

**КАРТОГРАФИЯ И ГЕОИНФОРМАТИКА**

УДК: 504.455+528.88

**А.В. Погорелов, Д.А. Липилин, А.С. Курносова  
СПУТНИКОВЫЙ МОНИТОРИНГ КРАСНОДАРСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА***Кубанский государственный университет, г. Краснодар*

Рассматриваются методические приемы и результаты спутникового мониторинга Краснодарского водохранилища – крупнейшего искусственного водоема на Северном Кавказе. За пятьдесят лет эксплуатации вследствие заиления водохранилище разделилось на два самостоятельных водоёма. Ширина перемычки в дельте р. Белой в 2015 г. достигла 17 км при начальной длине водохранилища 46 км. Значительно уменьшилась площадь водного зеркала. В работе использована серия разновременных мультиспектральных спутниковых снимков Landsat-5 и Landsat-8 (1987–2015 гг.). При проведении анализа динамики контуров и площади Краснодарского водохранилища применялся модифицированный нормализованный разностный водный индекс (*MNDWI*). Рассчитаны картометрические характеристики водоема. Аккумуляция наносов в образовавшейся перемычке сопровождается ее активным зарастанием кустарниковой и древесной растительностью. Динамика развития зеленой фитомассы и закрепление древесной растительностью участков заиления отчетливо фиксируется с помощью вегетационного индекса *NDVI*. Заиление приводит к постепенному сокращению полезного объема водохранилища, снижая его противопаводковые возможности. Показано, что спутниковый мониторинг – эффективный способ оценки активной трансформации водохранилища.

**Ключевые слова:** Краснодарское водохранилище, заиление, мониторинг, спутниковые снимки, Landsat, водный индекс, вегетационный индекс.

**A.V. Pogorelov, D.A. Lipilin, A.S. Kurnosova  
SATELLITE MONITORING OF THE KRASNODAR RESERVOIR***Kuban State University, Krasnodar*

The article describes the methodological procedures and results of satellite monitoring of the Krasnodar reservoir, the largest reservoir in the North Caucasus. The reservoir is now divided into two independent basins due to 50 years of exploitation and silting. The bridge width in the delta of the Belaya river in 2015 was 17 km, with the initial length of the reservoir of 46 km. The water surface area significantly reduced. We have used a series of nonsimultaneous multispectral satellite imagery Landsat-5 and Landsat-8 (1987-2015). When analyzing contour dynamics and areas of the Krasnodar reservoir, modified normalized difference water index (*MNDWI*) was applied. Dimensions on landscape maps of the reservoir characteristics have been calculated. The sediment formed in the bridge accompanied by active overgrowth of shrubs and woody vegetation. The growth of the green phytomass and woody vegetation on silting areas is clearly fixed with the vegetation index *NDVI*. Siltation leads to a gradual reduction of the conservation zone, reducing its flood control capabilities. The article shows that satellite monitoring is an effective way to study the active transformation of a reservoir.

**Key words:** Krasnodar reservoir, siltation, monitoring, satellite imagery, Landsat, water index, vegetation index.

doi 10.17072/2079-7877-2017-1-130-137

**Введение**

Краснодарское водохранилище – крупнейший искусственный водоем на Северном Кавказе, расположенный в среднем течении р. Кубани между станцией Воронежской и Краснодаром. Строительство этого руслового водохранилища начато в 1967 г., заполнение водой осуществлялось в

1973–1975 гг., введено в эксплуатацию в декабре 1975 г. В своей восточной части включает в себя построенное в 1940–1941 гг. Тщикское водохранилище. Кроме р. Кубани в водохранилище впадают левые ее притоки – Белая, Пшиш, Марта, Апчас, Шундук, Псекупс. При заполнении чаши Краснодарского водохранилища были подтоплены нижние участки упомянутых притоков Кубани (за исключением р. Белой), что вызвало образование заливов типа эстуариев. Плотина водохранилища находится в 242 км от устья Кубани. В составе гидроузла – оградительная дамба длиной более 11 км, водосливная плотина, судоходный шлюз, рыбоподъемник.

