

Районирование по степени риска паводков и пожаров территории некоторых областей Казахстана по многолетним рядам ДДЗ

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

*Национальный центр космических исследований и технологий (НЦКИТ)
050010, Казахстан, Алма-Ата, Шевченко, 15
E-mail: oarkhipkin@rambler.ru*

Дается описание ГИС-технологий оценки степени риска ЧС (пожаров и паводков) на основе анализа многолетних временных рядов данных космического мониторинга. Приводятся результаты районирования территорий Западно-Казахстанской области и среднего течения реки Сырдарья по степени риска затопления, а территорий Западно-Казахстанской, Актюбинской и Карагандинской областей по степени риска возникновения пожаров. В этих трех областях выделены зоны повышенного риска возникновения пожаров. Отмечена высокая концентрация этих зон на приграничных (межрайонных, межобластных, межреспубликанских) территориях.

Ключевые слова: космические снимки, дистанционное зондирование, космический мониторинг, зоны затопления, пострадавшие от пожаров площади, зоны риска затопления, зоны высокого риска пожаров.

Введение

Институт космических исследований, ныне входящий в НЦКИТ, осуществляет для областных органов ЧС ряда областей Казахстана оперативный космический мониторинг пожаров (с 2002 года) и паводков (с 2003 года). За это время уже накопился большой статистический материал, на основе которого можно выделить зоны риска повторяющихся ЧС (пожаров и паводков) различных территорий. Районирование территории по степени риска повторяющихся ЧС для различных территорий проводится на основе пространственного анализа многолетнего ряда данных дистанционного зондирования (ДДЗ). Степень риска характеризуется частотой фиксирования ЧС (пожаров или паводков) на исследуемой территории за весь период наблюдения. В качестве величин, пространственно характеризующих повторяющиеся ЧС, берутся данные о площадях, пострадавших от них (зоны затопления, выгоревшие площади) [1-3].

Такая технология была использована для районирования по степени риска повторяющихся ЧС территории Западно-Казахстанской (проанализирован семилетний временной ряд ДДЗ по пожарам и шестилетний по паводкам), Карагандинской (четырёхлетний временной ряд по пожарам) и Актюбинской (шестилетний временной ряд по пожарам) областей, а также среднего течения реки Сырдарья (рассмотрены паводки за пять последних зимне-весенних периода). Основные результаты районирования этих территорий представлены ниже.

ГИС-технология районирования территории по степени риска повторяющихся ЧС на основе многолетних ДДЗ

Функциональная схема ГИС-технологии районирования исследуемой территории по степени повторяющихся ЧС по многолетним данным космического мониторинга состоит из трех блоков, соответствующих трем этапам получения результирующей оценки в среде ArcGIS-9.1. Первый образуют ежедневные данные о площадях, пострадавших от повторяющихся ЧС (зоны затопления, выгоревшие территории), получаемые в процессе оперативного мониторинга. Второй содержит годовые данные о суммарных площадях, пострадавших от повторяющихся ЧС, которые формируются из данных

первого блока и представляют собой суммарные зоны затопления или выгоревших площадей за каждый конкретный год. Третий блок содержит результаты районирования исследуемой территории по степени риска повторяющихся ЧС, получаемые из анализа годовых данных.

Здесь отметим, что понятие «оценка риска ЧС» имеет двойственный смысл. С одной стороны, это текущая оценка реального состояния конкретной территории в конкретный период времени, которая формируется из характеристик данной территории (рельеф, растительность и т.д.) и ее метеорологического состояния (температура, количество осадков, их интенсивность, грозовую активность и т.п.) в данный период времени. С другой стороны, «оценка риска ЧС» может формироваться на основе статистической оценки результатов многолетних наблюдений исследуемой территории, в том числе и на основе ДДЗ. Такой подход позволяет получить интегральную оценку по временному периоду в каждом конкретном месте. Его достоинство состоит в том, что не требуется знать характеристики наземной среды.

