

**ИЗМЕНЧИВОСТЬ ХАРАКТЕРИСТИК ОЗ. СИВАШ  
ПО ДАННЫМ СПУТНИКОВОГО ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ**

Рассматривается сезонная и межгодовая изменчивость температуры воды озера Сиваш с 2003 по 2012 гг., а также мониторинг оледенения оз. Сиваш с использованием данных спутниковых наблюдений.

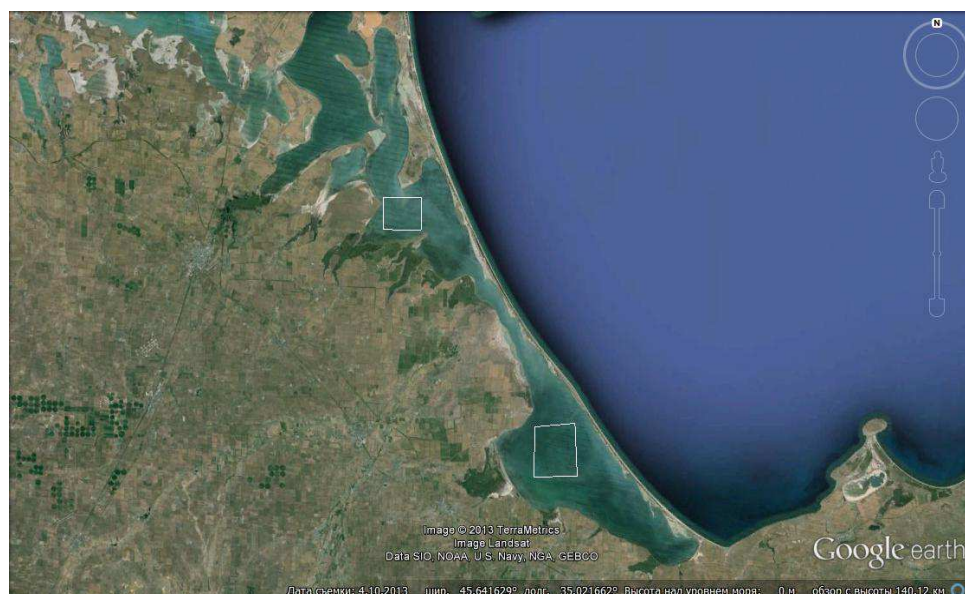
**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** *сезонная и межгодовая изменчивость, дистанционное зондирование, оледенение, озеро Сиваш.*

**Введение.** Озеро Сиваш представляет собой обширный мелководный залив Азовского моря, с изрезанной береговой линией, множеством полуостровов, мысов, заливов, засух. После ввода в эксплуатацию Северо-Крымского канала (СКК) в октябре 1963 г., комплексные исследования его экосистемы были проведены лишь сравнительно недавно – в летние месяцы 2003 – 2004 гг., после почти полувекового перерыва.

Современный подход к изучению района оз. Сиваш предполагает использование данных спутникового дистанционного зондирования. В работах Михайлова В.А. [2] представлена оценка антропогенного преобразования ландшафтов Крымского Присивашья, результаты изучения скорости абразии берегов залива Сиваш, полученные путем анализа космических и аэрофотоснимков. Аристов М.В. [1], исследуя процессы подтопления некоторых городов и сел Украины с помощью данных космической съемки, описывает, в том числе, подтопление береговой линии Сиваша и Азовского моря, вызванное оросительными мелиорациями (Северо-Крымский канал) с одной стороны и подпором подземных вод, создаваемых солеными морскими водами с другой. До настоящего времени не был проведен анализ изменчивости океанологических характеристик акватории озера Сиваш на основе использования современных методов исследования.

В настоящей работе предлагается рассмотрение сезонной и межгодовой изменчивости таких океанологических характеристик акватории озера Сиваш как температура поверхности воды в течение декады (с 2003 по 2012 гг.), а также мониторинг оледенения оз. Сиваш с использованием данных спутниковых наблюдений.

**Материалы и методы.** В работе используются данные полученные спектрорадиометром *MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer)* с разрешением 4 км, который является одним из ключевых инструментов на борту американских спутников серии *EOS (Terra (EOS AM-1) и Aqua (EOS PM-1))* [3]. *MODIS* имеет 36 спектральных каналов с 12-битным радиометрическим разрешением в видимом, ближнем, среднем и тепловом инфракрасном диапазонах. Благодаря непрерывному режиму работы и достаточно широкой полосе съемки любая территория в пределах зоны видимости станции ежедневно снимается, как минимум, один раз. Это позволяет

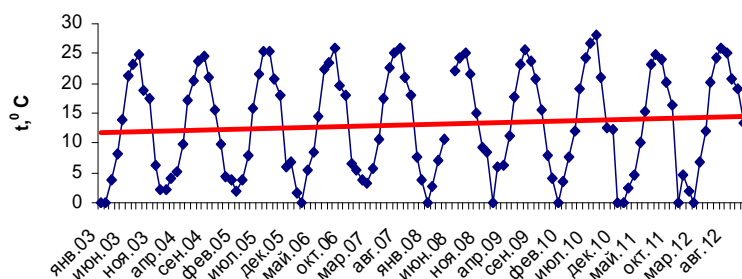


Р и с . 1 . Районы анализа температуры поверхности воды.

