



D. K. Mozgovoy  Cand. Sci. (Tech.)

UDK 004.9

---

*O. Honchar Dnipropetrovsk National University,  
Gagarin ave, 72, Dnipropetrovsk, Ukraine, 49010*

---

## MONITORING OF THE DROUGHTS CONSEQUENCE BY HIGH RESOLUTION SATELLITE IMAGES

**Abstract.** The State of California is one of the least abundant with fresh water in the United States, while having high water consumption – the drought in the state has reached catastrophic proportions. January 2015 was the driest month in California for the whole period of observations since 1895. Two thirds of the state's population depend on the centralized water supply – about 25 million people and more than 400 thousand hectares of agricultural land.

The level of ground waters and the snow cover have become record low – this can be explained by pumping groundwater out for irrigation of agricultural land. The water level in the reservoirs of California is close to the critical notch. State authorities are forced to tighten measures to save water, the supply of which is sometimes insufficient to satisfy the priority needs of citizens.

The solution of the problem of rational use and protection of water resources can only be based on an integrated systemic approach to the study of spatial and temporal patterns of natural and anthropogenic factors on the quality and quantity of surface water with the use of satellite and ground data. In the study of the water regime of land one of the most important input parameters of hydrological models is the surface area of the reservoirs.

Regular receiving of information about this parameter with the use of ground data is challenging and labor intensive. Using satellite data can greatly simplify this task and accomplish it with shorter latent periods, more frequently and at lower costs. The results of satellite monitoring of certain areas of California shown to assess the impact of the drought in 2011–2015 on the large freshwater bodies, based on high resolution satellite images.


To quantify the effects of drought in 2011–2015 on selected large freshwater bodies (Lake Folsom and Lake Oroville) processing of multispectral images was performed.

Changes of Lake Oroville in 2011–2015 according to high resolution satellite images was detected. The shift of the coastline near Foreman Creek amounted to 2.5 km. The shift of the coastline near Lampkin Road amounted to over 1.2 km.

Changes of Lake Folsom in 2011–2015 according to the high resolution satellite images was detected. The shift of the coastline near the Beal's Point made 1.2 km. The shift of the coastline near Peninsula Campground made over 3.4 km.

Large-scale consequences of drought shown for lakes Oroville and Folsom are also typical for other fresh water bodies of California, the majority of which have the status of water reservoirs, and also for water bodies of other US states. For instance, Lake Mead covering 90 % of water

---

 Tel.: +38095-499-76-55. E-mail: m-d-k@i.ua

DOI: 10.15421/031608

requirements of Las Vegas has the water level by 145 feet below normal. It is expected that this level will go down by another 20 feet by June, 2015. This is not only about water, but also about electricity supply – dams of hydropower plants are almost dry. Therefore, in the recent years an acute necessity has appeared for creation of a web-service for regular space monitoring of fresh water bodies – now this has become possible owing to availability of satellite images and modern technologies of their processing. The users of such a service may be:

- state regulating structures (water supplying enterprises, forest, environment, agricultural services and so on);
- state and private companies of water transport (unbiased evaluation of the consequences of the drought for fresh water navigation);
- tourist companies (monitoring of recreational territories);
- municipal services, private companies, farmers (carrying out measures for minimizing water consumption);
- TV and radio companies and other mass media (propaganda of rational water use);
- population living near territories affected by the drought (obtaining of unbiased and reliable information as for the scale and severity of the consequences of the drought).

**Keywords:** *monitoring of the drought, satellite picture, supervised classification, coast line offsets.*

УДК 004.9

**Д. К. Мозговий**

канд. техн. наук

*Дніпропетровський національний університет ім. О. Гончара,  
пр. Гагаріна, 72, м. Дніпропетровськ, Україна, 49010,  
тел.: + 38095-499-76-55, e-mail: m-d-k@i.ua*

### **МОНІТОРИНГ НАСЛІДКІВ ПОСУХИ ПО СПУТНИКОВИМ ЗНІМКАМ ВИСОКОГО ПРОСТОРОВОГО РОЗРІЗНЕННЯ**

**Анотація.** Виконано аналіз супутникових знімків високого просторового розрізнення з метою оцінки впливу посухи 2011–2015 рр. на великі прісноводні водойми штату Каліфорнія, США. Виявлено істотні зсуви берегової лінії озер Оровиль і Фолсом.

