — 5 м, максимальная — 13,5 м. НПУ по состоянию на 1965 г. составлял 174,65 м.

В системе оценки геоэкологического состояния водного объекта традиционно существенное место отводится морфометрическим показателям [Лурье, Косиков, 2003; Кондратенко, 2003]. Морфометрические параметры (площадь, периметр, длина) объектов на территории водохранилища позволяют оценить направление развития природных и антропогенных процессов, их динамику, а также особенности состояния природных и антропогенных геосистем [Abdul-Rahman, Pilouk, 2008; Innovations..., 2009; Лурье и др., 2004]. Эти данные позволяют составлять прогнозы развития систем, а также эффективнее управлять ими.

В данной работе для определения морфометрических, температурных и др. показателей водных объектов использовались снимки с сайта Геологической службы США, а также топографические карты различного масштабного ряда [Johnson, 2006; Satellite Remote Sensing..., 2003; Richards, 2009]. Анализировались снимки Landsat с 1978 по 2018 гг., характеризующие состояние территории на конец паводков и межевой период. Обработка снимков осуществлялась в программном комплексе ArcGIS 10.1. Для выявления изменений береговых границ водохранилища использовались комбинации каналов (4–3–2, 3–2–1). В данных комбинациях используются каналы видимого диапазона, поэтому объекты земной поверхности выглядят похожими на то, как они воспринимаются человеческим глазом. Здоровая растительность выглядит зелёной, убранные поля светлыми, нездоровая растительность коричневой и жёлтой, дороги серыми, береговые линии белёсыми. Эта комбинация каналов даёт возможность анализировать состояние водных объектов и процессы седиментации, оценивать глубины, а также используется для изучения антропогенных объектов. Также были проанализированы и оцифрованы следующие карты:

- военно-топографическая пятивёрстная карта Кавказского края 1926 г.;
- карта бассейна р. Терека 1928 г.;
- карта РККА 1942 г.;
- топографическая карта СССР L–38 (В) 1989 г.

В данном исследовании также был рассчитан анализ состояния влажности почв, который определяли по индексу WSVI. Это один из показателей, разработанных для объединения данных NDVI и температуры (температуры поверхности земли) с целью определения условий влажности. Значения WSVI варьируют от -4 для экстремальной засухи до +4 для сильно влажных условий и рассчитывается по формуле

$$WSVI = NDVI/LST,$$

<sup>1</sup> Чумакова И.В., Мишелов Е.Г., Деревягин Е.В. Современные геоэкологические особенности Отказненского водохранилища на р. Куме. Евразийский Союз Учёных (ЕСУ). БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ, 2015. № 10 (19). С. 55–57.

где NDVI — вегетационный индекс;  
LST — температура поверхности земли.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В настоящее время Отказненское вдхр. потеряло свою хозяйственную ценность и используется как противопаводковое для трансформации максимальных расходов р. Кумы.

За период эксплуатации водохранилища в нём отложилось 55,4 млн м<sup>3</sup> иловых наносов. За первые 35 лет интенсивность его заиления составляла 1,35 млн м<sup>3</sup>/г. Таким образом, полезный объём сократился в отмеченный период на 39,2 млн м<sup>3</sup>. Мёртвый объём заиления на 81 % и составлял 3,2 млн м<sup>3</sup>. Средняя интенсивность заиления водохранилища в период 2008–2014 гг. составила 0,88 млн м<sup>3</sup>/г.<sup>1</sup>

Заиление водохранилища, по нашему мнению, в первую очередь западной пологой части ложа, привело к тому, что объём и площадь водного зеркала водохранилища существенно уменьшились. Так, площадь акватории в 2011 г. по данным ДЗЗ составляла 11,31 км<sup>2</sup>, в 2016 г. — 6,34 км<sup>2</sup>, а в 2018 — 3,1 км<sup>2</sup> (табл. 1).