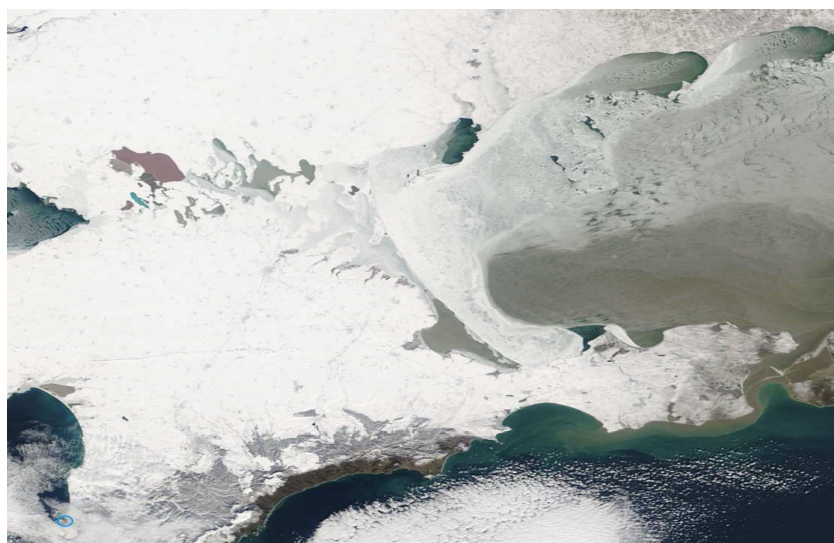
использовать данные *MODIS* для решения разнообразных задач по регулярному мониторингу природных явлений [3]. Для определения среднемесячного значения температуры поверхности воды использовались данные массива *NASA* доступные через портал *Giovanni online data system* [4].

**Обсуждение.** Для анализа динамики температуры поверхности воды были выбраны два района Восточного Сиваша (рис.1, обозначены квадратами). Данные за период с января 2003 по декабрь 2012 гг. были усреднены по площади и представлены в виде среднемесячных температур.

Максимумы температур приходятся на июль, август и варьируют от 23,19 до 27,98 °С. Минимумы наблюдаются в январе-феврале и варьируют от 1,67 до 0 °С. Максимум среднемесячной температуры поверхности воды зафиксирован в августе 2010 г. и составил 27,98 °С. Минимум температуры был определен в январе, феврале 2003, 2006 гг., В целом, наблюдается тенденция к увеличению среднегодовой температуры за последние десять лет, на рис.2 линией показан тренд этого увеличения с 11,70 до 14,87 °С.



Р и с . 2 . Сезонная и межгодовая изменчивость температуры поверхности воды с января 2004 по декабрь 2012 гг.



Р и с . 3 . Оледенение Сиваша 5 февраля 2010 г., снимок, сделанный *MODIS-Terra (EOS AM-1)*

**Мониторинг оледенения оз.Сиваш.** С целью наращивания солевого потенциала Сиваша, Западный и Средний водоемы отделены от Восточного земляными дамбами, с помощью которых в этих частях Сиваша регулируется гидрохимический режим и запас рапы. Благодаря этим дамбам, Западный водоем превращен в изолированный бассейн с регулируемым гидрологическим и гидрохимическим режимами, а Средний или Центральный водоем в огромный испарительный бассейн для получения рассолов высокой концентрации. Ввиду неравномерного распределения солености и химического состава вод, озеро Сиваш замерзает неоднородно.

Мониторинг оледенения проводился визуально, были проанализированы снимки зимних месяцев 2006, 2008, 2010 гг. На рис.3 видно, что Сиваш промерзает в восточной ветви, от пролива Тонкого до Чонгарского п-ова, центральный район западной ветви промерзает слабо, западный район – не замерзает совсем. В восточной ветви оледенение простирается до Шакалинского сужения.

Оледенение начинается с середины января и продолжается до середины февраля.

**Заклучение.** Спутниковая информация позволяет получать огромные массивы данных многих океанологических показателей, проследить тенденции их динамики и изменчивости. Однако необходимо обращение к данным, полученным *in situ*, поскольку для повышения достоверности дешифрирования необходима яркостная калибровка снимков, которой для Сиваша с его особыми свойствами среды до настоящего времени не проводилось. В данной работе представлены результаты анализа температуры поверхности воды, полученной путем дешифрирования снимков за 10 лет с января 2003 по декабрь 2012 гг. Выявлена тенденция к увеличению среднегодовых показателей, определены максимумы и минимумы для районов в

Восточной ветви Сиваша, рассматривается процесс неоднородного оледенения изучаемого объекта.

Для расширения возможностей в использовании спутниковой информации о Сиваше, необходим комплексный подход в изучении с получением и анализом натуральных данных, и последующим эталонированием снимков.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Аристов М.В.* Подтопление городов и сел Украины // Геопрофиль.– 2009.– № 6 (9).– С.16-23.
2. *Михайлов В.А.* Использование данных ДЗЗ для изучения динамики берегов залива Сиваш // Фундаментальные исследования.– 2012.– № 9.– С.831-834.
3. Инженерно-технологический центр «СканЭкс» <http://www.scanex.ru>
4. <http://disc.sci.gsfc.nasa.gov/giovanni>

Материал поступил в редакцию 28.08.2013 г.

*АНОТАЦІЯ* Розглядається сезонна і міжрічна мінливість температури води озера Сиваш з 2003 по 2012 рр., а також моніторинг заледеніння оз. Сиваш з використанням даних супутникових спостережень.

*ABSTRACT* The seasonal and interannual variability of water temperature Siwash Lake from 2003 to 2012 and monitoring glacial lake Siwash is considered using satellite data.