**Ключові слова:** *моніторинг посухи, супутникові знімки, контрольована класифікація, зсуви берегової лінії.*

УДК 004.9

**Д. К. Мозговой**

канд. техн. наук

*Днепропетровский национальный университет им. О. Гончара,  
пр. Гагарина, 72, г. Днепропетровск, Украина, 49010,  
тел.: + 38095-499-76-55, e-mail: m-d-k@i.ua*

### **МОНІТОРИНГ ПОСЛЕДСТВИЙ ЗАСУХИ ПО СПУТНИКОВИМ СНИМКАМ ВИСОКОГО ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАЗРЕШЕНИЯ**

**Аннотация.** Выполнен анализ спутниковых снимков высокого пространственного разрешения с целью оценки влияния засухи 2011–2015 гг. на крупные пресноводные водоемы штата Калифорния, США. Выявлены существенные смещения береговой линии озер Оровиль и Фолсом.

**Ключевые слова:** *мониторинг засухи, спутниковые снимки, контролируемая классификация, смещения береговой линии.*

## **ВВЕДЕНИЕ**

По данным ООН, рост потребления пресной воды, вызванный увеличением численности населения и последствиями изменений климата, ведет к растущей нехватке водных ресурсов. За последние 40 лет количество пресной воды на каждого

человека в мире уменьшилось на 60 %. В течение последующих 25 лет предполагается дальнейшее уменьшение еще в 2 раза. Вместе с этим резко увеличился расход воды населением на бытовые нужды, особенно в развитых странах, в частности, в США. При ежегодной потребности на выращивание пищи на каждого человека в год, равной 400 000 литров, в США используется 1 700 000 литров. При минимальной потребности в воде для бытовых нужд (в том числе в питьевой воде) 50 литров в день, в США потребляется воды в 8 раз больше, т. е. 400 литров в день. В США запасы воды, накопленные еще со времени ледникового периода, выкачиваются со скоростью, на 25 % большей, чем скорость их возобновления. В некоторых районах превышение расхода над восстановлением достигает 160 %. Как и почва, грунтовые воды восстанавливаются очень медленно – примерно 1 % в год.

Штат Калифорния является в США одним из наиболее малообеспеченных пресной водой при высоком водопотреблении – засуха в этом штате достигла катастрофических масштабов. Январь 2015 г. стал самым засушливым месяцем в Калифорнии за все время наблюдений с 1895 года. От централизованного снабжения водой зависят две трети населения штата – это около 25 млн. человек и более 400 тыс. гектаров сельскохозяйственных земель. Рекордно низкими стали уровень грунтовых вод и высота снежного покрова – это можно объяснить выкачиванием подземных вод для ирригации сельскохозяйственных угодий. Уровень воды в водохранилищах Калифорнии приблизился к критически низкой отметке. Власти штата вынуждены ужесточать меры по экономии воды, которой не хватает порой на первоочередные нужды граждан.

Решение проблемы рационального использования и охраны водных ресурсов возможно только на основе комплексного системного подхода к изучению пространственно-временных закономерностей влияния природных и антропогенных факторов на качество и объем поверхностных вод с использованием спутниковых и наземных данных. При изучении водного режима суши одним из важных входных параметров гидрологических моделей является площадь поверхности водоемов. Регулярное получение информации о данном параметре по наземным данным является сложной задачей и требует большого объема работ. Использование спутниковых данных позволяет существенно упростить эту задачу и выполнять ее с большей оперативностью и периодичностью при меньших затратах (Mozgovoy, Voloshin, 2006, 2007; Mozgovoy et al., 2007).

## **ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ**

Для количественной оценки последствий засухи 2013–2015 гг. в Калифорнии были выбраны крупные пресноводные водоемы – озеро Оровиль и озеро Фолсом. Источниками информации о состоянии данных водоемов за указанный период были многоспектральные спутниковые снимки высокого пространственного разрешения (0,5 м), доступные в сети Интернет.

Для определения динамики изменения площади водной поверхности озер Оровиль и Фолсом был выполнен поиск и последующая обработка снимков, которая включала следующие этапы (Dolinets, Mozgovoy, 2007; Mozgovoy, 2012):

- предварительные операции (выбор области интереса, поиск снимка по дате);
- создание обучающей выборки;
- контролируруемую классификацию;
- клампирование и просеивание классов;
- морфологическую фильтрацию бинарного изображения;
- векторизацию бинарного изображения и расчет площади водной поверхности;
- визуализацию изменений на цифровой карте, экспорт векторного слоя в kml-файл.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

На рис. 1 показаны изменения озера Оровиль в районе Форман-Крик за 2011–2015 гг. по спутниковым данным высокого разрешения. Смещение береговой линии составило 2,5 км.