Табл. 1. Динамика площади водохранилища за период 1965–2018 гг.  
Table 1. The dynamics of the reservoir area for the period 1965–2018

Дата	S, км <sup>2</sup>	Длина береговой линии, км	Коэффициент извилистости береговой линии
Проектные данные, 1965	19,2	24,91	0,43
Октябрь, 1978	16,89	23,37	0,44
Июнь, 1987	13,37	23,52	0,56
Июль, 1991	13,13	24,78	0,60
Июль, 2000	11,41	28,67	0,80
Июль, 2005	11,56	29,22	0,81
Июль, 2011	11,31	30,00	0,84
Июнь, 2015	10,83	30,63	0,90
Июнь, 2016	6,34	25,18	1,26
Июнь, 2017	5,51	33,45	1,93
Июнь, 2018	3,1	13,26	1,36

По сравнению с НПУ 1965 г. к настоящему времени территория водохранилища сократилась более чем в 6 р. В последние 5–6 лет сокращение шло наиболее интенсивно. Цельного водоёма нет, он представлен лишь фрагментами, которые начали выделяться в начале 1990-х гг. (выделение отдельного южного водоёма в районе впадения р. Золки в р. Куму). Наиболее быстрое сокращение площади водного зеркала наблюдалось в период с 2011 г. по настоящее время, когда площадь водной поверхности сократилась с 11,3 км<sup>2</sup> в 2011 г. до 3,1 км<sup>2</sup> в 2018 г. Коэффициент извилистости береговой линии за весь исследуемый период постоянно увеличивался, достигнув своего максимума в 2017 г. после сильных паводков на реке Куме (1,93), когда на территории водохранилища было множество малых водоёмов. Таким образом, в настоящее время берега водохранилища по своему характеру близки к среднеизрезанным (рис. 2).

Наибольшим изменениям подвергался водоём в северной части водохранилища, тогда как вновь сформированный водоём в юго-восточной его части, питаемый р. Золкой, оставался стабильным.

Дробление водохранилища на малые водоёмы привело к увеличению длины береговой линии, что способствовало активизации эрозионных процессов. Одновременно

<sup>1</sup> Разработка проекта правил использования Отказненского водохранилища. Книга 4. Правила технической эксплуатации и благоустройства Отказненского водохранилища. Пятигорск, 2014. 85 с.

огромные площади ложа освободились от воды и в настоящее время подвергаются совершенно другим природным и антропогенным процессам. На их территории заново формируются первичные почвы, а также растительность.