При вводе в эксплуатацию водохранилище имело следующие гидрографические характеристики: площадь зеркала около 400 км<sup>2</sup>, наибольшая длина 46 км, ширина до 8–12 км, средняя глубина 5 м, максимальная глубина до 18 м, полезный объем воды 2,2 км<sup>3</sup> [8]. Первоначальный нормальный подпорный уровень (НПУ) был равен 32,75 м, в настоящее время НПУ установлен на отметке 33,65 м. Следует отметить, что сезонные гидрографические характеристики (площадь зеркала, глубины и пр.) меняются в зависимости от регулируемого уровня воды, многолетние – в результате трансформации чаши.

Водоохранилище имеет комплексное предназначение. Основными его функциями являются срезки пиков паводков с целью ликвидации угроз наводнения; обеспечение водой оросительных систем и коммунального, сельскохозяйственного и промышленного водоснабжения; обеспечение попусков воды для нерестовых миграций осетровых, рыба и др.; подача пресной воды на рыбоводные хозяйства в Приазовских лиманах; улучшение условий судоходства на реках Кубань и Протока.

Известно, что бассейн р. Кубани – один из наиболее опасных с позиции наводнения речных бассейнов России [3; 9]. Периодические затопления прибрежных населенных пунктов здесь, как правило, вызваны быстро развивающимися паводками в условиях обильных осадков в горной и предгорной зонах бассейна. В этих зонах происходит формирование стока Кубани. С вводом в эксплуатацию Краснодарского водохранилища риски наводнений в нижнем бьефе (ниже плотины водохранилища) существенно уменьшились. Так, в июне 2002 г., несмотря на чрезвычайную ситуацию, связанную с сильными и продолжительными дождями в бассейне р. Кубани [9], именно благодаря Краснодарскому водохранилищу удалось избежать катастрофического наводнения в нижнем течении Кубани. Нельзя переоценить ирригационное значение водоема, играющего, по существу, ключевую роль в единой оросительной системе в среднем и нижнем течениях Кубани. Водоснабжение посевных площадей риса в значительной мере зависит от исследуемого водоема.

Вместе с тем за период своего существования Краснодарское водохранилище испытало заметные преобразования и продолжает непрерывно трансформироваться. Водоем находится в стадии, далекой от динамического равновесия в представлениях вещественного баланса. И.Е. Курбатова [5] выделяет следующие этапы существования Краснодарского водохранилища: 1) предварительный – создание Тщикского водохранилища (1940–1941 гг.); 2) начальный – формирование берегов Краснодарского водохранилища (1973–1984 гг.); 3) промежуточный – выдвигание дельты р. Белой в акваторию водоема (1984–1993 гг.); 4) современный – снижение нормального подпорного уровня (НПУ) на 0,9 м, деление водохранилища перемычкой из наносов р. Белой на два самостоятельных водоема.

Понятно, что направленность трансформации, непосредственно влияющей на перечисленные функции водохранилища, должна быть понятна и прогнозируема. В связи с нарушением естественного режима твердого стока в чаше водохранилища происходят аккумуляция взвешенных и влекомых наносов, заиление. Р. Белая со среднегодовым расходом наносов до 74 кг/с [7] в последние десятилетия разделила водохранилище на два водоема, образовав в своей выносной дельте зону мелководья и обширную перемычку шириной более 17 км. Перемычка, с большим количеством мелких водоемов, заросла ивняком, разнотравно-хвощевыми и тростниковыми сообществами. В условиях активного преобразования водоема спутниковый мониторинг обеспечивает эффективное и доступное слежение за состоянием водохранилища.

При изучении водного режима территории и прогнозировании наводнений одним из важных входных параметров гидрологических моделей является площадь зеркала воды водоемов. Получение сведений о данной характеристике по наземным данным – весьма трудоемкая задача с большим объемом измерений. Использование спутниковых данных позволяет существенно упростить ее. Получаемые по спутниковым снимкам характеристики площади зеркала воды несут полезную информацию для уточнения гидрографических и гидрологических характеристик. Подобные уточнения должны не только способствовать эффективной эксплуатации водохранилища как водохозяйственной системы комплексного назначения, но и содействовать обеспечению его безопасности.

Спутниковые данные в настоящее время широко применяются для мониторинга и исследования водоемов суши. Спутниковые снимки позволяют решать ряд задач, относящихся к водным объектам [1]: 1) инвентаризация водохранилищ и других водных объектов, 2) мониторинг водозащитных и гидротехнических сооружений, 3) мониторинг экологического состояния водных объектов, 4) мониторинг русловых процессов, 5) картографирование микрорельефа дна мелководья, 6) мониторинг состояния водоохраных зон, 7) прогнозирование и оперативный мониторинг наводнений, моделирование процессов затопления территории, 8) оценка биологической продуктивности водоемов.

