

Опыт эксплуатации и перспективы развития технологического комплекса космического мониторинга паводков и наводнений в Казахстане

Л.Ф. Спивак, О.П. Архипкин, Г.Н. Сагатдинова

*Институт космических исследований
Министерство образования и науки Республики Казахстан,
050010, Казахстан, Алма-Ата, Шевченко, 15
E-mail: mkmikikz@rambler.ru*

Приводится описание технологии космического мониторинга паводков и наводнений, разработанной в Казахстане, обсуждаются результаты её практического использования в отдельных регионах и намечаются направления дальнейшего развития.

Введение

Работы по созданию технологических комплексов для решения задач космического мониторинга ведутся в Казахстане уже более 15 лет [1]. В последние годы эти работы получили новый импульс в связи с утверждением Государственной программы «Развитие космической деятельности Республики Казахстан на 2005 - 2007 годы» (далее Госпрограмма). В Казахстане функционирует сеть станций приема данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), расположенных в Астане, Алматы и в Атырау, которая осуществляет регулярный прием данных американских спутников NOAA, EOS Terra и Aqua, индийских спутников серии IRS и радиолокационных изображений канадского спутника RADARSAT-1 в режиме прямого сброса на основе международных лицензионных соглашений. Благодаря удачному географическому расположению приемных станций, зоны их радиовидимости охватывают не только весь Казахстан, но и территории сопредельных государств, включая Европейскую часть России и страны Центрально-Азиатского региона.

Одной из наиболее эффективных областей приложения данных ДЗЗ является мониторинг чрезвычайных ситуаций (ЧС) [1]. В рамках Госпрограммы предусматривалось разработать ряд комплексных ГИС-технологий мониторинга ЧС, обеспечивающих решение следующих задач:

- мониторинг паводков и оценка риска затопления регионов Казахстана;
- мониторинг лесных и степных пожаров и оценка рисков пожароопасности;
- раннее предупреждение и дистанционный контроль стихийных бедствий метеорологического характера;
- мониторинг трансграничных ЧС;
- дистанционный контроль температурного режима очагов сейсмической активности.

В настоящей статье описан технологический комплекс мониторинга паводков и оценки риска затопления, обсуждается опыт его эксплуатации в базовых регионах Казахстана и намечаются пути дальнейшего развития.

Описание технологии космического мониторинга паводков и наводнений

Работы по созданию технологий космического мониторинга паводков и наводнений ведутся в Казахстане с 2002 года [2-4]. В составе комплекса реализовано несколько технологических блоков, позволяющих:

- оперативно обнаруживать участки затопления;
- картографировать и определять площади зон затопления с нарастающим итогом;

- осуществлять прогноз развития паводков и оценивать их потенциальную опасность для населенных пунктов и особо важных объектов;
- оценивать и анализировать риски затопления для различных регионов.

Ниже кратко описаны основные технологические блоки комплекса.

Технология оперативного картирования зон затопления базируются на дневных снимках EOS-AM (Terra) MODIS. В качестве вспомогательных используются ночные снимки NOAA AVHRR и MODIS в инфракрасном диапазоне. Их использование обусловлено тем обстоятельством, что для некоторых регионов ночью характерна меньшая облачность по сравнению с дневным периодом. Для наблюдения за особо важными участками и картирования зон затопления используются космоснимки более высокого разрешения IRS PAN (разрешение 5.8 м) и IRS LISS (разрешение 23 м). При наличии постоянного облачного покрова используются снимки с канадского спутника RADARSAT.

При дешифрировании космических снимков с целью выделения водных объектов важно точно провести границу раздела «вода-суша». Для этого используются их специфических особенностей отражать, поглощать и излучать электромагнитные волны в различных спектральных диапазонах [5-7]. Наиболее отчетливо характерные особенности отражательной способности водных поверхностей проявляются в ближней инфракрасной зоне (NIR), а также в видимом диапазоне спектра (VIS). Для выделения водных объектов по космоснимкам можно использовать также композиции NIR и VIS, в частности специальные комплексные параметры - индексы вегетации, а также RGB-синтез с участием этих каналов.

При дешифрировании космоснимков необходимо учитывать ряд факторов, препятствующих правильному распознаванию водных объектов. В первую очередь это облачный покров, который часто сопутствует наводнениям. Облака экранируют излучение в видимом и инфракрасном диапазонах. Кроме того, в NIR диапазоне тени от облаков выглядят как водные объекты, а при использовании вегетационных индексов и облака и их тени часто идентифицируются как водные поверхности. Для исключения этих объектов используется маска облачности и тот факт, что тени по конфигурации повторяют облака.

