

УДК 528.8.042 (504.75.06)

PhD

Б.Б. Имансакипова¹Б.И. Кидирбаев¹А.В. Чернов¹Г.С. Шакиева¹

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОЦЕНКИ ПАВОДКОВОЙ СИТУАЦИИ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ РАДАРНОЙ ИНТЕРФЕРОМЕТРИИ И ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ

Ключевые слова: паводок, стихийные бедствия, радарная интерферометрия, SAR, зоны затопления, Sentinel 1a/Sentinel 1b.

Рассмотрены научно-методические основы оценки паводковой ситуации на основе данных радарной интерферометрии и ГИС-технологий для использования космического мониторинга исходя из рациональности выбраны радарные снимки спутниковых систем Sentinel 1A/1B. Обработка снимков осуществлялась с помощью программы SNAP (с пакетом SIToolbox) на примере паводковой ситуации в Карагандинской и Восточно-Казахстанской областях на основе радарных снимков определены зоны затопления. Показаны, что радарные снимки обладают преимуществом одновременного охвата всей исследуемой территории, оперативности получаемых результатов, независимости съемки от времени суток и атмосферных условий. Эффективность космического мониторинга повышается с использованием ГИС-технологий, включающие максимально детализированные слои с объектами инфраструктуры и подробной атрибутивной информации. Этому способствует созданная геоинформационная модель определения ущерба (ГМОУ).

Введение. Ежегодно, в весенний период на территории Республики Казахстан происходит большое количество чрезвычайных событий природного характера (сходы лавин, сели, оползни и паводки). Возникновение всех этих явлений тесно связано с таянием снегов, выпавших в зимний период.

¹Satbayev University, г. Алматы, Казахстан.

Для РК весенние паводки зачастую оказываются наиболее разрушительными, в качестве примера можно привести [4]:

– 12 марта 2010 года. Прорыв плотины водохранилища Кызылагаш в Алматинской области. По официальным данным без крова остались 2 тыс. человек (проживавших в одноименном поселке), погибли 43 человека. Общие затраты на восстановление составили 53 млн долларов.

– Апрель 2011 года. Западно-Казахстанская область, город Уральск. Резкий подъем воды в реках Чаган и Деркун, подтоплено более 100 домов, материальный ущерб составил 19 млн тенге, ущерб сельскому хозяйству 124,9 млн тенге.

– 31 марта 2014 года. Карагандинская область, поселок Кокпекты. Прорыв плотины Кокпектинского водохранилища, подтоплено более 100 домов, погибло 5 человек, материальный ущерб составил 87,6 млн тенге.

– 11 марта 2018 г. Карагандинская область, город Аягоз. В результате сильных дождей затоплены дома, пешеходные зоны и автомобильные дороги. Общий ущерб составил порядка 169 млн тенге.

Вышеперечисленное лишь малая часть того, что ежегодно происходит на территории Республики Казахстан. При этом немаловажной задачей, является не только своевременный прогноз таких явлений, но и последующая оценка нанесенного ущерба.

Задача оперативного получения информации о текущих границах зон затопления эффективно решается при использовании систем космического мониторинга. Подобная оперативная система космического мониторинга паводков и наводнений в Казахстане развивается с 2001 г., а уже с 2002 г. началось практическое использование этой системы в интересах органов ЧС различного уровня [1].

Наиболее рациональным представляется использование систем космического мониторинга, базирующихся на спутниках, оснащенных SAR оборудованием (радары X, C и L диапазонов), то есть радарных спутниковых миссиях Sentinel 1A/1B, RADARSAT-2, ALOS PALSAR, COSMO-SkyMed-1,2,3,4. Преимущество таких миссий, применительно для определения границ зон затоплений состоит в следующем:

1) всепогодность и независимость съемки от времени суток и атмосферных условий [3], что особенно актуально в дождливые сезоны, когда затопление может продолжаться и после проведения первичной съемки, а непрекращающиеся дожди и облачность мешают проведению оптической съемки;

2) области с гладкой поверхностью открытой воды легко детектируются на радарных изображениях; плоская спокойная водная поверхность действует как зеркальный отражатель, который рассеивает энергию радара в сторону от сенсора [3].