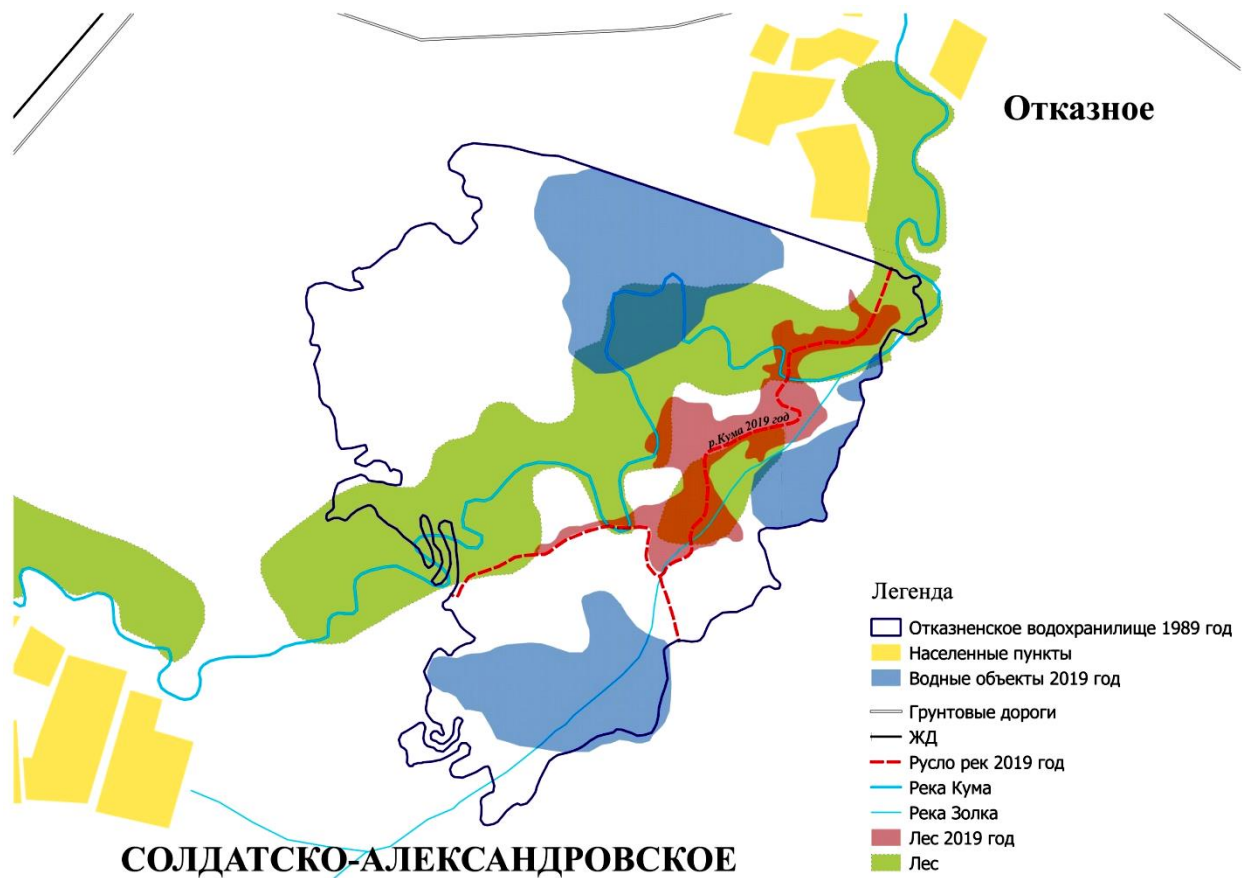


Рис. 2. Ситуационная схема вдхр. Отказненское на основе карты генштаба РККА юга России 1942 г. масштаба 1: 200 000 (в легенде обозначения даны без указания года) и данных ДЗЗ

Fig. 2. The situation scheme of Otkaznenskoe Reservoir on the basis of a map of the General Staff of the Red Army of the South of Russia 1942 on a scale of 1: 200 000 (in the legend the designations are given without indicating the year) and remote sensing data

Трансформация ПТК Отказненского вдхр. под воздействием природных и техногенных факторов привела к сглаживанию сезонных колебаний морфометрических параметров водохранилища (табл. 2). В наибольшей степени для периода с 2015 по 2018 гг. выражены изменения площади акватории в половодье — более чем в 3 р., тогда как в межень — только в 0,3 р. Динамика изменений береговой линии сходная: в половодье с 2015 по 2018 гг. её длина уменьшилась в 2,3 р., тогда как в межень — в 1,7 р.

К настоящему времени динамические процессы заметно ослабели, и с 2018 г. морфометрические параметры по сезонам сильно не изменялись. Выравнивание сезонных параметров водохранилища может быть следствием общей деградации Отказненского вдхр., в ходе которой сохранились наиболее устойчивые участки, имеющие сообщение с рр. Кумой и Золкой, а также из-за аккумуляции наносов, объём которых в ложе водохранилища по состоянию на 2014 г. составил 55,4 млн м<sup>3</sup> (табл. 2).

Строительство водохранилища в 1965 г. в бассейне р. Кумы привело к тому, что 12,82 км русла Кумы и 5,19 км её притока р. Золки оказались затоплены. После обмеления водохранилища р. Кума выработала новое русло длиной 8,54 км (р. Золка — 0,65 км). По сравнению с исходной (по данным топокарты 1942 г.) современная протяжённость реки в границах первоначальной акватории водохранилища уменьшилась на 51,02 %, а также значительно сократился уровень меандрированности. Современное русло реки в пределах бывшей акватории не является типичным для степной реки, а в большей степени приближается к гипотетически прямолинейному каналу, что в основном может быть связано с особой нестойкой механической структурой вновь сформированных илами грунтов. Русло р. Золки в настоящее время на территории водохранилища практически не выражено. Золка питает водоём юго-восточной части водохранилища, а в р. Куму впадает через искусственно созданный канал (рис. 2).