Достаточно сложной проблемой является разделение водных поверхностей и мокрых почв. Такие почвы имеют слабое отражение, близкое к водным поверхностям, но в отличие от последних их спектральные характеристики практически не меняются при увеличении длины волны. Водные же объекты при увеличении длины волны уменьшают свою отражательную способность. Кроме того, водные объекты имеют отрицательный NDVI, а мокрые почвы - близкий к нулю.

В результате тематической обработки снимков строятся ежесуточные карты-маски затопленных территорий. При определении зон затопления учитываются границы водных поверхностей в нормальных условиях. Динамика зон затопления, определяется путем сравнения масок за текущие и предшествующие сутки.

Для оценки *потенциальной угрозы наводнений и паводков* используется ГИС, которая содержит информацию о населенных пунктах, дорожной и железнодорожной сети, линиях электросети, нефте- и газопроводах, лесных массивах, особо важных объектах и т.д. Накладывая на эти слои зоны затопления, можно определить их расположение относительно ближайших населенных пунктов и особо важных объектов, а также расстояние до них. Итоговые карты передаются по электронной почте в областные органы ЧС.

Для *оценки риска затопления* накапливается и анализируется многолетний ряд ДДЗ, выделяются и ранжируются территории с учетом частоты их затопления. Из этих территорий исключаются зоны, не представляющие опасности для существования и хозяйственной деятельности населения.

Особую задачу составляет *прогноз* развития паводковой ситуации. Для ее решения необходимо использовать 3D модели местности и специальные комплексы программ для

моделирования процесса затопления. Соответствующая технология пока находится на стадии разработки. В настоящее время завершается формирование цифровой модели рельефа для среднего течения Сыр-Дарьи, на которой планируется провести опытную обкатку технологии.

Опыт эксплуатации технологий космического мониторинга паводков в Казахстане

Космический мониторинг паводков проводится для регионов с высоким риском затопления, расположенных вдоль русел крупных рек. В качестве базовых речных систем для отработки технологий мониторинга были выбраны Урал и Сыр-Дарья. Оптимальные сроки проведения мониторинга по каждому опытному региону согласовываются с областными управлениями по ЧС.

Космический мониторинг реки Урал

На территории Казахстана наибольшую опасность прохождения паводковых вод реки Урал представляет для Западно-Казахстанской области. При этом паводковая ситуация в казахстанской части реки Урал во многом определяется водными объектами, находящимися на российской территории (Ираклинское водохранилище, реки Сакмара и Чаган). Отметим также, что и паводковая ситуация на реках Малый и Большой Узень также зависит от российских водных объектов, прежде всего Варфоломеевского водохранилища. Объекты для наблюдения по космическим данным в период прохождения паводка на территории ЗКО представлены на рис. 1.

По территории области была создана ГИС, содержащая картографические и атрибутивные данные, которые использовались для создания оперативных карт, передаваемых в департамент ЧС. Образец такой карты представлен на рис. 2 (более темным выделены постоянные водные объекты). По различным водным объектам ЗКО были собраны данные, характеризующие эти объекты, и исторические данные о прохождении паводковых вод.



Рис. 1. Объекты для космосъемки в период паводка на территории Западно-Казахстанской области

Технология оперативного картирования зон затопления прошла испытания в 2003 г в режиме реального времени на территории ЗКО. Построенные карты ежедневно передавались по электронной почте в Западно-Казахстанское Управление ЧС. В 2004-2006 годах космический мониторинг паводков и наводнений в ЗКО был продолжен. В результате удалось получить ценный опыт и изучить различные сценарии прохождения паводков в этом регионе. В 2003 году паводок начался во второй декаде апреля, достиг пика в середине апреля и в начале мая практически закончился. При этом уровень воды в р. Урал был ниже среднего, а в ряде малых реках выше среднего (местами сильный). В 2004 году уровень воды был ниже среднего

практически повсеместно. В 2005 г. паводок начался рано (в начале апреля) и развивался по нарастающей до середины мая, затем пошел на убыль, но и в начале июня еще не закончился. При этом основной поток воды проходил по р. Урал. В 2006 году паводок был слабый.

