

Мониторинг Финского залива на основе спутниковой информации

Е.Ф. Чичкова, Е.П. Минаков

*Государственный научный центр РФ
Центральный НИИ робототехники
и технической кибернетики,
194064, Санкт-Петербург, Тихорецкий пр. 21
E-mails: chichkova@rtc.ru; minakov@rtc.ru*

На основе данных космических систем MODIS/EOS был проведен контроль состояния поверхностных вод Финского залива в период 2007-2009г. Исследовались следующие параметры: площади зон повышенной мутности, цветение воды, температура поверхности воды. Особое внимание уделялось районам проведения гидротехнических работ в акватории восточной части Финского залива. Отработана процедура проведения оперативного спутникового мониторинга с использованием данных MODIS/Terra для отслеживания зон повышенной мутности. При анализе пространственно-временной изменчивости зон повышенной мутности учитывались скорость и направление ветра, уровень воды, температура поверхности воды и фоновые тематические карты, полученные в 2005г.

Ключевые слова: мониторинг, мутность, цветение, спутниковые данные, загрязнение, гидротехнические сооружения.

Введение

Спутниковый мониторинг восточной части Финского залива производился в течение 2007-2009 года по заказу ФГУ «Балтийская дирекция по техническому обеспечению надзора на море» и ФКП "Северо-Западная дирекция Росстроя – дирекция комплекса защитных сооружений Санкт-Петербурга от наводнений". Растущая степень антропогенной нагрузки, особенно в Невской губе, где проводятся строительные, грунтонамывные, дноуглубительные работы, выводит спутниковый мониторинг на передний план всех мероприятий мониторинга Финского залива. Возможность обзора одного и того же региона в короткие сроки, а также возможность проведения повторных наблюдений с небольшим интервалом времени делают использование спутниковой информации наиболее дешевым, оперативным и объективным методом экологического мониторинга водных объектов. Накопленные материалы по мониторингу восточной части Финского залива в 2007-2009 гг. позволили сравнить степень загрязнения поверхностных вод взвешенными веществами за эти годы, принимая за фоновые данные 2005 г., полученные до начала проведения масштабных строительных работ в акватории.

Обработка спутниковой информации

В качестве исходной информации использовались многоспектральные данные со спутника Terra радиометра MODIS, получаемые станцией приема «Унискан-36» ГНУ «Центральный научно-исследовательский институт робототехники и технической кибернетики».

Предварительная обработка данных MODIS выполнялась специально созданным для этой цели программным комплексом Monitoring и специализированной программой International MODIS/AIRS Processing Package (IMAPP <http://cimss.ssec.wisc.edu>). Оценка площадей выделяемых зон повышенной мутности производилась при помощи программного комплекса ERDAS Imagine Pro. Для получения количественных параметров воды (температуры поверхности воды, содержания хлорофилла «а», прозрачности (коэффициента диффузного ослабления) данные MODIS/Terra обрабатывались свободно распространяемым специализированным программным комплексом SeaDAS (<http://oceancolor.gsfc.nasa.gov/seadas/>). Температурные поля использовались в качестве дополнительной опорной информации при анализе распределения зон повышенной мутности. Температурные поля поверхностных вод выявляют возможные проявления локальных апвеллингов, например, при стоковых и сгонных ситуациях.

Валидация алгоритма расчета температуры поверхности воды для территории восточной части Финского залива производилась в 2007г [1] и ее результаты позволяют использовать в работе температурные поля, восстановленные по спутниковым данным со стандартной ошибкой 1 градус. Как показал сравнительный анализ, проведенный в 2005г [2], другие алгоритмы восстановления количественных параметров по спутниковым данным комплексом SeaDAS в восточной части Финского залива работают не столь надежно. Например, показатель содержания хлорофилла "а", не соответствуют данным *in situ*, особенно в мелководных частях Финского залива, а показатель прозрачности воды имеет достаточно высокую корреляцию с натурными наблюдениями, но плохо восстанавливается в условиях мелководных зон. Поэтому эти показатели рассчитывались только в отдельных взятых случаях при наличии данных наблюдений *in situ*.

Анализ зон повышенной мутности

Анализ выделяемых по спутниковым данным зон повышенной мутности производится с привлечением гидрометеорологической информации о скорости и направлении ветра, об уровне воды на гидрологических постах. Также учитываются (при наличии) данные о месте и времени производства гидротехнических работ и фоновые данные о состоянии параметров поверхностных вод до проведения активных гидротехнических работ.