При таком подходе степень риска повторяющихся ЧС (пожаров или паводков) на какой-либо территории определяется частотой фиксировавшихся повторяющихся ЧС на ней за весь период наблюдения. Следует отметить, что использование площадных характеристик для оценки степени риска пожароопасности по ДДЗ дает достаточно объективную оценку, так как выгоревшие площади фиксируются фактически полностью в результате анализа временного ряда. Те площади, пострадавшие от пожаров, которые не фиксировались в момент пожара из-за облачности или отсутствия пролета спутника, будут в подавляющем большинстве случаев зафиксированы при следующих безоблачных пролетах, так как восстановление от последствий пожаров занимает достаточно длительный период. Если использовать для оценки риска пожароопасности количество фиксировавшихся очагов пожаров в каждом конкретном пикселе за весь период наблюдения, то их количество, зафиксированное по ДДЗ, зависит от времени пролета спутника и состояния облачности.

Несколько иная ситуация с использованием площадных характеристик для оценки степени риска затопления по ДДЗ. В этом случае, если используем оптические системы, то можно и не зафиксировать отдельные зоны затопления для территорий, закрытых высокой облачностью. Так как зоны затопления, в отличие от выгоревших площадей, неустойчивые образования, то в момент освобождения от облачности, они могут уже исчезнуть. При использовании радарных съемок, такой проблемы с облачностью не возникает, но могут быть пропуски из-за невысокой периодичности съемки.

При анализе результатов районирования по степени риска затопления можно выделить зоны затопления, которые не представляют опасность для жизни и хозяйственной деятельности человека. Некоторые могут быть даже полезными. Например, места сбора паводковых вод, которые в дальнейшем используются природой и человеком.

Районирование территории по степени риска затопления на основе многолетнего ряда ДДЗ

Космический мониторинг паводков проводится весной в основном в марте - апреле, а для среднего течения реки Сырдарьи в зимне-весенний период. Главной его задачей является картирование зон затопления во время прохождения паводковых вод и наводнений.

ГИС-технология картирования зон затопления по ДДЗ

Технология оперативного космического мониторинга паводков базируется на дневных данных MODIS. Решение задачи выделения в весенний период зон затопления по данным космической съемки с использованием алгоритмов автоматической классификации в среде ArcGIS-9.1 проходит в три этапа (рис. 1). На первом выделяется пять основных классов объектов: облачный покров, снежный покров, водная поверхность, покрытая льдом, водная поверхность, земная поверхность свободная от снега.

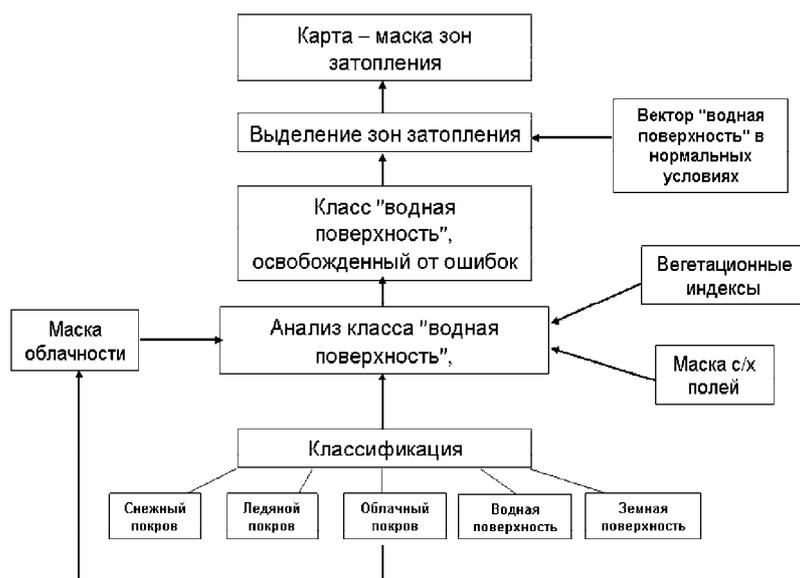


Рис. 1. Алгоритм выделения зон затопления по космическим снимкам

Главный интерес представляет водная поверхность. Поэтому на втором этапе проводится дополнительный анализ этого класса с целью выделения ложных объектов. К таким объектам, прежде всего, относятся тени от облаков, часто свежевспаханные пары и влажные почвы. Для исключения первых используется маска облачности, получаемая на первом этапе, и тот факт, что тени по конфигурации повторяют облака. При исключении паров, ложно отнесенных к водным объектам, полезны маски сельскохозяйственных полей и анализ их текстуры. Влажные почвы исключаются с помощью анализа с использованием вегетационных индексов. Удаляется также большинство одиночных пикселей, которые являются в некотором роде шумовой помехой.