Табл. 2. Сезонная динамика параметров водохранилища в период 2015–2018 гг.  
Table 2. Seasonal dynamics of reservoir parameters in the period 2015–2018

Год	Июнь			Октябрь		
	Площадь, км <sup>2</sup>	Длина береговой линии, км	К извилистости	Площадь, км <sup>2</sup>	Длина береговой линии, км	К извилистости
2015	10,83	30,63	0,90	4,99	20,71	1,32
2016	6,34	25,18	1,26	4,00	16,69	1,33
2017	5,51	33,45	1,93	4,10	19,98	1,55
2018	3,1	13,26	1,36	3,39	12,43	1,17

Помимо оставшихся фрагментов водохранилища в пределах бывшего ложа оформились новые земли (рис. 2). Для всех освободившихся от воды земель в пределах первоначальной акватории (1965 г.) в настоящее время категорию не изменяли, всё это по-прежнему земли водного фонда.

На части территории ложа водохранилища вдоль берегов реки при отступлении воды заново сформировались лесопокрытые территории. В прошлом площади пойменного леса (преобладающие породы — дуб и тополь) по состоянию на 1941 г. составляли 6,65 км<sup>2</sup> (учёт только в пределах полигона бывшего ложа), а в настоящее время — 1,75 км<sup>2</sup> (в основном ива, тамариск, тополь); при этом лишь за последнее десятилетие площадь лесопокрытых территорий увеличилась более чем в 2 р.

Заиливание и сокращение акватории водохранилища обнажало плодородные донные отложения. Уже в 1978 г. на освобождённых от воды территориях активно шли процессы почвообразования, что позволило местному населению уже в начале 2000-х гг. периодически использовать их для сельскохозяйственных целей (пашня). Отмеченный участок расположен в южной части бывшего ложа и граничит с с. Солдато-Александровским. Площадь обрабатываемой территории к настоящему времени по данным космоснимка достигла 2,74 км<sup>2</sup>. Урожайность ярового ячменя в этих условиях невысока — 25 ц/га, что на 30–35 % меньше по сравнению с прилегающими сельскохозяйственными угодьями в связи с особым влажностным режимом почв бывшей территории акватории — он отличается от фонового. Для освободившихся акваторий Отказненского вдхр. средневзвешенное значение индекса влажности почв (WSVI) составило 0,0114, что на 60 % выше в сравнении с фоновым значением для прилегающих территорий — < 0,007 (рис. 3). Кроме того, следует отметить существование высоких рисков нерегулярных подтоплений пашни, например, только в 2002 г. форсированными паводковыми горизонтами упомянутый участок был затоплен, что вызвало гибель урожая ячменя и было отнесено к заранее оговоренным последствиям рискованного земледелия.



В настоящее время инициативы местных аграриев по переводу осушенных земель бывшей акватории в категорию земель сельскохозяйственного использования не получили развития в связи с планируемой реконструкцией водоёма.

Практически весь период своего существования водохранилище использовалось не только для водорегуляции и ирригационных целей, а также весьма успешно для рыболовства, рыбоводства и рекреации. Промысловый улов в отдельные годы (1989 г.) достигал 351 т при рыбопродуктивности 195,1 кг/га, а среднегодовой вылов в 1986–2010 гг. составил 154,7 т. Общие среднегодовые запасы рыбы водохранилища были связаны в основном с вселенцами — карпом и толстолобиками; 2-е место по массе в уловах занимал водный серебряный карась<sup>1</sup>. К настоящему времени из-за значительного изменения гидрологических характеристик водоём потерял своё как рыбохозяйственное, так и рекреационное назначение [Мишвелов, 2019; Владимиров и др., 1991; Дега, 2015].