Цель настоящей работы – оценить многолетние изменения контуров и площади водохранилища по данным спутниковых снимков, а также состояние образовавшейся перемычки. Оценка контуров и площади должна исходить из двух одновременных преобразований: многолетнего тренда и изменений сезонного характера. В задачи исследования входили разработка методики оценки состояния объекта по снимкам; обработка спутниковых снимков; расчет водного индекса; векторизация контуров водоема; генерализация контуров, удаление артефактов; анализ многолетних изменений водохранилища; оценка динамики зарастаемости образовавшейся перемычки и участка заиления по данным вегетационного индекса.

### Материалы и методы исследования

Сведения об использованных снимках спутников Landsat приведены в табл. 1. Для обеспечения сравнимости фаз водного режима водохранилища из имеющегося массива данных Landsat предпочтение отдавалось летним снимкам, однако абсолютной синхронности добиться не удалось по ряду причин (фактор облачности и пр.). Пространственное разрешение исходных данных (рис. 1) вполне достаточно для целей анализа. Обработка снимков, выполненная в программе ENVI, предусматривала атмосферную коррекцию.

Таблица 1

Сведения об используемых спутниковых снимках

№ п/п	Спутник	Сенсор	Разрешение, м	Дата
1	LANDSAT-5	MSS	80	13.07.1987
2	LANDSAT-5	TM	30	28.08.1998
3	LANDSAT-5	TM	30	26.08.2003
4	LANDSAT-5	TM	30	25.07.2009
5	LANDSAT-8	OLI_TIRS	30	27.08.2015



Рис. 1. Краснодарское водохранилище на снимке Landsat-5 13 июля 1987 г.

На практике распространенным приемом распознавания водных поверхностей служит расчет водных индексов [13; 14 и др.]. Мы воспользовались модифицированным нормализованным разностным водным индексом *MNDWI* (Modified Normalized Difference Water Index), предложенным в [14]. Сравнительный анализ разных методов распознавания водных поверхностей, выполненный в работе [6] по данным расчета площади водного зеркала 10 степных озер, показал предпочтительность использования *MNDWI*.

*MNDWI* рассчитывается по данным 2 и 5 спектральных каналов снимков Landsat TM и ETM+ или соответственно 3 и 6 каналов Landsat-8 OLI:

$$MNDWI = \frac{P_{band2} - P_{band5}}{P_{band2} + P_{band5}},$$

где  $P_{band2,5}$  – интенсивность излучения во 2-м (зеленый – 0,525–0,600 мкм) и 5-м (средний инфракрасный – 2,5–50 мкм) каналах Landsat TM и ETM+. Значения *MNDWI* > 0 соответствуют водным поверхностям. Сложности с применением этого индекса возникают при наличии теней и поверхностей с малой величиной альбедо [6], что в нашем случае не имело критического значения.

Обработка снимков (рис. 2) включала следующие процедуры, выполненные в программах ENVI и ArcGIS: 1) расчет *MNDWI* с последующим выделением классов «вода» и «не вода»; при этом граница между классами соответствовала *MNDWI* = 0; 2) растрово-векторное преобразование; 3) удаление артефактов; 4) генерализация полилиний полученных векторных объектов.