Минусом при этом можно считать достаточно высокую сложность обработки и дешифрирования (в отличие от снимков в оптическом диапазоне).

Для отработки технологии использовались радарные снимки спутниковых миссий Sentinel 1A/ Sentinel 1B (см. таблица 1). Это семейство европейских радарных спутников дистанционного зондирования Земли (запущенных в рамках проекта “Copernicus”, предыдущее название GMES), работающих совместно на одной орбите в режиме тандемной пары, и позволяющие получить радарные снимки с периодичностью 1 раз в 6...12 дней. Важным преимуществом этих спутников перед другими радарными миссиями является то, что их снимки находятся в свободном доступе (можно скачать после регистрации), скачивание возможно на специализированных европейских и американских порталах [5].

Таблица 1

Параметры спутников Sentinel 1A/ Sentinel 1B [6, 7]

Характеристика	Sentinel 1A	Sentinel 1B
Дата запуска	3 апреля 2014 года	25 апреля 2016 года
Срок активной эксплуатации	7 лет	7 лет
Высота орбиты/Наклон орбиты	693 км/98,1°	693 км/98,1°
Съемочная аппаратура	Synthetic Aperture Radar (C-band)	Synthetic Aperture Radar (C-band)
Поляризация	Одинарная (HH либо VV) или двойная (HH/HV либо VV/VH)	Одинарная (HH либо VV) или двойная (HH/HV либо VV/VH)
Период съемки, сут.	12	12
Режим работы	Тандемная пара	

Основной задачей, которая была поставлена в процессе работы является определение зон затопления во время следующих ЧС:

- Затопление прибрежных территорий в апреле 2017 года возле г. Темиртау (п. Чкалово).
- Затопление города Аягоз 11 марта 2018 г.

Материалы и методы исследований. В данной работе используются снимки Sentinel 1A/ Sentinel 1B с данными С-диапазона IW (interferometric wide swath), имеющие поляризации VV/VH и пространственное разрешение 5x20 метров. В первом случае использовались 2 снимка – один из них сделан на момент события (± 2 дня), второй сделан спустя месяц (в мае). В третьем случае использовался снимок, сделанный спустя сутки после паводка (12 марта) и снимок сделанный за 6 дней до события (5 марта), что позволило определить границы подтопления максимально эффективно.

Обработка снимков осуществлялась с помощью программы SNAP (с пакетом S1Toolbox). В основе обработки лежит метод, при котором два снимка (один из них делается до начала чрезвычайной ситуации, второй в разгар бедствия) совмещаются и находится разница между амплитудными данными (которая выражается в изменении отражательной способности затопленных и сухих участков). После чего выполняется классификация пикселей и выделяются пороговые значения, на основе которых формируются зоны затоплений.

Обработка снимков включает в себя три основных этапа:

- Предварительная обработка.
- Определения пороговых значений обратного рассеяния от водной поверхности (в дБ) и создание масок, содержащих границы затопленных зон.
- Экспорт результатов в ГИС и совмещение границ зон затопления с пространственными данными ГИС [2].

Предварительная обработка включает в себя следующие шаги [3, 5]:

- 1) выделение фрагмента с исследуемой областью;
- 2) устранение некогерентного накопления;
- 3) радиометрическую калибровку;
- 4) пространственное совмещение разновременных изображений

Результаты и обсуждение. По результатам предварительной обработки были получены совмещенные амплитудные снимки, содержащие в себе трехцветный композит, в котором синим цветом выделены зоны, свободные от затопления, а красным зоны, покрытые водой (рисунок 1).