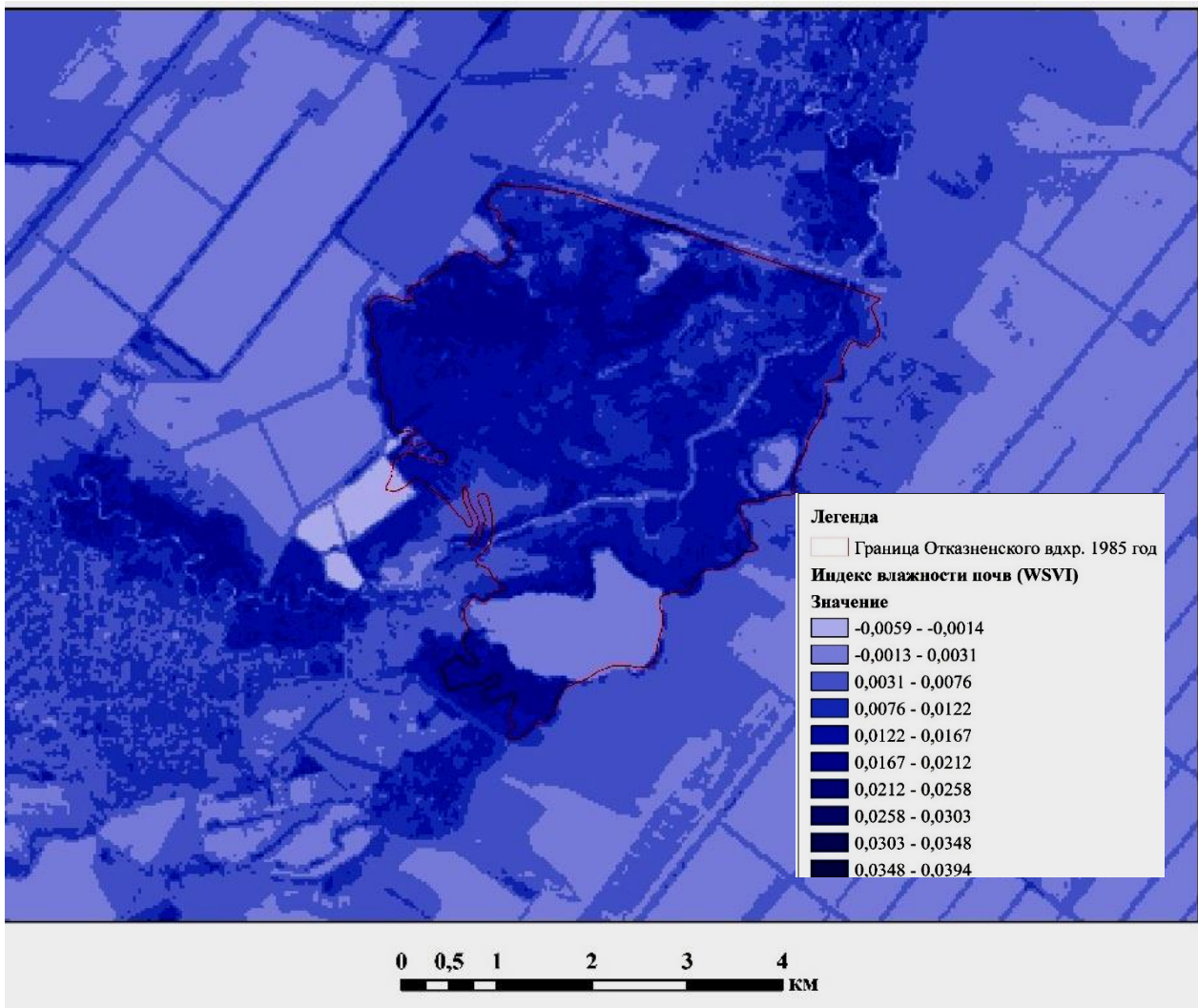


Рис. 3. Индекс влажности почв (WSVI) Отказненского водохранилища для 25.07.2018 г.  
Fig. 3. Soil moisture index (WSVI) Otkaznensky Reservoir for July 25, 2018

<sup>1</sup> Чумакова И.В., Мишвелов Е.Г., Деревягин Е.В. Особенности рыбохозяйственного использования Отказненского водохранилища на р. Кума в связи эксплуатационными изменениями гидрологических характеристик. Научные исследования: от теории к практике: Материалы VI Междунар. науч.-практ. конф. Чебоксары: ЦНС «Интерактив плюс», 2015. № 5 (6). С. 25–26.