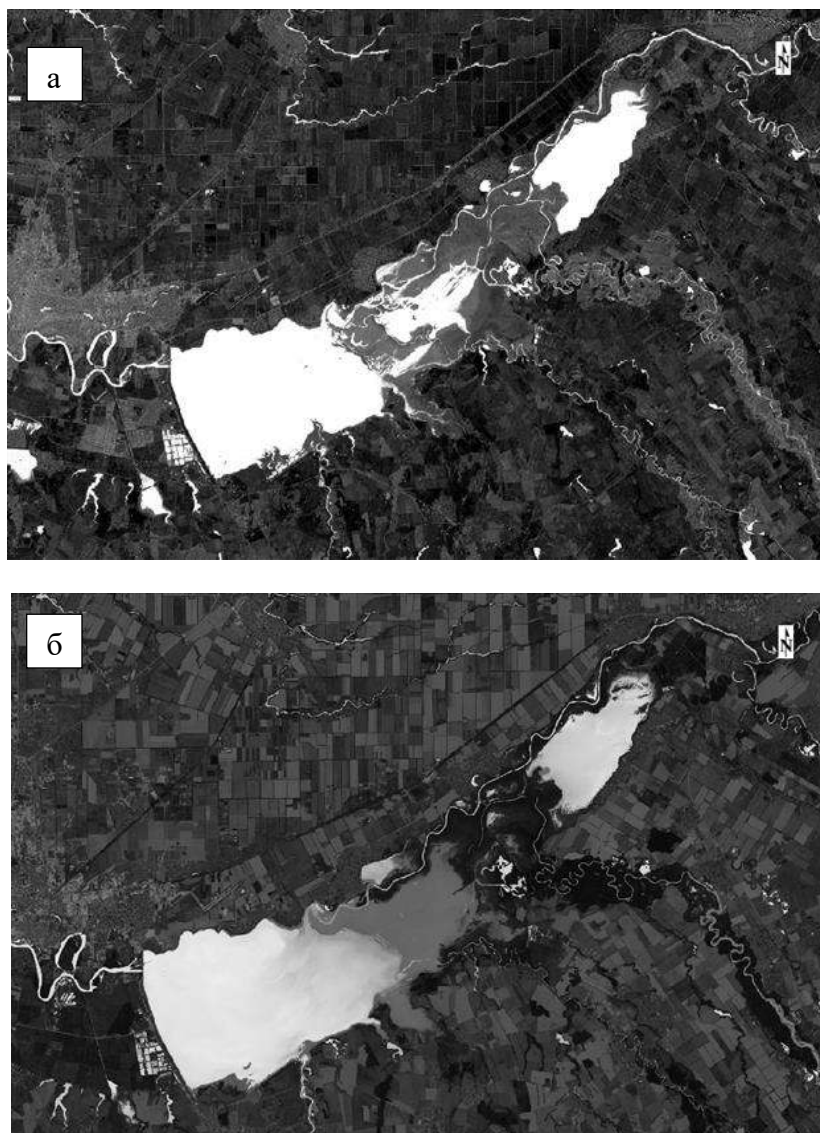


Рис. 2. Спутниковые изображения района Краснодарского водохранилища с рассчитанным водным индексом *MNDWI*: а – на даты съемки 26 августа 2003 г.; б – 27 августа 2015 г.

### Результаты и их обсуждение

Динамику контуров и площади Краснодарского водохранилища иллюстрирует рис. 3. Некоторые картометрические характеристики по результатам дешифрирования даны в табл. 2. Величина периметра при относительно стабильном состоянии водоема характеризует протяженность береговой линии, следовательно, зону береговых процессов.