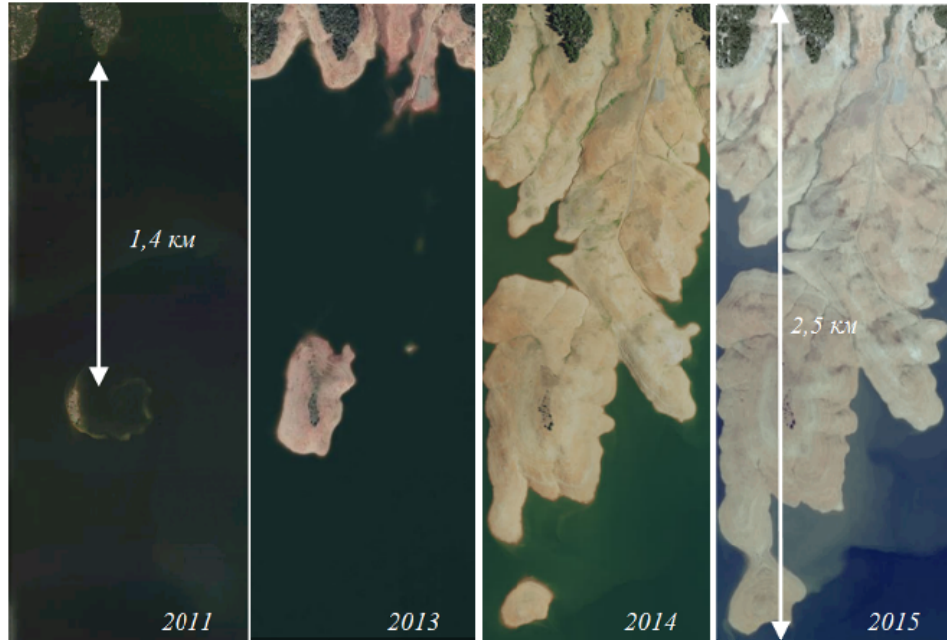


Рис. 1. Изменения озера Оровиль в районе Форман-Крик за 2011–2015 гг.

На рис. 2 показаны изменения озера Оровиль в районе Лампкин-роуд за 2011–2015 гг. по спутниковым данным высокого разрешения. Смещение береговой линии составило более 1,2 км.

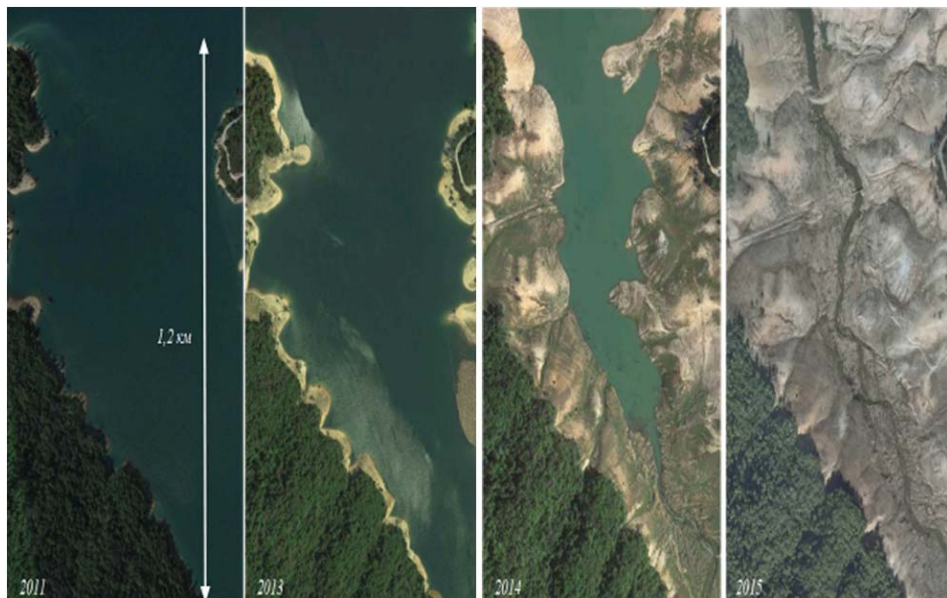


Рис. 2. Изменения озера Оровиль в районе Лампкин-роуд за 2011–2015 гг.

Приведенные выше катастрофические последствия многолетней засухи наблюдались практически на всем участке береговой линии озера Оровиль.

На рис. 3 показаны изменения озера Фолсом в районе Билс-поинт за 2011–2015 гг. по спутниковым данным высокого разрешения. Смещение береговой линии составило 1,2 км.