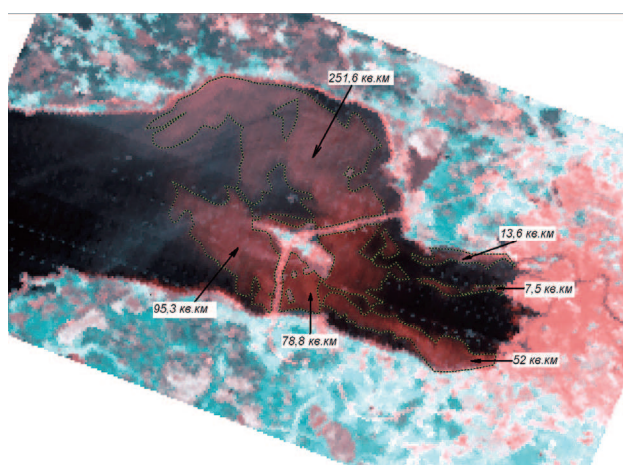


Рис. 1. Оценка площадей зон повышенной мутности в зоне влияния комплекса защитных сооружений, 30 мая 2009 г.

На рисунке 1 изображены оконтуренные области повышенной мутности, обнаруженные 30 мая 2009г в зоне влияния комплекса защитных сооружений (дамбы). На этом изображении хорошо различимы источники загрязнения в Невской губе Финского залива: зона строительства Морского фасада Санкт-Петербурга (7.5 кв. км), южная зона вдоль прибрежной линии от устья реки Красненькой (52 кв. км), северная часть акватории (Северная Лахтинская отмель). Зоны повышенной мутности на данном изображении занимают 40 % Невской губы.

Обобщенный анализ тематических карт спутникового мониторинга за 2007-2009г позволяет выделить 4 стадии загрязнения анализируемых акваторий в восточной части Финского залива: незначительное, умеренное, сильное и максимальное в зависимости от площади и интенсивности тона зон повышенной мутности на изображениях.

Незначительное загрязнение характеризуется распределением зон повышенной мутности близким к фоновому (данные 2005 г.), в основном, сосредоточенным в южной части Невской губы. Умеренная стадия загрязнения соответствует ситуации, когда на изображениях хорошо различимы источники повышенной мутности. Сильное загрязнение соответствует более чем 50-% площади повышенной мутности в анализируемой акватории. При этом источники загрязнений почти не различимы или едва обозначены на изображениях. Максимальное загрязнение характеризуется обычно 100% зоной повышенной мутности в анализируемой акватории при сильном техногенном прессинге (рисунок 2). Как правило, образование зоны максимального загрязнения происходит при сильных нагонных ветрах, «запирающих» мутные воды в пределах той или акватории (губы, залива) и усиливающих мутность воды дополнительным взмучиванием илистых и прочих донных и прибрежных отложений. На рисунке 2 в западной части зоны повышенной мутности хорошо различимы полосы цветения воды сине-зелеными водорослями, вероятнее всего, занесенные сюда сильным западным ветром из центральной части залива.



Рис. 2. Зоны повышенной мутности (ярко-красные) и цветение воды сине-зелеными водорослями (голубоватые полосы) в восточной части Финского залива 03 августа 2007 г.

Компонент мониторинга Финского залива – обнаружение зон цветения воды водорослями становится очень важным с учетом растущего внимания к проблемам эвтрофирования вод Балтийского моря.

На рисунке 3 представлены гистограммы распределения обнаруженных зон повышенной мутности по выделенным стадиям загрязнения за годы наблюдений (с мая по октябрь) в восточной части Финского залива, включая Невскую губу. Фоновым для проведенного сравнения стали наблюдения 2005 до начала активных строительных работ.

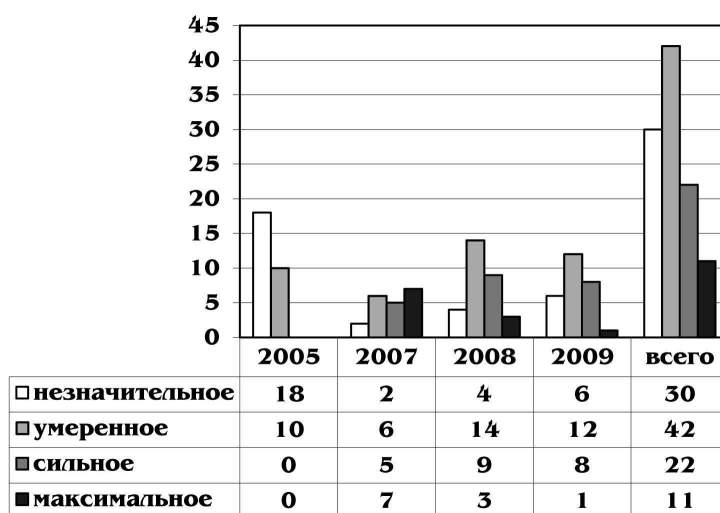


Рис. 3. Гистограммы распределений зон повышенной мутности в восточной части Финского залива по стадиям загрязнения

Во все анализируемые периоды выделяется преобладание умеренной стадии загрязнения, т.е. спутниковый мониторинг в большинстве случаев наблюдений в безоблачную погоду позволяет фиксировать источники загрязнения акватории Финского залива. Рекордным по количеству обнаруженных максимальных загрязнений стал 2007г., максимальное загрязнение преобладало в этот год над другими типами.