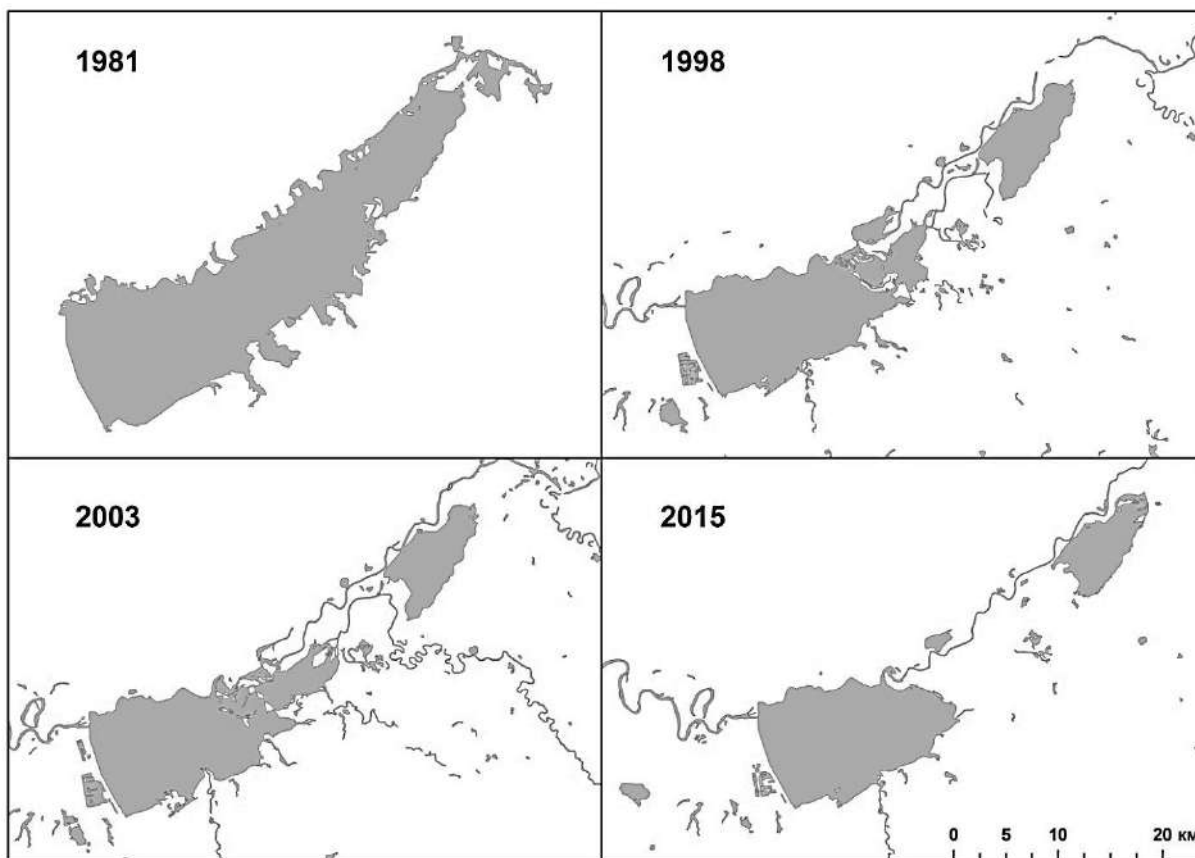


Рис. 3. Динамика контуров Краснодарского водохранилища в 1981–2015 гг.

Таблица 2

Динамика некоторых картометрических характеристик  
 Краснодарского водохранилища в 1987–2015 гг.

Дата	Площадь, га		Периметр, км		Ширина перешейка**, км
	1*	2	1	2	
13.07.1987	38950		290,4		2,1
28.08.1998	39400		1054,0		3,7
26.08.2003	19990	4580	312,6	39,6	9,4
25.07.2009	19150	4390	476,5	43,9	9,4
27.08.2015	18090	4000	361,7	68,1	17,6

\*1 – западный водоем, 2 – восточный водоем. \*\*Ширина определялась по видимой надводной зоне заиления на дату съемки.

Снижение в 1993 г. НПУ на 0,9 м способствовало резкой активизации заиления водохранилища (рис. 3, табл. 2). Площадь области заиления с 3 км<sup>2</sup> в 1985 г. увеличилась до 73 км<sup>2</sup> в 2012 г. [5] и продолжает увеличиваться.

**Динамика растительного покрова в области заиления.** Для оценки зарастания растительностью участка заиления по данным спутниковых снимков воспользуемся *NDVI* (Normalized Difference Vegetation Index) – нормализованным разностным индексом растительности, распространенным количественным показателем фотосинтетически активной биомассы. Как известно, назначение *NDVI* – выявление покрытых и непокрытых растительностью площадей, оценка и мониторинг состояния

растительного покрова, установление продуктивности растительности. В своих оценках состояния растительного покрова мы исходили из опыта [2; 4; 10–12].

Применительно к исследуемой территории принята следующая градация степени развития зеленой фитомассы по значениям *NDVI*:

- высокая (лиственный лес) – более 0,7;
- средняя (разреженная лесная и кустарниковая растительность) – 0,3...0,7;
- низкая (кустарники и травянистая растительность) – 0,2...0,3.

При значениях *NDVI* < 0,1 растительность, как правило, отсутствует (открытая почва, вода, искусственные покрытия). Для отображения *NDVI* использована немасштабированная дискретная шкала (рис. 4).