На рис. 4 показаны изменения озера Фолсом в районе Peninsula Campground за 2011–2015 гг. по спутниковым данным высокого разрешения. Смещение береговой линии составило более 3,4 км.



Рис. 3. Изменения озера Фолсом в районе Билс-поинт за 2011–2015 гг.

### ВЫВОДЫ

Масштабные последствия засухи, показанные на примере озер Оровиль и Фолсом, характерны и для других крупных пресноводных водоемов Калифорнии, большая часть из которых имеет статус водохранилищ, а также для водоемов в других штатах США.

Например, озеро Мид, обеспечивающее водой Лас Вегас на 90 %, содержит на 145 футов воды меньше, чем обычно. Речь идёт не только о воде, но и об обеспечении электричеством – плотины ГЭС почти пересохли. Поэтому в последние годы

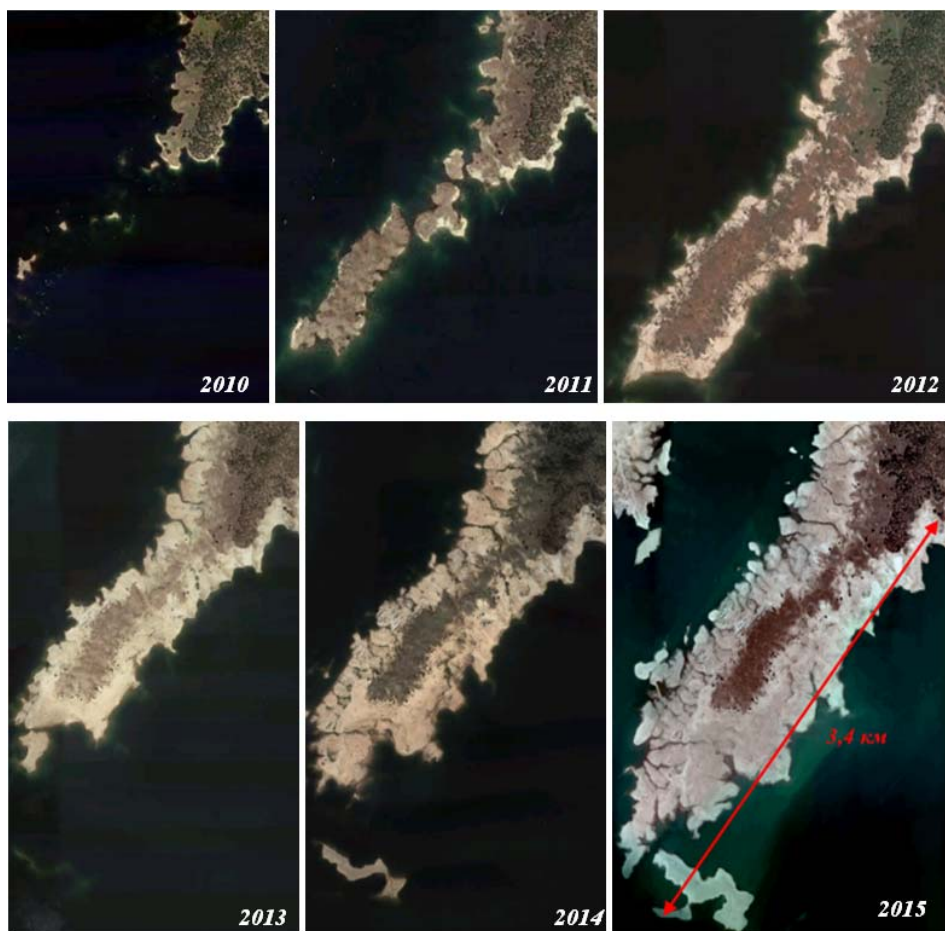


Рис. 4. Изменения озера Фолсом в районе Peninsula Campground за 2011–2015 гг.

возникла острая необходимость создания веб-службы регулярного космического мониторинга пресноводных водоемов. Сейчас это стало возможным благодаря доступности спутниковых снимков и современным технологиям их обработки (Mozgovoy, 2015; Skoroden, Mozgovoy, 2016). Пользователями такой службы могут являться (Mozgovoy et al., 2016; Mozgovoy, Vasilyev, 2016):

- государственные контролирующие структуры (водоснабжающие предприятия, лесная, экологическая, аграрная служба и т.п.);
- государственные и частные компании водного транспорта (объективная оценка последствий засухи на судоходство);
- туристические компании (мониторинг территорий массового отдыха);
- муниципальные службы, частные компании, фермеры (проведение мероприятий по минимизации водопотребления);
- телерадиокомпании и др. средства массовой информации (пропаганда рационального водопользования);
- население, проживающее вблизи территорий, пострадавших от засухи (получение объективной и достоверной информации относительно масштабов и тяжести последствий засухи).

