

Опыт применения изображений Земли из космоса и ГИС-технологий для мониторинга паводков и наводнений в России

А.М. Тарарин

*ГОУ ВПО "Нижегородский государственный
архитектурно-строительный университет
603950, г. Нижний Новгород, ул. Ильинская, д.65
E-mail: gis_akm_tararin@nngasu.ru*

В работе проанализирован опыт применения космических снимков и геоинформационных систем для мониторинга паводков и наводнений на территории России. Освещены основные проблемы использования космических снимков при мониторинге затоплений.

Введение

Наводнения являются одним из наиболее часто повторяющихся стихийных бедствий, а по площади охватываемых территорий и наносимому ущербу превосходят все другие чрезвычайные ситуации. В России, по данным Министерства природных ресурсов, площадь паводкоопасных территорий составляет 400 тыс. км². Ежегодно подвергается затоплению около 50 тыс. км² территорий. Среднегодовой ущерб от наводнений оценивается в 41,6 млрд. рублей в год (в ценах 2001 года) [1].

Средства наблюдения за наводнениями можно разделить на две группы: контактные (наземные) и безконтактные (дистанционные). К контактным средствам можно отнести наземные наблюдения сети гидрологических постов и инструментальные обследования затопляемых территорий. К дистанционным средствам относится аэрофотосъемка, аэрогидрометрия, аэровизуальные наблюдения, дистанционное зондирование Земли из космоса.

Ни одно из перечисленных средств в отдельности не в состоянии обеспечить информацией, отражающей быстроменяющуюся картину речного разлива. Учитывая обширность речных пойм и быстроту протекающих на них процессов затопления, не обойтись без методов дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) из космоса.

Для всестороннего анализа развития и последствий затопления территорий необходимо привлечение большого объема пространственной информации: о регионе в целом, затопляемых территориях и об объектах, подверженных затоплению. Для обработки такого рода информации необходимо использовать геоинформационные системы (ГИС), так как они объединяют в себе возможности автоматизированных картографических редакторов и систем управления базами данных.

Опыт применения изображений Земли из космоса для мониторинга затоплений в России

В России данные ДЗЗ применяют в целях мониторинга паводков и наводнений для оперативного отслеживания развития паводка, определения конфигурации и величины затопляемых территорий, определения зависимости между площадью затопления и уровнем на гидрологическом посту, моделирования стока весеннего половодья по данным анализа динамики снегового покрытия, оценки ледовой обстановки для прогнозирования возможных заторов льда, оценки состояния гидротехнических сооружений и других строений в зоне затопления, оценки ущерба от затопления пойменных территорий.

В 1998-99 годах специалистами НИЦ “Планета” произведен космический мониторинг затоплений Волго-Ахтубинской поймы, вызванных сбросами воды Волгоградской ГЭС в паводковые периоды. Для мониторинга использовались данные МСУ-СК с ИСЗ “Ресурс-О1” №3. Были определены площади затопления и другие гидрологических параметры на участках Волго-Ахтубинской поймы в различные периоды развития затоплений. Получены эмпирические зависимости между площадью затопления и уровнем воды на гидрологическом посту для каждого из выделенных участков Волго-Ахтубинской поймы [2].