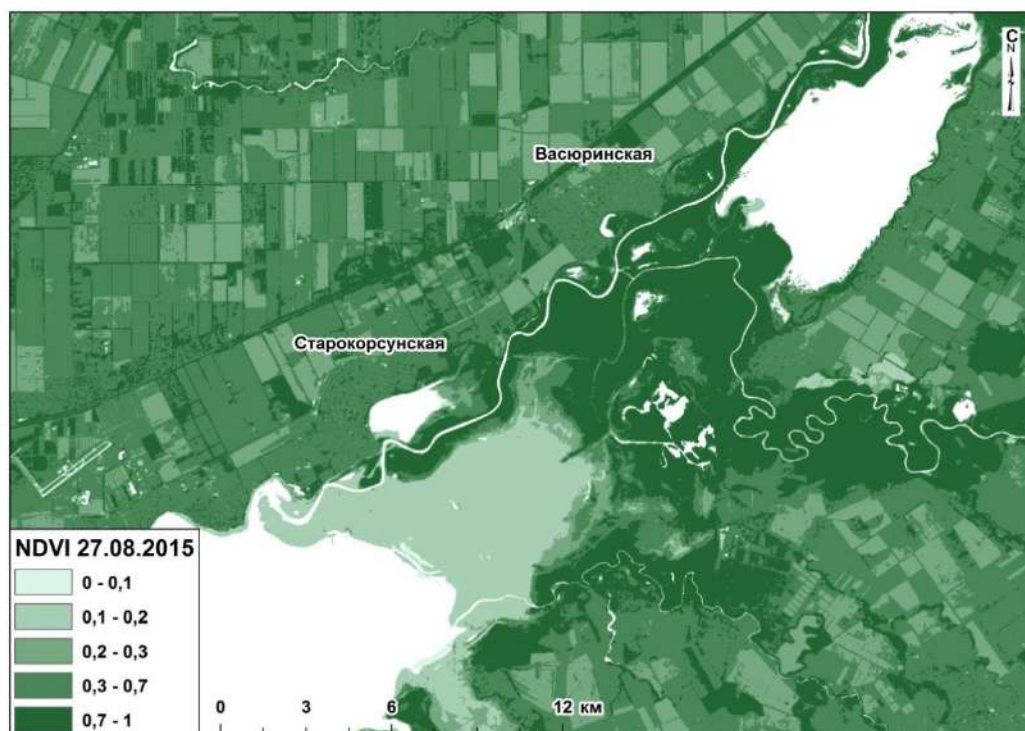


Рис. 4. Распределение фотосинтетически активной биомассы в районе перемычки Краснодарского водохранилища по данным нормализованного разностного индекса растительности *NDVI*

В течение 1986–2015 гг. аккумуляция наносов в районе образовавшейся перемычки сопровождалась ее активным зарастанием кустарниковой и древесной растительностью. Если площадь лиственного леса (*NDVI* > 0,7) в дельте р. Белой в августе 1986 г. составляла около 4 км<sup>2</sup>, то в августе 2015 г. в пределах перемычки она достигла почти 60 км<sup>2</sup> (рис. 4) и продолжает увеличиваться, что способствует закреплению древесной растительностью области заиления.

### Выводы

Спутниковые снимки – источник полезных и информативных сведений о преобразованиях водоемов суши, в том числе – анализируемого водохранилища. Результаты анализа снимков Landsat за 1987–2015 гг. показали, что в дельте р. Белой образовалась надводная перемычка, разделившая Краснодарское водохранилище на два самостоятельных водоема – западный и восточный (на месте бывшего Тщикского водохранилища). Ширина перемычки (области заиления) достигла в 2015 г. около 17 км. За период эксплуатации Краснодарского водохранилища по данным наших расчетов общая площадь зеркала воды, измеренная с помощью нормализованного водного индекса *MNDWI*, сократилась примерно на 16 тыс. га, или на 40%. Заиление ведет к постепенному сокращению полезного объема водохранилища, следовательно, снижает его противопаводковые возможности.

Выдвижение выносной дельты р. Белой продолжается в сторону плотины Краснодарского водохранилища, в направлении которой происходит и формирование русла Белой. Аккумуляция наносов в образовавшейся перемычке сопровождается ее активным зарастанием кустарниковой и древесной растительностью. При этом динамика развития зеленой фитомассы и закрепление

древесной растительностью участков заиления отчетливо фиксируется с помощью вегетационного индекса *NDVI*.

При существующей скорости трансформации Краснодарского водохранилища необходима, по нашему мнению, действенная система контроля (мониторинга) гидрографических характеристик водоема с участием спутниковых наблюдений. Кроме того, крайне необходимо проведение в ближайшее время батиметрической съемки, данные которой позволят построить цифровую модель рельефа водоема и определить произошедшие морфометрические изменения со времени последней съемки (2005 г.)