В 2005 г. в юго-западной части ложа водохранилища на территориях, освобождённых от воды, были созданы новые пруды (площадью 0,28 км<sup>2</sup>), что вновь поменяло условия развития территории. В настоящее время площадь прудов увеличена до 0,76 км<sup>2</sup> в основном за счёт выемки иловых отложений и обвалования дамбами.

На территории водохранилища также образовался участок неправильной формы площадью около 1,76 км<sup>2</sup>, свободный от воды, но ещё без сформировавшейся растительности и не освоенный населением под сельское хозяйство. На участке активно идут процессы почвообразования, а также эрозии, которая перераспределяет плодородный ил на соседние территории.

Таким образом, на территории ложа водохранилища в настоящее время активно идут природные сукцессионные процессы и антропогенное преобразование геосистем. Всё это способствует активизации геоморфологических, почвенных процессов и смене растительного покрова; формируются сельскохозяйственные ландшафты.

## **ВЫВОДЫ**

За период эксплуатации Отказненского вдхр. произошла его значительная геоэкологическая трансформация, связанная с особенностями водообмена рельефа и отложений иловых наносов, интенсивность которых в отдельные годы достигала 1,35 млн м<sup>3</sup>. Таким образом, полезный объём сократился в отмеченный период на 39,2 млн м<sup>3</sup>. Мёртвый объём заилился на 81 % и составлял 3,2 млн м<sup>3</sup>. Илонакопление, в первую очередь для западной пологой части ложа, по нашему мнению, привело к уменьшению площади водохранилища более чем в 6 р. в сравнении с проектной, его фрагментации и формированию малых самостоятельных водоёмов.

К 2018 г. береговая линия водохранилища сократилась почти в 2 р. по сравнению с проектными данными, а площадь водной поверхности сократилась более чем в 6 р. Это способствовало увеличению коэффициента изрезанности береговой линии с 0,43 в 1965 г. до 1,36 в 2018 г. Одновременно огромные площади ложа освободились от воды и в настоящее время подвергаются совершенно другим природным и антропогенным процессам. На их территории заново формируются первичные почвы, а также растительность.

На начальный период наблюдений за сезонными динамическими процессами на территории водохранилища наблюдались значительные колебания уровня воды, которые к концу наблюдения выровнялись. В 2015 г. площадь в течении года менялась в 2 р., а в 2018 г. динамика изменения площади почти не выражена. Это может быть следствием деградации единой экосистемы водохранилища и формирования самостоятельных ПТК в его пределах.

Современное русло р. Кумы в пределах бывшей акватории водохранилища не является типичным для степной реки — её протяжённость уменьшилась на 51,02 % в сравнении с данными топокарты 1941 г.; снизилась и меандрированность. Конфигурация русла приближается к прямолинейному каналу, что в большей степени может быть связано с рыхлой несцементированной структурой вновь образованных илами грунтов, которые легко размываются водным потоком.

В пределах бывшего ложа оформились новые земли, подверженные ускоренным сукцессионным преобразованиям. Вдоль берега новообразованного «укороченного» русла р. Кумы последние десятилетия по мере отступления воды появляется лесная растительность. Новые лесопокрытые территории представлены в основном ивой, тамариском и тополем, тогда как до создания водохранилища преобладающими породами были дуб и тополь. Площадь вновь формируемого леса пока достигла лишь четверти (1,75 км<sup>2</sup>) от исходной (6,65 км<sup>2</sup>), отмеченной до создания водохранилища, вместе с тем отмечается тренд на её увеличение.

На освобождённых от воды территориях западной и юго-западной бывшей акватории активизировались процессы почвообразования, что позволило местному населению последние 15 лет активно использовать их для сельскохозяйственных целей (пашня). Площадь этих земель к настоящему времени достигла 2,74 км<sup>2</sup>. Земледелие также ограничено высокими рисками нерегулярных подтоплений пашни.

