

СИСТЕМА МОНИТОРИНГА И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ГИДРОЛОГИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ НА РЕКЕ СЕВЕРНАЯ ДВИНА НА БАЗЕ ИНТЕГРИРОВАННОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОМПЛЕКСА МОДЕЛЕЙ И НАЗЕМНО-КОСМИЧЕСКИХ ДАННЫХ

Зеленцов В.А.¹, Потрясаев С.А.¹, Пиманов И.Ю.¹, Пономаренко М.Р.¹

¹ – Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Санкт-Петербургский институт информатики и автоматизации РАН, Санкт-Петербург, Россия, pimen@list.ru

Аннотация. В работе представлено описание системы оперативного прогнозирования наводнений «Простор». Приведен используемый в системе метод совместной обработки и анализа материалов оптической и радиолокационной съёмок для решения задач мониторинга речных наводнений.

Ключевые слова: мониторинг наводнений; космическая съемка; геоинформационные технологии; информационно-аналитическая система; прогнозирование; автоматизация.

Космическая съемка является источником площадных пространственных данных на территорию, позволяя в сочетании с наземным гидрометеорологическим мониторингом получить наиболее полную информацию о гидрологической обстановке и проанализировать её развитие. Для мониторинга российских рек применение дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) из космоса особенно актуально, в связи с ограниченным набором пространственных данных и результатов натурных измерений вследствие разреженности сети гидрометеорологических наблюдений, а также отсутствия высокоточных цифровых моделей рельефа [1, 2]. Кроме того, мониторинг и прогнозирование опасных явлений осложняется особенностями местных условий, в частности - формированием ледовых заторов в ходе вскрытия рек.

На сегодняшний день для решения задач мониторинга наводнений используются данные оптического и радиолокационного зондирования. Однако для каждого метода существуют свои ограничения: эффективность использования оптических систем зависит от состояния облачного покрова, а задача детектирования затопленных участков по радиолокационным данным существенно усложняется на урбанизированных территориях. В этой связи наиболее перспективным представляется комплексное использование оптических и радиолокационных данных.

В данном исследовании предложен метод обработки и анализа данных ДЗЗ, в соответствии с которым выявление затопленных территорий выполняется на основе автоматической пороговой обработки радиолокационных данных и расчете нормализованного разностного водного индекса NDWI по данным зондирования в оптическом диапазоне [3, 4].

Предложенный метод использован в составе системы оперативного прогнозирования наводнений «Простор», на базе которой выполнены совместный анализ и визуализация результатов обработки материалов космической съёмки [5, 6, 7]. Разработанный метод апробирован в ходе весеннего половодья 2014–2018 гг. на участке русла реки Северная Двина от г. Великий Устюг до г. Котлас [8, 9]. В 2014–2016 гг. были выполнены тестовые запуски системы, весной 2018 г. в течение всего периода половодья тестирование осуществлялось в режиме реального времени [2, 10, 11]. Исходными данными послужили снимки с российских и зарубежных космических аппаратов: «Ресурс-П», «Канопус-В», Sentinel-1, Sentinel-2, RADARSAT-2. В настоящее время проводится доработка системы для её непрерывной эксплуатации в течение календарного года.

Комплексное применение данных оптического и радиолокационного зондирования позволило избежать неточностей, связанных с облачностью, и получить данные о затоплениях на территориях с городской застройкой. Результаты обработки космических данных использованы для оценки качества моделирования наводнения, а также для анализа ледовой обстановки и выявления специфических явлений, вызванных местными условиями [2].

Исследования, выполненные по данной тематике, проводились при частичной финансовой поддержке грантов РФФИ (№№ 17-08-00797, 17-06-00108, 17-01-00139), Госзадания Министерства образования и науки РФ № 2.3135.2017/4.6, в рамках бюджетной темы №№ 0073–2019–0004 и Экспериментальные исследования по тестированию системы на р. Северная Двина выполнены за счет гранта Российского научного фонда (проект № 17-11-01254).