#### Библиографический список

1. Абросимов А.В., Дворкин Б.А. Возможности практического использования данных ДЗЗ из космоса для мониторинга водных объектов // *Геоматика*. 2009. № 4. С. 54–63.
2. Антоненко М.В., Погорелов А.В., Елецкий Ю.Б. Мониторинг Куликово-Курчанской группы лиманов (дельта реки Кубани) в районе лицензионного участка ООО «НК «Приазовнефть» // *Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе*. 2015. № 11. С. 55–63.
3. Бельчиков В.А., Борщ С.В., Мухин В.М., Полунин А.Я. Опасные паводки в бассейне р. Кубань и методы их прогнозирования // *Сборник: 80 лет Гидрометцентру России. 1939–2010*. 2010. С. 401–422.
4. Василевич М.И., Елсаков В.В., Щанов В.М. Применение спутниковых методов исследований в мониторинге состояния лесных фитоценозов в зоне выбросов промышленного предприятия // *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*. 2014. Т. 11. № 1. С. 30–42.
5. Курбатова И.Е. Мониторинг трансформации Краснодарского водохранилища с использованием спутниковых данных высокого разрешения // *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*. 2014. Т. 11. № 3. С. 42–53.
6. Курганович К.А., Носкова Е.В. Использование водных индексов для оценки изменения площадей водного зеркала степных содовых озер юго-востока Забайкалья по данным дистанционного зондирования // *Вестник ЗабГУ*. 2015. № 06(121). С. 16–24.
7. Лурье П.М. Водные ресурсы и водный баланс Кавказа. СПб.: Гидрометеиздат, 2002. 506 с.
8. Лурье П.М., Панов В.Д., Ткаченко Ю.Ю. Река Кубань: гидрография и режим стока. СПб.: Гидрометеиздат, 2005. 500 с.
9. Погорелов А.В., Салтагаров А.Д., Киселев Е.Н., Куркина Е.В. Геоинформационный метод в практике региональных физико-географических исследований // *Тр. Тебердинского гос. биосферного заповедника*. Вып. 45. Кисловодск: Северо-Кавказское изд-во МИЛ, 2007. 200 с.
10. Черепанов А.С. Вегетационные индексы // *Геоматика*. 2011. №2. С. 98–102.
11. Черепанов А.С., Дружинина Е.Г. Спектральные свойства растительности и вегетационные индексы // *Геоматика*. 2009. №3. С. 28–32.
12. Jiang Z., Huete A.R., Chen J., Chen Y., Li J., Yan G., Zhang X. Analysis of NDVI and scaled difference vegetation index retrievals of vegetation fraction // *Remote sensing of Environment*. 2006. V. 101(3). P. 366–378.
13. McFeeters S.K. The use of Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features // *International Journal of Remote Sensing*. 1996. № 17. P. 1425–1432.
14. Xu H. Modification of normalized difference water index (MNDWI) to enhance open water features in remotely sensed imagery // *International Journal of Remote Sensing*. 2006. №27. P. 3025–3033.

#### References

1. Abrosimov, A.V. and Dvorkin, B.A. (2009), “The possibilities of practical use of remote sensing data from space to monitor water bodies”, *Geomatics*, no. 4. pp. 54–63.
2. Antonenko, M.V., Pogorelov, A.V. and Eletsckii, Y.B., (2015), “Monitoring Kulikovo-Kurchansky group estuaries (delta of the Kuban River) in the area of the licensed area of oil company Priazovneft”, *Environmental protection in oil and gas sector*, no. 11. pp. 55–63.
3. Belchikov, V.A., Borsch, S.V., Mukhin, V.M. and Polunin, A.Y. (2010), “Dangerous floods in the basin. Kuban and methods of forecasting”, *Collection: 80 years Russian hydro meteorological center. 1939-2010*, pp. 401–422.
4. Vasilevich, M.I., Elsakov, V.V. and Shchanov, V.M. (2014), “The use of satellite research methods in monitoring the status of forest communities in the area of industrial plant emissions”, *Actual problems of remote sensing of the Earth from space*, vol. 11, no. 1, pp. 30–42.
5. Kurbatov, I.E. (2014), “Monitoring the transformation of the Krasnodar water basin using satellite data high resolution”, *Actual problems of remote sensing of the Earth from space*, vol. 11, no. 3, pp. 42–53.