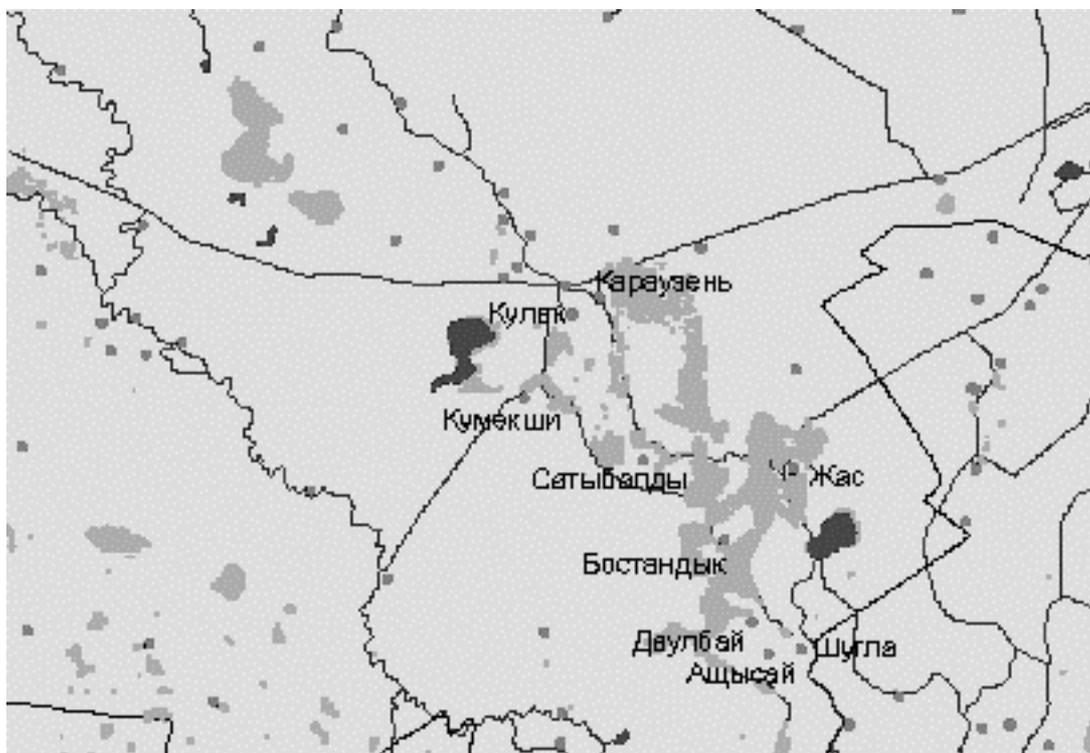


Рис. 2. Карта зон затопления паводковыми водами на территории Казаловского района ЗКО на 8 апреля 2004 года

Результаты мониторинга за три года были использованы для районирования территории ЗКО по степени риска затопления паводковыми водами. На рис. 3 приведена часть территории области, на которой выделены участки с различным риском затопления.

Космический мониторинг бассейна реки Сыр-Дарья

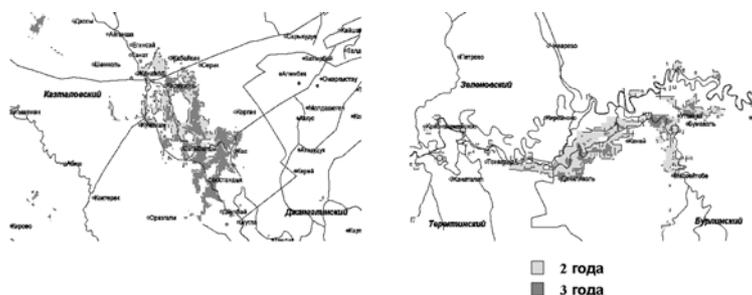


Рис. 3. Районирование фрагментов территории ЗКО по степени риска затопления по ДДЗ за 2003-2005 годы

В последнее время в зимне-весенний период сильно обострилась ситуация на Чардаринском водохранилище и в среднем течении реки Сыр-Дарья на территории Кызыл-Ординской области. С 2004 года ведется дистанционный контроль заполнения водохранилища и развития паводков в

этом регионе в режиме реального времени. Результаты мониторинга оперативно передавались в МЧС РК, и в управление ЧС Кызыл-Ординской области.