На третьем этапе строятся оперативные карты-маски затопленных территорий на уровне области и отдельных регионов, которые могут передаваться в органы ЧС. Зоны затопления на них определяются как разница водных поверхностей в нормальных условиях, определяемых по осенним снимкам, и на текущем снимке. Эти карты позволяют оперативно отслеживать динамику развития ситуации, оценивать потенциальную опасность для населенных пунктов и особо важных объектов. Оперативная ситуация может сравниваться с картами за предыдущие дни, в результате чего выделяются наиболее опасные участки с высокой динамикой развития паводка.

Получаемые в процессе оперативного космического мониторинга по этой технологии ежедневные данные о зонах затопления образуют первый блок функциональной схемы ГИС-технологии оценки степени риска затопления территории (смотри выше). Второй содержит годовые данные о зонах затопления, которые формируются из данных первого блока и представляют собой суммарные зоны затопления за период прохождения паводков и наводнений в каждый конкретный год. Третий блок содержит собственно карту районирования исследуемой территории по степени риска затопления, получаемую из годовых данных.

Районирование территории Западно-Казахстанской области (ЗКО) и среднего течения реки Сыр-Дарья по степени риска затопления

Для проведения районирования территорий в среднем течении реки Сыр-Дарья и ЗКО по степени риска наводнений были отобраны 97 снимков по первому региону и 56 снимков по второму региону за 2003-2008 годы. По этим данным по описанной выше технологии получены оценки риска затопления для территорий в указанных регионах Казахстана.

На рис. 2 приведены карты зон риска затопления территории ЗКО в целом и для отдельного ее фрагмента, полученные по данным ДЗЗ за 2003-2008 годы. За эти годы на территории области

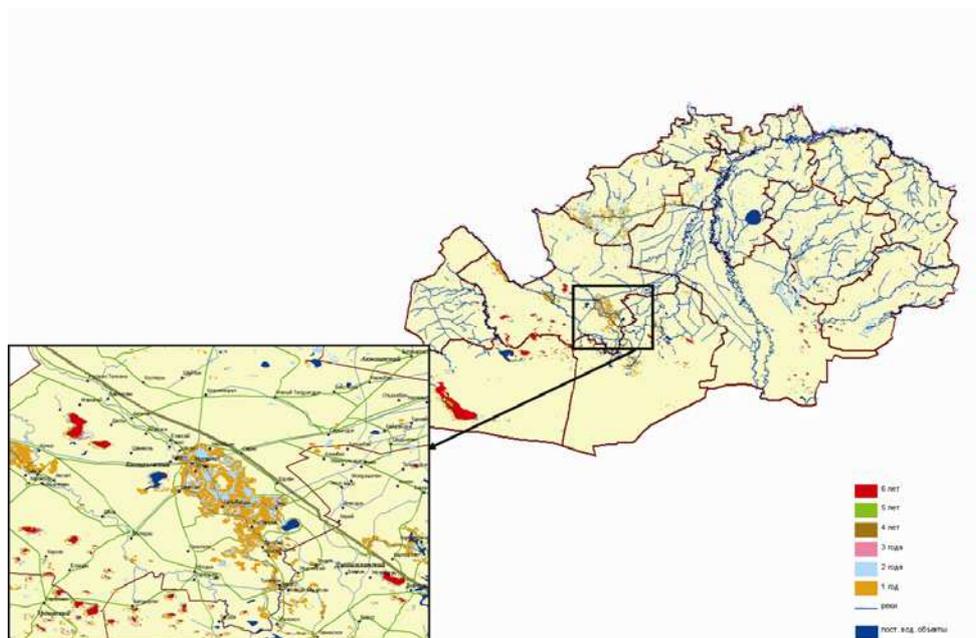


Рис.2. Анализ территории Западно-Казахстанской области по частоте затопления за 2003-2008 годы

более или менее интенсивный паводок наблюдался только два раза, но все равно полученная информация позволяет провести анализ опасности паводков для различных территорий. Так из вставки рис. 2 видим, что постоянно затапливавшиеся за 6 лет территории расположены вдали от населенных пунктов и дорог. Они не представляют опасности и являются постоянными местами сбора паводковых вод, так как расположены вдали от постоянных водных объектов. В тоже время территории, затапливавшиеся только один или два раза, расположены в непосредственной близости от населенных пунктов и дорог, даже частично их захватывая. На эти территории необходимо обратить первостепенное внимание при планировании защитных мероприятий.