С 2002 г. в Государственном океанографическом институте (ГОИН) проводится эксперимент по использованию данных ДЗЗ среднего разрешения для мониторинга сезонных процессов в морских устьях рек и прибрежной зоне морей [3, 4]. Эксперимент состоит в совместном анализе в режиме реального времени ежедневных данных ДЗЗ Земли из космоса, полученных с помощью сканирующего аппарата MODIS, установленного на спутнике TERRA, и ежедневных данных гидрометеорологических наблюдений на стандартной сети устьевых станций Росгидромета. В качестве объектов эксперимента были выбраны устьевые области рек северного склона Европейской Территории России (ЕТР) – Онеги, Северной Двины, Мезени и Печоры, и устьевые области рек, впадающих в Каспийское море – Волги, включая акваторию Северного Каспия и Терека. В качестве процессов, мониторинг которых был возможен в условиях эксперимента, были рассмотрены: весеннее вскрытие ото льда устьевых областей рек севера ЕТР в апреле-июне, распространение волны половодья и заливание устьевой области Волги в апреле-июле, катастрофический паводок в устьевой области Терека в июне-июле, процесс ледообразования в устьевой области Волги и на акватории Северного Каспия в октябре-декабре. Результаты эксперимента показывают, что совместное использование данных ДЗЗ из космоса среднего разрешения и данных гидрометеорологических постов позволяет решать задачи мониторинга сезонных процессов в морских устьях рек и оперативно отслеживать короткопериодные процессы (паводки), охватывающие часть устьевой области. При этом специалистами ГОИНа сформулированы три условия выбора объекта исследования:

- предварительный анализ климатических особенностей изучаемого региона;
- соразмерность размера исследуемого объекта и разрешения космических снимков;
- наличие стандартной сети гидрологических постов и гидрометеостанций в устьевой области реки, на прилегающих территориях речного бассейна и в прибрежной зоне моря.

Среднесибирское УГМС совместно с Институтом леса СО РАН проводит работы по анализу динамики снегового покрытия и моделированию стока весеннего половодья, в том числе для небольших рек с площадями водосборов 100-3000 км² по данным Modis с космического аппарата (КА) TERRA [5].

Западно-Сибирский региональный центр приема и обработки спутниковых данных осуществляет отслеживание развития половодья в пойме р. Оби. Используются данные с КА NOAA и TERRA [5].

Одним из направлений научных исследований кафедры геоинформатики и кадастра Нижегородского государственного архитектурно-строительного университета (ННГАСУ) также является космический мониторинг весенних половодий. Работы в этой области начались еще в 1997-98 годах, когда в ННГАСУ была установлена персональная станция приема космической информации СКАН-ЭР, поставленная Инженерно-технологическим Центром «СКАНЭКС», принимающая данные МСУ-СК и МСУ-Э с ИСЗ “Ресурс-О1” №3 и №4. Эти данные использовались для мониторинга схода снежного покрова, развития паводковой ситуации, загрязнений водных объектов. К сожалению, в 1998 году работы были приостановлены в связи с выходом из строя космических аппаратов. С тех пор станция прошла ряд модернизаций и на данный момент может принимать данные с КА TERRA (сенсор Modis), а до 2006 года принимались также данные с КА “Метеор-3М” №1 [6]. Последние четыре года по заказу органов МЧС Нижегородской области ННГАСУ ведет работы по оперативному космическому мониторингу территории области в период весен-

них половодий. Космические снимки используются для картографирования развития весеннего половодья и определения площадей затопления [7].

Интересный опыт применения космических снимков высокого разрешения для оценки ущерба сельхоз земель от затопления представлен в [8]. Для примера было проанализировано наводнение в бассейне р. Кубани в районе р. Лаба в июне 2002 года, вызванное дождевыми осадками. Подобрана серия космических снимков для мониторинга и оценки последствий наводнения. Два снимка с КА IRS-1D сканер LISS за 30 мая и 24 июня 2002 года и один снимок Landsat 7 сенсор ETM+ за 30 июля 2002 года. Анализируя снимки с КА IRS можно увидеть, что во время паводка часть полей, занятых сельхоз культурами, затопливается. На снимке за 30 июля можно заметить, что развитие сельхоз культур на затопляемых участках приостановлено и урожая с этих полей не будет.

Опыт применения геоинформационных систем для оценки ущерба от затоплений в России

Эффективность и необходимость применения ГИС при решении задач к территориям с большим пространственным охватом признана давно и не вызывает сомнений. В последние годы появляются примеры применения ГИС для оценки ущерба от затоплений территории РФ.