Для этого региона также была создана ГИС, отдельные слои которой использовались для получения оперативных обзорных карт зон затопления в среднем течении реки Сыр-Дарьи (см. рис. 4). По результатам мониторинга за три последних зимне-весенних периода проведено районирование территории Кызыл-Ординской области по частоте затопления паводковыми водами (см. рис. 5). Эта информация полезна как для оценки риска затопления, так и для анализа эффективности принятых местными властями мер по борьбе с наводнениями.



Рис. 4. Карта зон затопления паводковыми водами на территории Кызыл-Ординской области на 12 февраля 2006 года

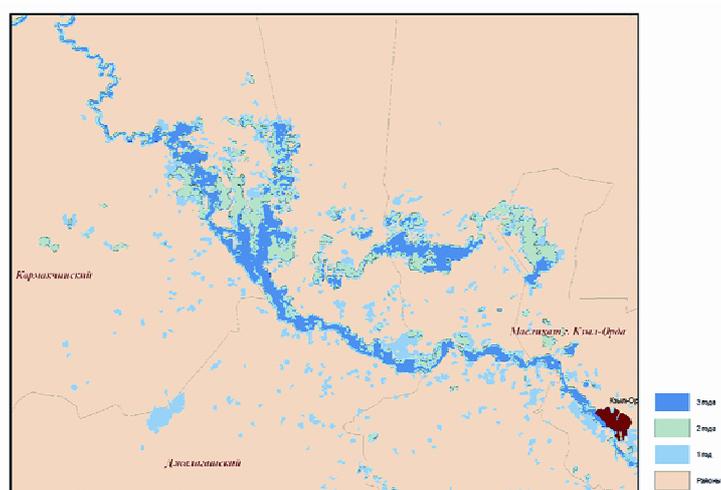


Рис. 5. Районирование фрагмента территории Кызыл-Ординской области по степени риска затопления по ДДЗ за 2003-2006 годы

Большое значение для контроля ситуации имеет космический мониторинг сезонной (см. рис. 6) и многолетней (см. рис. 7) динамики заполнения Чардаринского водохранилища в зимне-весенний период. Такая динамика полезна как для оценки угрозы переполнения водохранилища, так и для оценки мер по снижению риска наводнения в среднем течении реки Сыр-Дарья.

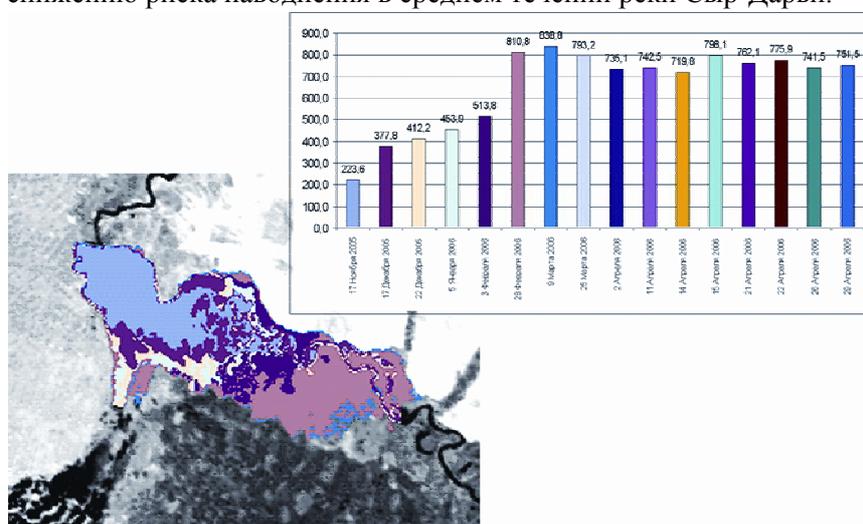


Рис. 6. Динамика заполнения Чардаринского водохранилища по данным MODIS в зимне-весенний период 2005-2006 годов

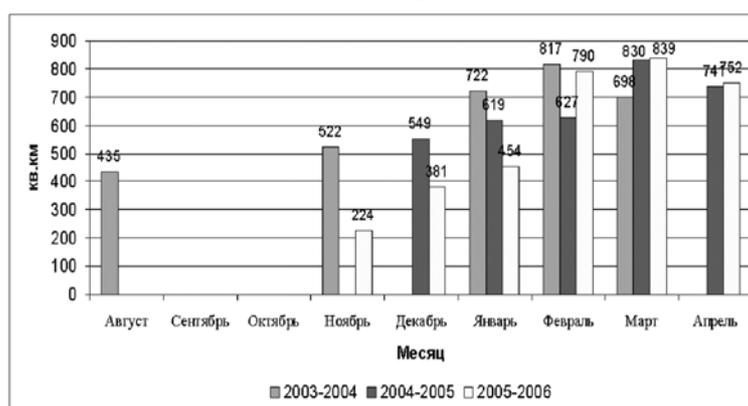


Рис. 7. Динамика заполнения Чардаринского водохранилища по данным MODIS с 2003 по 2006 годы