Более сложная ситуация была с паводками в среднем течении реки Сырдарья, где практически каждый год возникали критические ситуации. Результаты районирования территории в среднем и нижнем течении реки Сырдарья (казахстанская часть реки) по степени риска затопления за последние пять зимне-весенние периоды представлены на рис. 3. Более детально эти результаты представлены для одной из основных затапливаемых территорий в среднем течении реки Сырдарья на вставке рис. 3.

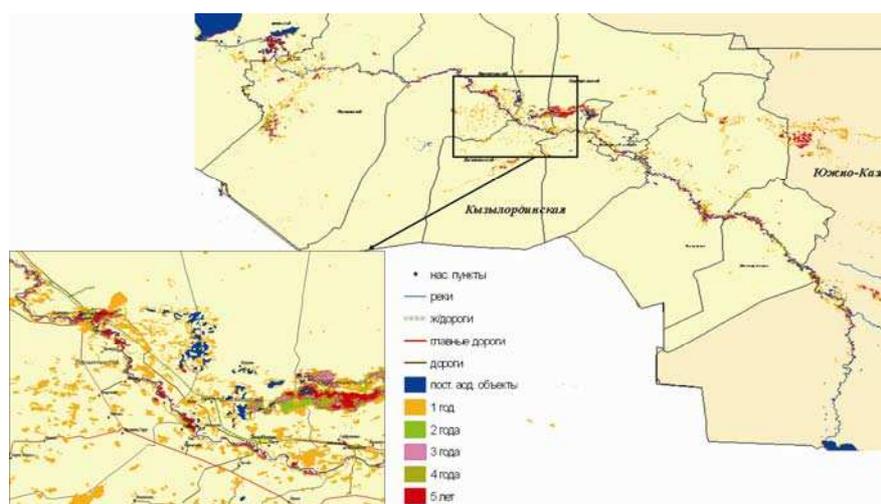


Рис. 3. Районирование территории в среднем и нижнем течении реки Сырдарья по степени риска затопления за зимне-весенние периоды 2003-2008 годов

На рис. 4 представлена эта же территория с пространственным выделением зон с высокой частотой затопления (3-5 раз за 5 сезонов). Особенно острая ситуация складывается для района поселка Джусалы, где постоянно затапливаются территории в непосредственной близости от него и территория, по которой проходит железная дорога.



Рис. 4. Районирование фрагмента территории в среднем течении реки Сырдарья по степени высокого риска затопления за зимне-весенние периоды 2003-2008 годов

Оценка риска возникновения пожаров на основе многолетних результатов космического мониторинга

Космический мониторинг пожаров проводится в пожароопасный период, который в последнее время начинается в марте, а заканчивается в ноябре. Главной его задачей является оперативное обнаружение очагов пожаров, а также картирование площадей, пострадавших от пожаров, многолетние данные о которых используются для оценки риска возникновения пожаров на какой-либо территории.

ГИС-технология картирования площадей, пострадавших от пожаров, по ДДЗ

ГИС-технология картирования площадей, пострадавших от пожаров, в среде ArcGIS-9.1 также состоит из нескольких этапов. Алгоритм ее решения (рис. 5) похож на алгоритм картирования зон затопления (рис. 1). На первом этапе проводится автоматическая классификация по четырем основным классам объектов: облачный покров, водные объекты, обычная земная поверхность, пострадавшая от пожаров земная поверхность (класс «гари»).