По сумме обнаруженных сильных и максимальных загрязнений 2007 и 2008 годы равны (12 случаев). Наблюдения, проведенные в 2009г, показали лишь одно максимальное вторичное загрязнение в восточной части Финского залива, связанное с сильным (до 10м/с) западным ветром. Этот факт объясняется прекращением гидротехнических работ в зоне комплекса защитных сооружений в 2009г. Но, несмотря на отсутствие такого мощного источника мутности в 2009г, количество сильных загрязнений было также велико (8 случаев).

Выводы

В целом, результаты проведенного в 2007-2009 годах спутникового мониторинга гидроэкологического состояния акватории в восточной части Финского залива позволили сделать следующие выводы:

- зоны повышенной мутности, обнаруживаемые по спутниковым MODIS/Terra данным носят природный и антропогенный характер. Это могут быть взвешенные вещества, как результат техногенного воздействия при производстве гидротехнических работ, биогенные компоненты продуктов цветения водорослей, илистые взвеси;

- выявленные зоны повышенной мутности разделены на 4 типа в зависимости от площади и интенсивности загрязнения, это: незначительное, умеренное, сильное и максимальное. Преобладает сильное и максимальное загрязнение в совокупности;

- основными источниками повышенной мутности в восточной части Финского залива были производимые гидротехнические работы по строительству комплекса защитных сооружений, Морского фасада, Лужского порта, а также сток реки Красненькой и отвал грунта, образованный вдоль северного побережья Невской губы. Большие по площади и интенсивности зоны загрязнения образуются при одновременном производстве работ;
- локальные, достаточно интенсивные, загрязнения взвесью связаны с кратковременным техногенным воздействием при свалке грунта в подводные отвалы (районы Толбухинского маяка, Южной Лахтинской отмели, Северной Лахтинской отмели);
- вторичное загрязнение акватории вследствие ветроволнового взмучивания «подвижных» отложений приводит к образованию менее интенсивных, но наблюдающихся на значительных площадях зон повышенной мутности;
- формирование зоны сильного загрязнения в Невской губе и районе строительства дамбы усиливается явлением нагона под воздействием ветров западного направления (северного – в Лужской губе);
- изменчивость в распределении зон повышенной мутности при умеренном пресинге гидротехнических работ обусловлена воздействием гидрометеопараметров;
- цветение воды сине-зелеными водорослями фиксируется ежегодно в период с мая по сентябрь (от 3 до 5 случаев). Наиболее поздний срок обнаруженного цветения -15 сентября 2009г.

Литература

1. *Минаков Е.П., Чичкова Е.Ф., Морозов Л.А.*, Исследования состояния поверхностных вод восточной части Финского залива на основе спутниковой информации, // Сборник тезисов Шестой Всероссийской конференции «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса», Москва, 10–14 ноября 2008.
2. *Чичкова Е.Ф., Басова С.Л.* Спутниковой мониторинг Финского залива в летний период 2005 года – результаты и перспективы использования в системе интегрированного управления водными ресурсами Санкт-Петербурга, // Сборник тезисов Второй международной конференции «Земля из космоса – наиболее эффективные решения», Москва. 2005. С. 128-129

Monitoring of the Gulf of Finland on the basis of the satellite data

E.F. Chichkova, E.P. Minakov

*The State Scientific Center of Russia -
Central R&D Institute for Robotics and Technical Cybernetics,
194064 Russia, Saint-Petersburg, Tikhoretsky prospect 21
E-mail: chichkova@rtc.ru; minakov@rtc.ru*

The monitoring of the Gulf of Finland was made on the basis of MODIS radiometer data of space system EOS (Terra, Aqua) during 2007-2009. The main parameters of realized monitoring were high water turbidity areas, algae bloom and sea surface temperature. Dam and other hydraulic engineering constructions were intensively being built in these areas. Procedure of operative satellite monitoring on the base MODIS/Terra data is fulfilled. The hydrometeorological information and background satellite data 2005 were used in order to explain the high water turbidity distribution.

Keywords: monitoring, turbidity, algae bloom, the satellite data, pollution, hydraulic engineering constructions.