Перспективы развития системы космического мониторинга рек Казахстана

Дальнейшее развитие системы предполагается осуществлять постепенно, как за счет наращивания числа решаемых прикладных задач мониторинга, так и путем расширения территории мониторинга.

Одно из ключевых направлений развития заключается в переходе от мониторинга русел рек в паводковый период к комплексному мониторингу водных бассейнов Казахстана. Речь в первую очередь идет о разработке методов и технологий для решения таких насущных для Казахстана задач, как дистанционный контроль использования водных ресурсов и режимов водопотребления, мониторинг источников загрязнения поверхностных вод и миграции загрязнений, контроль особо важных водных объектов и т.д.

Второе направление вытекает из того обстоятельства, что основные реки Казахстана (Урал, Иртыш, Сыр-Дарья, Или) являются трансграничными. Их водный режим и экологическое состояние существенно зависят от погодных условий, водопотребления и экологической обстановки в соседних государствах. В частности, сбросы воды с Токтогульской ГЭС (Киргизия)

в зимне-весенний период приводят к переполнению Чардаринского водохранилища и создают угрозу затопления значительных территорий в Кызыл-Ординской области, а сход снега в Оренбургской области приводит к подъему воды в Урале и подтоплению земель в Западно-Казахстанской области. С другой стороны отходы, сброшенные в Иртыш в Павлодаре, попадают на территорию России. В этой связи система мониторинга этих рек неизбежно должна иметь трансграничный характер. Техническая возможность регулярно получать космические снимки основных рек Казахстана на всем протяжении от истоков до дельты независимо от государственной принадлежности их отдельных участков с использованием казахстанских и российских станций приема данных ДЗЗ имеется. Таким образом, идея создания межгосударственной системы мониторинга трансграничных рек представляется сегодня вполне реализуемой. Такая система позволит не только своевременно информировать другие заинтересованные страны о возникновении чрезвычайных ситуаций, угрожающих их территориям, но и повысить объективность контроля использования водных ресурсов трансграничных рек при разрешении спорных вопросов.

Система космического мониторинга трансграничных рек должна включать несколько концептуальных уровней (см. рис. 8). Один составляет комплекс прикладных задач, решаемых в рамках мониторинга. Другой состоит из ГИС речных систем, для которых проводится мониторинг. Третий образуют данные, получаемые при проведении мониторинга.



Рис. 8. Концептуальная схема организации системы космического мониторинга трансграничных рек

Литература

1. Султангазин У.М., Спивак Л.Ф. Национальная система космического мониторинга республики Казахстан: концепции, архитектура, направления развития // Исследование Земли из космоса, 2006. №2. – С. 38-50.
2. Spivak L., Arkhipkin O., Pankratov V., Vitkovskaya I., Sagatdinova G. Space monitoring of floods in Kazakhstan. Mathematics and Computers in Simulation. 2004. 67. Pp. 365–370.
3. Спивак Л.Ф., Архипкин О.П., Панкратов В.С., Шагарова Л.В., Сагатдинова Г.Н. Технология мониторинга паводков и наводнений в Западном Казахстане // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса: Физические основы, методы и технологии мониторинга окружающей среды, потенциально опасных явлений и объектов. Москва: Полиграфсервис, 2004. – С. 279-286.

4. *Spivak L.F., Arkhipkin O.P., Sagatdinova G.N.* Development of Flood Monitoring Information System in Kazakhstan // Proceedings of 31st International Symposium on Remote Sensing of Environment. Saint-Petersburg, 2005.
5. *Barton I.J., Bathols J.M.* Monitoring Floods with AVHRR // Rem. Sens. Environ. 1989. 30. 89-94.
6. *Кондратьев К.Я., Шумаков Ф.Е.* Физические основы космического мониторинга водоемов в видимой и ближней ИК-зонах спектра // Исследование Земли из космоса, 1990. №6. – С. 44-48.
7. *Кронберг П.* Дистанционное изучение Земли // М.: Мир, 1988. 343 с.