Один из таких примеров - это геоинформационная система гидрологического назначения в Самарской области (разработчик ГУП «ТеррНИИГражданпроект»). В этой работе предложены принципы районирования подтапливаемой территории, определены основные факторы оценки потенциального экономического ущерба от наводнения. На базе ГИС гидрологического назначения планируется разработать программный комплекс для оценки уровня затопления и расчета величины возможного экономического ущерба в пойме рек, выделения зон градаций страховых рисков от наводнений [9].

В Приморском крае ГИС используют для оценки ущерба от затоплений (разработчик лаборатория геоинформационных технологий ДВФ РосНИИВХ). Созданная система позволяет определить объекты затопления, например, при моделировании поднятия уровня моря на 1 м в результате цунами. При этом средства системы позволяют в интерактивном режиме определить не только местоположение каждого затопленного объекта, но и всю связанную с ним атрибутивную информацию. При оценке ущерба одновременно учитываются как инвентаризационная стоимость недвижимого имущества, так и рыночная стоимость, учет которой недавно введен в практику государственной регистрации сделок с недвижимостью. В процессе работы разработчики столкнулись с двумя трудностями: не соответствие имеющихся карт требованиям топологической корректности и непригодность классических схем гидрологических расчетов для пространственного отображения динамических процессов [10].

В Нижегородской области кафедрой геоинформатики и кадастра ННГАСУ совместно с областными органами МЧС начаты работы по созданию геоинформационной системы объектов недвижимости Нижегородской области, подверженных сезонному затоплению. Интерес в данном случае представляет интеграция в эту систему зон затопления, полученных по космическим снимкам высокого разрешения (сенсоры ASTER, МСУ-Э, данные с космических аппаратов серии Landsat) [11, 12]. Использование изображений Земли из космоса позволяет в данном случае обойтись без данных о рельефе местности, а это очень важно, так как данные о рельефе местности является, во-первых, секретными, а во-вторых, не всегда актуальными.

Проблемы

Основные недостатки применения изображений Земли из космоса для мониторинга паводков и наводнений связаны, все-таки, с ограничениями частоты повторения спутниковой съемки кон-

кредных затопляемых территорий и наличием облачности. Поэтому при наблюдениях половодий целесообразно использовать информацию с различных отечественных и зарубежных космических систем. Для исключения фактора облачности возможно применение радиолокационных съемок (КА RADARSAT), но эти данные более дорогие и для работы с ними необходимо специализированное программное обеспечение.

Необходимо принимать во внимание и общие проблемы в области развития и применения данных ДДЗ из космоса в России:

- ограниченный доступ к крупномасштабным картографическим данным и ко многим другим тематическим данным, необходимым для научных исследований;
- отсутствие системности и целенаправленности в финансировании развития методов использования и применения данных ДДЗ из космоса;
- отсутствие понимания и реальной (системной) поддержки со стороны органов государственной власти всех уровней в применении современных технологий;
- при работе с космической информацией требуется комплексный подход и широкие знания в разных областях науки и техники, чем объясняется односторонность и плохая «живучесть» проектов в области ДДЗ.

Выводы

Важными преимуществами методов дистанционного зондирования являются возможность регулярного отслеживания состояния земной поверхности, большая обзорность, высокая оперативность получения информации об интересующем районе и интеграция в геоинформационные системы. Генерализация деталей на изображениях Земли из космоса обеспечивает исследования разных по охвату регионов и позволяет проследить за наиболее характерными процессами прохождения половодья по всей длине реки от истока до устья.

При проведении космической съемки затопляемых территорий целесообразно использовать информацию различного пространственного разрешения и в разных спектральных диапазонах. Со снимков среднего разрешения (сенсоры МСУ-СК, Modis) можно извлекать полезную информацию о состоянии поймы. По снимкам высокого разрешения (сенсоры LISS, ASTER, МСУ-Э, данные с космических аппаратов серии Landsat) более точно определяется положение урезов воды и с большей достоверностью выделяются затопленные участки поймы. Съемка в микроволновом диапазоне (КА RADARSAT) дает возможность получать информацию о наводнениях независимо от освещенности и облачности.