Затем проводится дополнительный анализ класса «гари» для отделения ложных объектов, прежде всего, таких как тени от облаков и водные объекты. Для их исключения используются маски облачности и водных объектов, получаемые на первом этапе по данным MODIS. При этом для лучшего выявления водных объектов используются маски стационарных водных объектов, полученные по осенним снимкам как MODIS, так и Landsat. Для дополнительного контроля

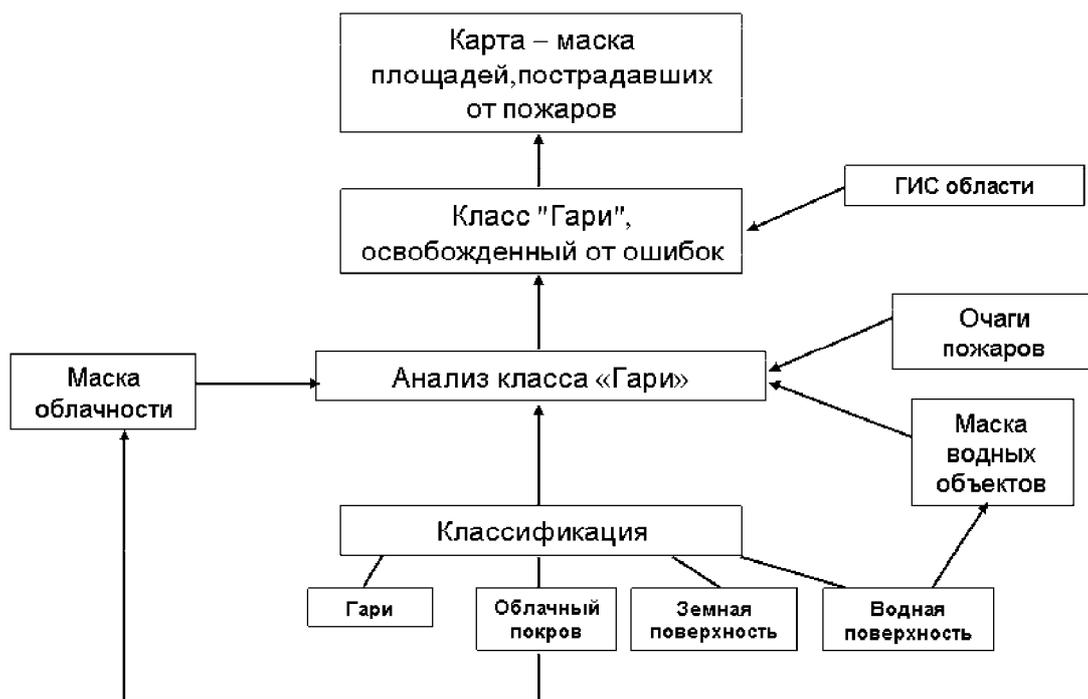


Рис. 5. Алгоритм выделения площадей, пострадавших от пожаров, по космическим снимкам

класса «гари» используются также полученные ранее при оперативном космическом мониторинге векторные слои очагов пожаров.

На заключительном этапе строятся карты-маски площадей, пострадавших от пожаров, на уровне области и отдельных регионов, которые могут передаваться в органы ЧС. Эти данные являются также базовыми для оценки риска пожароопасности различных территорий на основе анализа многолетнего ряда ДДЗ о площадях, пострадавших от пожаров (смотри выше).

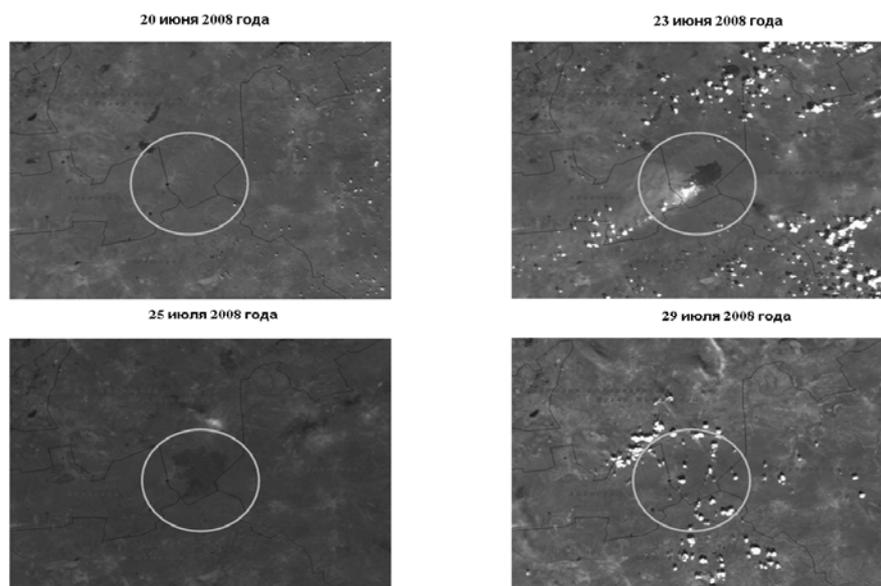


Рис. 6. Пример быстрого восстановления растительности после пожаров

Те площади, пострадавшие от пожаров, которые не фиксировались в момент пожара из-за облачности или отсутствия пролета спутника, будут зафиксированы при следующих безоблачных