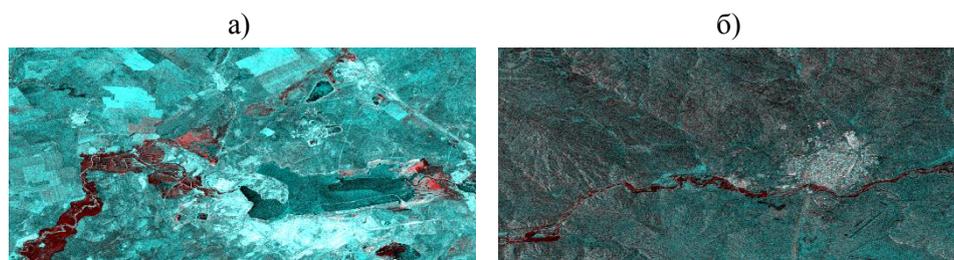


Рис. 1. Амплитудные изображения с зонами затопления (выделены красным цветом) за 2017 г. (а) для Карагандинской области и 2018 (б) г. для Восточно-Казахстанской области.

Следующим шагом является определение пороговых значений обратного рассеяния от водной поверхности. Пороги определяются по среднему значению амплитуды (в совмещенном изображении) в области с известной открытой водой на исследуемых изображениях [3]. Полученные пороговые значения служат для автоматизированной выборки пикселей, образующих маску с зонами затопления. Маска представляет собой черно-белое изображение, имеющее пространственную привязку, охват и разрешение, идентичные исходному (амплитудному) изображению, но при этом пиксели в изображении содержат всего 2 значения – 0 и 1, где 0 – зона без затопления, 1 – затопленная зона. По результатам анализа были получены пороговые значения, приведенные в таблице 2.

Таблица 2

Обратное рассеяние в дБ от водной поверхности для исследуемых территорий

Исследуемый объект	VV поляризация	Дата съемки
Карагандинская область (г. Темиртау)	-25	16.04.2017 г.
Восточно-Казахстанская область (г. Чкалово)	-15	11.03.2018 г.

После создания масок, их можно загрузить в любую ГИС-программу для более подробного анализа. В работе было использовано программное обеспечение QGIS с заранее подгруженным набором базовых слоев (граница населенных пунктов, дороги, здания) Open Street Map и базовой картографической подложкой OSM. В результате можно видеть наложение полученных масок с зонами затопления на картографическую подложку с векторными и растровыми слоями (рисунок 2).



Рис. 2. Зоны затопления (выделены красным цветом) за 2017 г. (а) для Карагандинской области и 2018 (б) г. для Восточно-Казахстанской области.

Как видно из рисунка 2 по радарным снимкам удалось достаточно точно определить для первого рисунка (рисунок 2а) границы разлива талых вод в весенний период, когда пострадали многие мелкие поселки возле г. Темиртау, и зоны подтопления г. Аягоз для второго рисунка (рис. 2 б), когда в результате весенних дождей был практически полностью затоплен весь город.

После добавления масок к картографическим данным для выполнения поиска пострадавших от подтопления зданий и сооружений запускается геоинформационная модель определения ущерба (ГМОУ), структура которой приведена на рис. 3.



Рис. 3. Геоинформационная модель определения ущерба.

ГМОУ определяет какие из объектов попали в зону паводка и выделяет их для пользователя контрастным цветом (рисунок 4), одновременно формируя список этих объектов.



Рис. 4. Дома в городе Аягоз, попавшие в зону затопления (зелеными кружками выделены дома, избежавшие подтопления).

Логичным продолжением первой версии ГМОУ является ГМОУ в. 2 (рисунок 5), которая представляет собой расширенную версию данной модели, имеющую следующий функционал:

- Определение стоимости подтопленных сооружений, и как результат ориентировочных затрат на восстановление.
- Определение числа пострадавших в разрезе возраста, материального статуса и т.д., и как результат размеров гуманитарной помощи и компенсаций.

Определение площадей подтопленных сельскохозяйственных угодий, и как результат объем необходимого спонсирования фермеров.