6. Kurganovich, K.A. and Noskov, E.V. (2015), "Use of water indexes to assess changes in water surface area of steppe soda lakes of southeast Transbaikalia on remote sensing data", *Bulletin ZabGU*, no. 06 (121), pp. 16–24.
7. Lurie, P.M. (2002), *Vodnye resursy i vodnyi balans Kavkaza* [Water resources and water balance of the Caucasus], Gidrometeoizdat, St. Petersburg, Russia.
8. Lurie, P.M., Popov, V.D. and Tkachenko, Y.Y. (2005), *Reka Kuban: gidrografia i ragim stoka* [Kuban River: hydrography and flow regime], Gidrometeoizdat, St. Petersburg, Russia.
9. Pogorelov, A.V., Salpagarov, A.D., Kiselev, E.N. and Kurkina, E.V. (2007), *Geoinformacionnyi metod v praktike regionalnyh fizokogeograficheskikh issledovaniy* [Geoinformation method in the practice of regional physiographic studies], North Caucasus publishing, Kislovodsk, Russia.
10. Cherepanov, A.S. (2011), "Vegetation index", *Geomatiks*, no.2. pp. 98–102.
11. Cherepanov, A.S. and Druzhinin, E.G. (2009), "The spectral properties of vegetation and vegetation indices", *Geomatiks*, no. 3. pp 28–32.
12. Jiang Z., Huete A.R., Chen J., Chen Y., Li J., Yan G. and Zhang X. (2006) "Analysis of NDVI and scaled difference vegetation index retrievals of vegetation fraction", *Remote sensing of environment*, no. 101(3): pp. 366–378.
13. McFeeters S.K. (1996) "The use of Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features", *International journal of remote sensing*, no. 17. pp. 1425–1432.
14. Xu H. (2006) Modification of normalized difference water index (MNDWI) to enhance open water features in remotely sensed imagery, *International journal of remote sensing*, no. 27. pp. 3025–3033.

Поступила в редакцию: 04.10.2016

#### Сведения об авторах

##### **Погорелов Анатолий Валерьевич**

доктор географических наук, заведующий  
кафедрой геоинформатики КубГУ;  
350040, г. Краснодар, ул. Ставропольская, 149;  
e-mail: pogorelov\_av@bk.ru

##### **Липилин Дмитрий Александрович**

кандидат географических наук,  
преподаватель кафедры геоинформатики  
КубГУ;  
350040, г. Краснодар, ул. Ставропольская, 149;  
e-mail: Lipilin\_dmitrii@mail.ru

##### **Курносова Анна Сергеевна**

студентка Кубанского государственного  
университета;  
350040, г. Краснодар, ул. Ставропольская, 149;  
e-mail: kurnosova\_97@bk.ru

#### About the authors

##### **Anatoly V. Pogorelov**

Doctor of Geographical Sciences, Head of the  
Department of Geoinformatics, Kuban State  
University; 149, Stavropolskaya st., Krasnodar,  
350040, Russia;  
e-mail: pogorelov\_av@bk.ru

##### **Dmitry A. Lipilin**

Candidate of Geographical Sciences,  
Lecturer, Department of Geoinformatics, Kuban State  
University;  
149, Stavropolskaya st., Krasnodar, 350040, Russia;  
e-mail: Lipilin\_dmitrii@mail.ru

##### **Anna S. Kurnosova**

Student, Department of Geoinformatics, Kuban State  
University; 149, Stavropolskaya st., Krasnodar,  
350040, Russia; e-mail: kurnosova\_97@bk.ru

#### **Просьба ссылаться на эту статью в русскоязычных источниках следующим образом:**

*Погорелов А.В., Липилин Д.А., Курносова А.С.* Спутниковый мониторинг Краснодарского водохранилища // Географический вестник = Geographical bulletin. 2017. №1(40). С. 130–137. doi 10.17072/2079-7877-2017-1-130-137

#### **Please cite this article in English as:**

*Pogorelov A.V., Lipilin D.A., Kurnosova A.S.* Satellite monitoring of the Krasnodar reservoir // Geographical bulletin. 2017. № 1(40). P. 130–137. doi 10.17072/2079-7877-2017-1-130-137