Ситуация на рынке данных дистанционного зондирования Земли из космоса складывается благоприятно. Количество космических аппаратов и их производительность увеличивается, а стоимость данных ДДЗ существенно снижается. Все это заставляет уделять особое внимание совершенствованию технологий применения изображений Земли из космоса и в частности при мониторинге паводков и наводнений.

Литература

1. Концепция совершенствования и развития системы государственного управления использованием и охраной водных ресурсов и водохозяйственным комплексом Российской Федерации. - М. : Министерство природных ресурсов РФ. - 2002. - 24 с.
2. Аэрокосмический мониторинг. Разработка средств и методов аэрокосмического мониторинга и геоинформационной системы Волжского бассейна : отчет о НИР / Нижегород. гос. архитектур.-строит. ун-т ; рук. темы В. В. Найденко. - Н. Новгород, 1999. - 400 с. - № ГР.01.9.50.001757.

3. Горелиц О.В., Землянов И.В., Павловский А.Е., Артемов А.К., Яготинцев В.Н. Катастрофический паводок в дельте Терека в июне-июле 2002 года // «Метеорология и гидрология», М., 2005. - №5.
4. Землянов И.В., Горелиц О.В. Технологии использования данных дистанционного зондирования Земли из космоса для мониторинга сезонных процессов в прибрежной зоне и устьевых областях рек Каспийского моря // «Пособие по применению данных дистанционного зондирования для управления морской и прибрежными экосистемами Прикаспийского региона». М., 2004.
5. Опыт внедрения спутниковой информации в моделях прогноза стока весеннего половодья и притока в водохранилища : матер. совещания. Среднесибирское УГМС. Красноярск. 2004.
6. Выполнение научно-исследовательских работ по применению геоинформационных технологий на основе данных дистанционного зондирования Земли по оценке и снижению рисков ущерба в период весенних половодий во время проведения стажировки в ООО Инженерно-технологическом Центре «СКАНЭКС» : отчет о НИР / Нижегород. гос. архитектур.-строит. ун-т ; рук. работ А.М. Тарарин ; науч. рук. Е. К. Никольский. – Н.Новгород, 2005. – 41 с. – № ГР 0120060606565.
7. Исаев Д.Ю., Никольский Е.К., Тарарин А.М. Прогнозирование зон затопления методом дистанционного зондирования Земли // Проблемы прогнозирования чрезвычайных ситуаций. V науч.-практ. конф. Сб. матер. – М. : Центр "Антистихия", 2005.
8. Изображения Земли из космоса: примеры применения : Научно-популярное издание. - М. - ООО Инженерно-технологический центр «СканЭкс», 2005.
9. Лукьянчикова О.Г., Васильчиков Ф.Ю., Ульянкина Л.К. Геоинформационная система гидрологического назначения в Самарской области // ArcReview, 2006. - № 1.
10. Андреев В.Л. Использование ГИС для оценки ущерба от затоплений в Приморском крае // ArcReview.
11. Тарарин А.М. Учет факторов сезонного затопления земель при экономической оценке земель поселений // Сб. матер. квалификационных и научных работ студентов и магистрантов вузов России и стран СНГ, отмеченных на международных, всероссийских и региональных конкурсах по разделу «Строительство и архитектура» Вып. 7. – Н.Новгород : Нижегород. гос. archit.-строит. ун., 2005. С. 81 – 83.
12. Тарарин А.М. Полуавтоматическое определение границ зеркала воды по материалам дистанционного зондирования высокого разрешения // Архитектура, геоэкология, экономика.: Сб. тр. аспирантов и магистрантов. Н.Новгород: ННГАСУ, 2006. С. 371 – 374.