Из вышеприведенного, можно сказать, что определение зон затоплений с использованием радарных снимков не дает возможность спрогнозировать возникновение паводка. Но его большим преимуществом является охват и оперативность получаемых результатов, которые позволяют в кратчайшие сроки (за 1...2 дня) полностью оценить размеры пострадавших территорий, количество объектов инфраструктуры и людей, попавших в зону ЧС. При этом нет необходимости использовать дорогостоящую технику (вертолеты, самолеты) для облета территории, которую можно вместо этого задействовать для оказания помощи пострадавшим. При этом необходимо учитывать, что возможно использование оперативных данных спутниковой миссии Sentinel, которые находясь в свободном доступе, еще более удешевляют процесс

проведения оценки ущерба, позволяя тратить выделенные средства на более неотложные нужды.

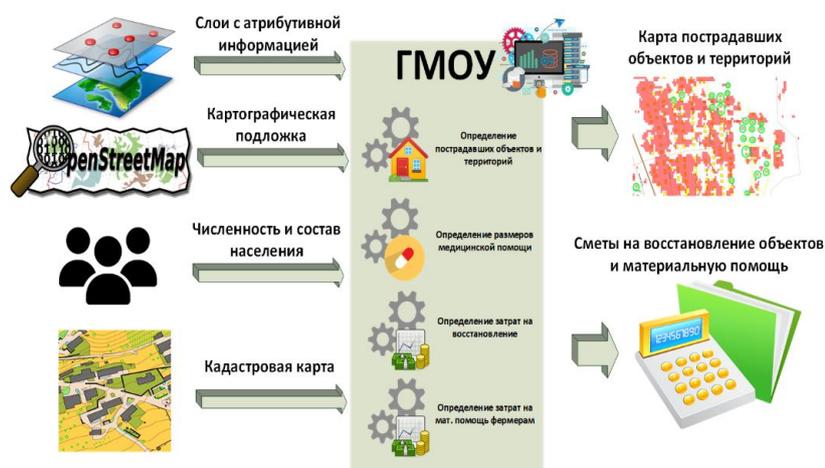


Рис. 5. Геоинформационная модель определения ущерба (расширенная версия.)

Выводы. Таким образом, определение зон затоплений с использованием радарных снимков малопригодно для регулярного мониторинга (в текущей методике обработки радарных снимков) и не может заменить полноценные гидрологические изыскания, но весьма эффективен для оперативного определения границ бедствия, попавших под удар стихии объектов (их числа, назначения и т.д.) и как следствие, материального ущерба и возможных затрат на восстановление инфраструктуры, разрушенных зданий и размеров компенсаций пострадавшим людям. Также вид зонирования дает возможность в дальнейшем предсказать динамику развития затопления участков местности на основе уже собранных данных и принять возможные меры к предотвращению возникновения ЧС (строительство защитных сооружений, дамб, укрепление берегов и т.д.).

Использование такого рода технологии невозможно без развитой ГИС-системы, включающей максимально детализированные слои с объектами инфраструктуры и подробной атрибутивной информацией.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Архипкин О.П., Сагатдинова Г.Н., Бралинова Ж.А. Оценка потенциального развития паводков на основе анализа многолетних