пролетах, так как восстановление от последствий пожаров занимает достаточно длительный период. Исходя из анализа многолетнего ряда ДДЗ, восстановление на территориях, пострадавших от пожаров, спектральных характеристик окружающей среды в зависимости от свойств подстилающей поверхности занимает от месяца (рис. 6) до многих лет.

Районирование территории ЗКО, Актыюбинской и Карагандинской областей по степени риска возникновения пожаров

ГИС-технология оценки степени риска пожароопасности на основе многолетних данных космического мониторинга апробирована на примере ЗКО, для которой проанализирован семилетний временной ряд ДДЗ за 2002-2008 годы, а также Карагандинской (четырёхлетний временной ряд) и Актыюбинской (шестилетний временной ряд) областей.

На рис. 7 представлены итоговые результаты районирования по степени риска возникновения пожаров территории ЗКО в целом и для ее фрагмента с наиболее интенсивной зоной пожаров. Там же указаны такие важнейшие протяженные стратегические объекты, как газопроводы, ЛЭП и железная дорога, проходящие по территории Западно-Казахстанской области. Анализ этих данных позволяет выделить наиболее опасные места вдоль этих объектов, на которые следует обратить особое внимание. При использовании маски сельскохозяйственных полей можно выделить зоны особо частых пожаров и в этой зоне. Также отметим район поселка Акбаз (врезка рис. 7), где зафиксирована территория, горевшая 6 раз за 7 лет наблюдения.

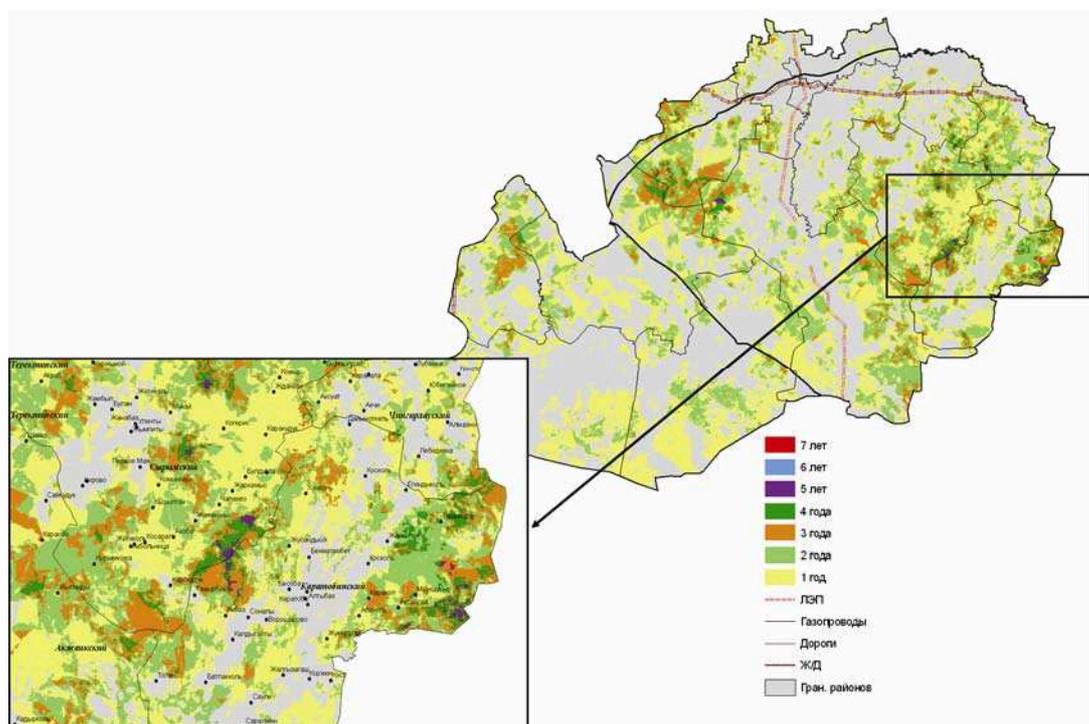


Рис. 7. Районирование по частоте возникновения пожаров территории ЗКО на основе данных космического мониторинга за 2002-2008 годы