Литература

1. Zelentsov V., Pimanov I., Potryasaev S., Sokolov B., Cherkas S., Alabyan A., Belikov V., Krylenko I. River Flood Forecasting System: An Interdisciplinary Approach. // Refice A., D'Addabbo A., Capolongo D. (eds) Flood Monitoring through Remote Sensing. 2017. Springer Remote Sensing/Photogrammetry, https://doi.org/10.1007/978-3-319-63959-8_4.
2. Зеленцов В.А., Потрясаев С.А., Пиманов И.Ю., Семенов А.Е. Мониторинг и моделирование наводнений на базе системы с сервис-ориентированной архитектурой // ГеоРиск 1. 2016. Москва, Изд.: Геомаркетинг. С. 12-15.
3. Зеленцов В.А., Потрясаев С.А., Пиманов И.Ю., Пономаренко М.Р. Использование данных космического радиолокационного зондирования при анализе зон затопления в половодье // Инженерные изыскания. 2018. Том XII. № 7–8. С. 54–60. DOI: 10.25296/1997-8650-2018-12-7-8-54-60.
4. Ponomarenko M.R., Pimanov I.Yu., 2016. Processing of SAR amplitude images with posting the results on web server. J. Sib. Fed. Univ. Eng. technol., 9(7), 994-1000. <https://doi.org/10.17516/1999-494X-2016-9-7-994-1000>.
5. Зеленцов В. А., Ковалев А. П., Пиманов И. Ю. Иерархическая система управления развитием территорий с использованием разнородных пространственных данных // Известия высших учебных заведений. Приборостроение. 2016. Т. 59, № 11. С. 944–951. DOI 10.17586/0021-3454-2016-59-11-944-951.
6. Зеленцов В.А., Потрясаев С.А. Архитектура и примеры реализации информационной платформы для создания и предоставления тематических сервисов с использованием данных дистанционного зондирования Земли //Труды СПИИРАН. 2017. Т.6. №55. С.86–113. DOI <http://dx.doi.org/10.15622/sp.55.4>
7. Пиманов И.Ю. Программные инструментальные средства для комплексного моделирования при мониторинге и прогнозировании развития чрезвычайных ситуаций с использованием данных дистанционного зондирования // Известия высших учебных заведений. Приборостроение. 2018. №11. С. 988-996. DOI 10.17586/0021-3454-2018-61-11-988-996.
8. Алабян А.М., Алексеевский Н.И., Евсеева Л.С., Жук В.А., Иванов В.В., Сурков В.В., Фролова Н.Л., Чалов Р.С., Чернов А.В. Генетический анализ причин весеннего затопления долины Малой Северной Двины в районе г. Великого Устюга. Эрозия почв и русловые процессы. 2004. № 14. С. 104–130.
9. Лебедева С. В., Алабян А. М., Крыленко И. Н., Федорова Т. А. Наводнения в устье Северной Двины и их моделирование. Геориск. 2015. №1. С. 18–25.
10. Алабян А.М., Зеленцов В.А., Крыленко И.Н., Потрясаев С.А., Соколов Б.В., Юсупов Р.М. Оперативное прогнозирование наводнений на основе комплексного упреждающего моделирования и интеграции разнородных данных. Труды СПИИРАН. 2015. №41. С.5-33.
11. Алабян А.М., Зеленцов В.А., Крыленко И.Н., Потрясаев С.А., Соколов Б.В., Юсупов Р.М. Создание интеллектуальных информационных систем оперативного прогнозирования речных наводнений. // Вестник Российской академии наук. 2016. №86(2). С. 127–137, <https://doi.org/10.7868/S086958731602002X>.

**SYSTEM FOR MONITORING AND FORECASTING
THE HYDROLOGICAL SITUATION ON THE NORTHERN DVINA RIVER
BASED ON THE INTEGRATED USE OF A COMPLEX OF MODELS
AND GROUND-SPACE DATA**

Zelentsov V.A.¹, Potriasaev S.A.¹, Pimanov I.Yu.¹, Ponomarenko M.R.¹

¹ – *Federal State Budgetary Institution of Science Saint Petersburg Institute for Informatics and Automation of RAS, Saint Petersburg, Russia, pimen@list.ru*

Abstract. The paper presents the operational flood forecasting system «Prostor» and the method of joint processing and analysis of optical and radar remote sensing data for the monitoring of river floods.

Keywords: flood monitoring; remote sensing; geoinformation technologies; information analytical system; forecasting; automation.