В связи со значительным изменением гидрологических характеристик водоём потерял свое как рыбохозяйственное, так и рекреационное назначение.

В связи с неудовлетворительным экологическим состоянием водохранилища и значительным заилением в 2015 г. в рамках Федеральной целевой программы «Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения России на 2014–2020 г.» были начаты работы по его реконструкции, включающие ремонт гидротехнических сооружений, очистку от иловых отложений ложа водохранилища и строительство нового водосброса.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Абшаев М.Т., Борисова Н.В., Малкарова А.М.* О тенденции изменения климата на Северном Кавказе. Всемирная конференция по изменению климата: труды Конференции, Москва, 29 сент. – 3 окт. 2003 г. М., 2004. С. 365–366.
2. *Важнов А.Н.* Анализ и прогноз стока рек Кавказа. М.: Гидрометеоздат, 1966. 275 с.
3. *Владимиров Л.А., Гигинейшвили Г.Н., Джавахишвили А.И., Закарашвили Н.Н.* Водный баланс Кавказа и его географические закономерности. Тбилиси: Мецниереба, 1991. 141 с.
4. *Дега Н.С., Онищенко В.В.* Эколого-географическая оценка горных территорий Северного Кавказа (на примере Карачаево-Черкесии). Карачаевск: Издательство КЧГУ, 2015. 165 с.
5. *Дегтяренко Т.И.* Климатические и антропогенные изменения стока рек Кавказа. Труды ВНИИГМИ–МЦД, 1988. Вып. 149.
6. *Ильичёв Ю.Г., Дега Н.С., Узденов У.А.* Современное оледенение Большого Кавказа. Малые ледники. М.: LAP Lambert Academic Publishing, 2011. 116 с.
7. *Кондратенко А.А.* Оценка состояния и взаимодействия гидрографических сетей Ставрополья при их хозяйственном использовании: автореферат дисс. ... канд. техн. наук. Новочеркасск: Новочеркасская государственная мелиоративная академия, 2003. 24 с.
8. *Лурье И.К., Косиков А.Г.* Теория и практика цифровой обработки изображений. М.: Научный мир, 2003. 267 с.
9. *Лурье И.К., Косиков А.Г., Ушакова Л.А., Карпович Л.Л., Любимцев М.Ю., Тутубалина О.В.* Компьютерный практикум по цифровой обработке изображений и созданию ГИС. М.: Научный мир, 2004. 142 с.
10. *Мишвелов Е.Г.* Видовая структура уловов промысловых рыб в водоёмах Ставропольского края для периода конца XX – начала XXI веков. Юг России: экология, развитие, 2019. Т. 14. № 1. С. 169–177.
11. *Мишвелов Е.Г., Самотоев А.С.* Изучение водоресурсного потенциала Европейского Юга России с древнейших времен до конца XIX века. Вестник Ставропольского государственного университета, 2011 (а). № 74 (3). С. 178–183.
12. *Мишвелов Е.Г., Самотоев А.С.* Развитие научных представлений по проблеме осадконакопления в водоемах Российской Федерации. Вестник Ставропольского государственного университета, 2011 (б). № 77 (6). С. 220–226.
13. *Прыткова М.Я.* Географические закономерности осадконакопления в малых водохранилищах: Дисс... докт. геогр. наук. Л.: Институт озероведения АН СССР, 1982. 475 с.
14. *Abdul-Rahman A., Pilouk M.* Spatial Data Modelling for 3D GIS. Berlin, Heidelberg, New York: Springer, 2008. 128 p.

15. Innovations in Remote Sensing and Photogrammetry. Berlin, Heidelberg: Springer, 2009. 468 p. DOI: 10.1007/978-3-540-93962-7.
16. *Johnson J.K.* Remote Sensing in Archaeology. Tuscaloosa: University of Alabama Press, 2006. 322 p.
17. *Richards J.A.* Remote Sensing with Imaging Radar. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2009. 361 p.
18. Satellite Remote Sensing and GIS Applications in Agricultural Meteorology. Proceedings of a Training Workshop, 7–11 July 2003, Dehra Dun, India. 2003. 427 p.