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ / REFERENCES

- Dolinets, Y., Mozgovoy, D., 2007. Specialists Technologies For The Humankind training in ERS. Advanced Space Prosperity. International Conference.

- Dnepropetrovsk, Yuzhnoe State Design Office.
- Mozgovoy, D. K., 2006. Molodezhnyy kosmicheskiy eksperiment po giperspektralnoy syemke [Youth space experiment on hyperspectral survey]. XV naukovotekhnichna konferentsiya «Naukovi problemi rozrobki, modernizatsii ta zastosuvannya informatsionovimiryvalnikh sistem kosmichnogo i nazemnogo bazuvannya». Zhitomir (in Russian).
- Mozgovoy, D. K., 2007. Ispolzovaniye dannykh nablyudeniya Zemli dlya monitoringa prirodnykh resursov [The use of Earth observation data for monitoring of natural resources]. Naukovi chitannya «Kosmichni tekhnologii na korist stiykogo rozvitku i bezpeki suspilstva». Dnipropetrovsk (in Russian).
- Mozgovoy, D. K., 2012. Pidvishchennya informativnosti sputnikovoi z'yomki malorozmirmikh ob'ektiv zemnoi poverkhni [Increase of informative surveys of small satellite Earth surface objects]. Programa naukovoi konferentsii za pidsumkami naukovo-doslidnoi roboti universitetu za 2012 rik. Dnipropetrovsk (in Ukrainian).
- Mozgovoy, D. K., 2015. Obrabotka sputnikovykh snimkov pri reshenii prikladnykh zadach [Processing of satellite imagery in addressing applications]. Mezhdunarodnyy nauchno-prakticheskii forum «Nauka i biznes». Dnepropetrovsk, 191–194 (in Russian).
- Mozgovoy, D. K., 2015. Sputnikovyy monitoring lesnykh pozharov i zasukhi [Satellite monitoring of forest fires and droughts]. Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya «Peredovyie metody obrabotki i analiza kosmicheskoy informatsii». Dnepropetrovsk, 48–53 (in Russian).
- Mozgovoy, D. K., Parshina, O. I., Voloshin, V. I., Bushuev, Y. I., 2007. Remote Sensing and GIS Application for Environmental Monitoring and Accidents Control in Ukraine. Geographic Uncertainty in Environmental Security. Dordrecht, Springer, NATO Public Diplomacy Division, 259–270.
- Mozgovoy, D. K., Vasilyev, V. V., 2016. Kontrol prirodnykh i antropogennykh protsessov s pomoshchyu veb-servisa Landsat viewer [Control of natural and anthropogenic processes via web service Landsat viewer]. Mezhdunarodnyy nauchno-prakticheskii forum «Nauka i biznes». Dnepropetrovsk, 62–67 (in Russian).
- Mozgovoy, D. K., Vasilyev, V. V., Chemenko, M. V., 2016. Geoinformatsionnyye veb-servisy EOS DA [GIS Web services EOS DA]. Mezhdunarodnyy nauchno-prakticheskii forum «Nauka i biznes». Dnepropetrovsk, 54–61 (in Russian).
- Mozgovoy, D. K., Voloshin, V. I., 2006. Metodika syemki beregovykh liniy [Coastlines shooting technique]. Sbornik tezisov. Shestaya Ukrainskaya konferentsiya po kosmicheskim issledovaniyam. Krym (in Russian).
- Mozgovoy, D. K., Voloshin, V. I., 2007. Tekhnologiya syemki pribrezhnykh zon [Coastal survey technology]. Sovremennyye problemy ratsionalnogo prirodopolzovaniya v pribrezhnykh morskikh akvatoriyakh Ukrainy. Tezisy dokladov Mezhdunarodnoy konferentsii molodykh uchenykh. Sevastopol, pp. 21–22 (in Russian).
- Skoroden, Ya. A., Mozgovoy, D. K., 2016. Analiz masshtabov navodneniy po dannym DZZ [Analysis of flood alleviation on remote sensing data]. TXVIII Mizhnarodna molodizhna naukovo-praktichna konferentsiya «Lyudina i Kosmos». Dnepropetrovsk (in Russian).

*Стаття надійшла в редакцію: 17.05.2016*

*Рекомендує до друку: канд. техн. наук В. В. Хуторний*