- временных рядов ДДЗ // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2014. – Т. 11. № 4. – С. 127–136
2. Имансакипова Б.Б., Чернов А.В., Кидирбаев Б.И., Мустафин М.Г. Повышение эффективности оценки паводковой ситуации с использованием данных радарной интерферометрии и ГИС-технологий // Цифровые технологии в геодезии, маркшейдерии и геомеханике: Труды Международного форума маркшейдеров, 19-20 апреля 2019 – Караганда, 2019 – С. 85-88
 3. Родионова Н.В. Анализ изображений Sentinel 1 для весеннего паводка в Алтайском крае в апреле 2015 года и Рязанской области в апреле 2016 года // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2017. – Т. 14. № 1. – С. 136–146
 4. Тукпиев Ж. Адские паводки. Какие регионы Казахстана под угрозой затопления? [Электрон. ресурс]. – 2018. – URL: <https://www.kazpravda.kz/multimedia/view/adskie-pavodki-kakie-regioni-kazahstana-pod-ugrozoi-zatopleniya/> (дата обращения: 05.04.2019)
 5. Храмов Д. Обнаружение зон затопления по радарным снимкам КА Sentinel-1 [Электрон. ресурс]. – 2017. – URL: <http://dkhramov.dp.ua/obnaruzhenie-zon-zatopleniia-po-radarnym-snimkam-ka-sentinel-1#.XIaPGyzaiP> (дата обращения: 05.03.2019)
 6. Sentinel-1A, 1B [Электрон. ресурс]. – URL: <https://innoter.com/sputniki/sentinel-1a-1b/> (дата обращения: 10.03.2019).
 7. Sentinel-1 [Электрон. ресурс]. – URL: <https://earth.esa.int/web/guest/missions/esa-operational-eo-missions/sentinel-1> (дата обращения: 10.03.2019).

Поступила 03.03.2019

PhD

Б.Б. Имансакипова
Б.И. Кидирбаев
А.В. Чернов
Г.С. Шакиева

РАДИОЛОКАЦИОННАЯ ИНТЕРФЕРОМЕТРИЯ ЖӘНЕ ГАЗ ТЕХНОЛОГИЯСЫ АРҚЫЛЫ СУ ТАСҚЫНЫҢ ЖАҒДАЙЫН БАҒАЛАУДЫҢ ТИІМДІЛІГІН АРТТЫРУ

Түйін сөздер: су тасқыны, табиғи апаттар, радиолокационная интерферометрия, SAR, су басу аймақтары, Sentinel 1a / Sentinel 1b

Ғарыштық мониторингті пайдалану үшін радарлық интерферометрия және геоақпараттық жүйелер (ГАЗ)

технологиялары мәліметтері негізінде су тасқыны жағдайын бағалаудың ғылыми-әдістемелік негіздері қарастырылды рационалдылыққа сүйене отырып sentinel 1A/1B спутниктік жүйелерінің радарлық суреттері таңдалған. Радарлық түсірілімдердің барлық зерттелетін аумақты бір мезгілде қамту артықшылығы, алынған нәтижелердің жеделдігі, түсірілімнің тәуліктің уақытынан және атмосфералық жағдайлардың Тәуелсіздігі, бұл әсіресе жаңбырлы маусымда, су басу алғашқы түсірілімнен кейін де жалғасуы мүмкін, ал тоқтаусыз жаңбыр мен бұлттылық оптикалық түсірілімдерді жүргізуге кедергі келтіреді; Ғарыш мониторингінің тиімділігі ГАЖ-технологияларды пайдалана отырып, инфрақұрылым объектілері бар барынша егжей-тегжейлі қабаттарды және толық атрибутивтік ақпаратты қамтитын жоғарылайды. Бұған залалдарды анықтаудың геоақпараттық моделі (ГМОУ) ықпал етеді.

B. Imansakipova, B. Kidirbayev, A. Chernov, G. Shakiyeva

IMPROVING THE EFFICIENCY OF FLOOD ASSESSMENT USING RADAR INTERFEROMETRY AND GIS TECHNOLOGY

Key words: flood, natural disasters, radar interferometry, sar, flooding zones, sentinel 1a/sentinel 1b

The scientific and methodological basis for assessing the flood situation based on radar interferometry and GIS technologies for the use of space monitoring is considered. based on the rationality, radar images of Sentinel 1A/1B satellite systems are selected. The images were processed using the SNAP program (with the SIToolbox package). the flood situation in the Karaganda and East Kazakhstan regions was shown as an example. It is shown that radar images have the advantage of simultaneous coverage of the entire study area, the efficiency of the results obtained, and the independence of the survey from the time of day and atmospheric conditions. The effectiveness of space monitoring is enhanced using GIS technologies that include the most detailed layers with infrastructure objects and detailed attribute information. This is facilitated by the created geoinformation model for determining damages.