## REFERENCES

1. *Abdul-Rahman A., Pilouk M.* Spatial Data Modelling for 3D GIS. Berlin, Heidelberg, New York: Springer, 2008. 128 p.
2. *Abshaev M.T., Borisova N.V., Malkarova A.M.* On the trend of climate change in the North Caucasus. Abstracts of the reports of the World conference on climate change. Moscow, 29 sept. – 3 oct. 2003. Moscow, 2004. P. 365–366 (in Russian).
3. *Degas N.S., Onishchenko V.V.* Ecological and geographical assessment of the mountain territories of the North Caucasus (on the example of Karachay-Cherkessia). Karachaevsk: Publishing House of KCHSU, 2015. 165 p. (in Russian).
4. *Degtyarenko T.I.* Climatic and anthropogenic changes in the flow of the rivers of the Caucasus. Proceedings of RIHMI–WDC, 1988. Iss. 149 (in Russian).
5. *Ilyichev Yu.G., Degas N.S., Uzdenov U.A.* Modern glaciation of the Greater Caucasus. Small glaciers. Moscow: LAP Lambert Academic Publishing, 2011. 116 p. (in Russian).
6. Innovations in Remote Sensing and Photogrammetry. Berlin, Heidelberg: Springer, 2009. 468 p. DOI: 10.1007/978-3-540-93962-7.
7. *Johnson J.K.* Remote Sensing in Archaeology. Tuscaloosa: University of Alabama Press, 2006. 322 p.
8. *Kondratenko A.A.* Assessment of the state and interaction of hydrographic networks of the Stavropol Territory during their economic use: Abstract of diss. of PhD of technical sciences. Novochevchinsk: Novochevchinsk State Land Reclamation Academy, 2003. 24 p. (in Russian).
9. *Lurie I.K., Kosikov A.G.* Theory and practice of digital image processing. Moscow: Scientific World, 2003. 267 p. (in Russian).
10. *Lurie I.K., Kosikov A.G., Ushakova L.A., Karpovich L.L., Lyubimtsev M.Yu., Tutubalina O.V.* Computer workshop on digital image processing and the creation of GIS. Moscow: Scientific World, 2004. 142 p. (in Russian).
11. *Mishvelov E.G.* The species structure of commercial fish in the reservoirs of the Stavropol Territory for the period of the late XX – early XXI centuries. South of Russia: Ecology, Development, 2019. V. 14. No 1. P. 169–177 (in Russian).
12. *Mishvelov E.G., Samotoev A.S.* Study of the water resource potential of the European South of Russia from ancient times to the end of the XIX century. Vestnik Stavropol State University's (Bulletin of the Stavropol State University), 2011 (a). No 74 (3). P. 178–183 (in Russian).
13. *Mishvelov E.G., Samotoev A.S.* Development of scientific ideas on the problem of sedimentation in the water bodies of the Russian Federation. Vestnik Stavropol State University's (Bulletin of the Stavropol State University), 2011 (b). No 77 (6). P. 220–226 (in Russian).
14. *Prytkova M.Ya.* Geographical patterns of sedimentation in small reservoirs. Dis. ... Dr. geogr. sciences. Leningrad: Institute of Lake Science of Academy of Sciences of the USSR, 1982. 475 p. (in Russian).
15. *Richards J.A.* Remote Sensing with Imaging Radar. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2009. 361 p.
16. Satellite Remote Sensing and GIS Applications in Agricultural Meteorology. Proceedings of a Training Workshop, 7–11 July 2003, Dehra Dun, India. 2003. 427 p.

17. *Vazhnov A.N.* Analysis and forecast of river flow in the Caucasus. Moscow: Gidrometeoizdat, 1966. 275 p. (in Russian).
  18. *Vladimirov L.A., Giginishvili G.N., Javakhishvili A.I., Zakarashvili H.H.* The water balance of the Caucasus and its geographical patterns. Tbilisi: Metsniereba, 1991. 141 p. (in Russian).
-