На рис. 8 представлены результаты районирования по частоте возникновения пожаров территории Актыюбинской (2003-2008 годы) и Карагандинской (2005-2008 годы) областей. Там же представлены их фрагменты с достаточно интенсивной зоной пожаров. Следует отметить, что по сравнению с ЗКО в этих областях существенно меньше доля территорий с высоким риском возникновения пожаров. Особенно это откосится к Карагандинской области, где доля территорий с повторными пожарами очень мала.

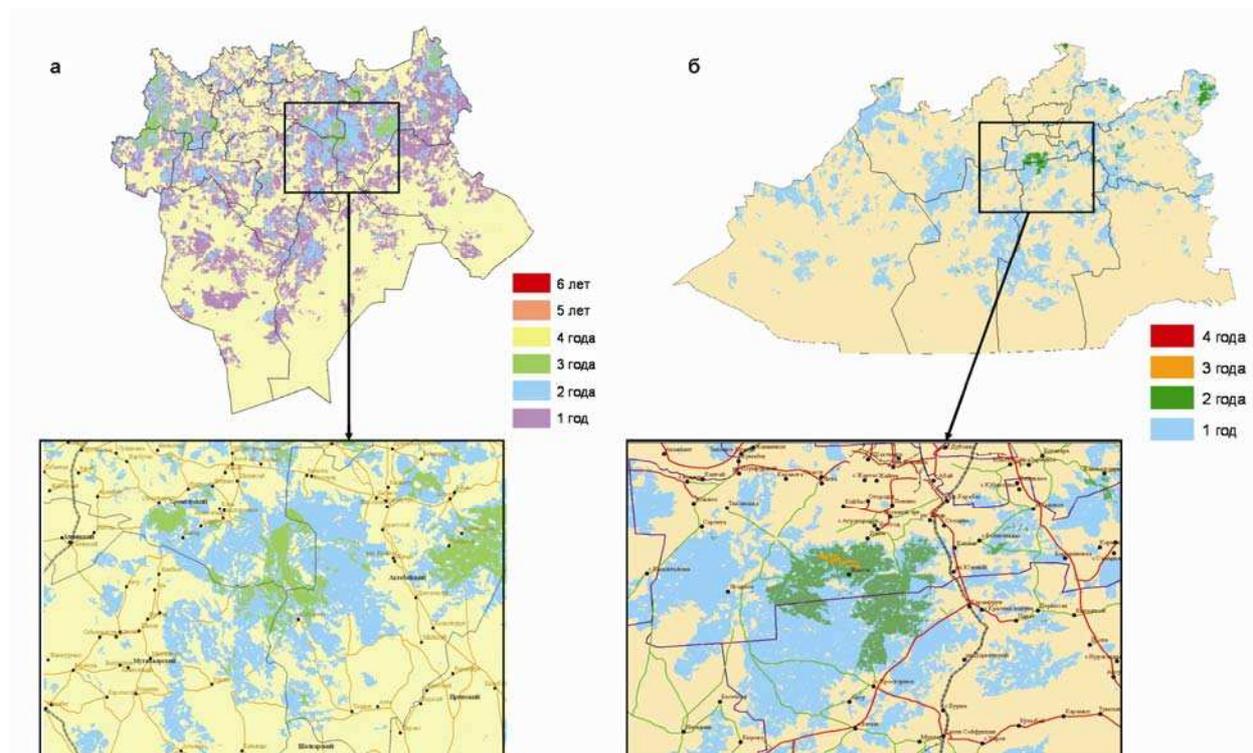


Рис. 8. Районирование по частоте возникновения пожаров на основе данных космического мониторинга территории Актыубинской за 2003-2008 годы (а) и Карагандинской за 2005-2008 годы (б) областей

Представляют интерес также суммарные данные за весь период наблюдения о территориях, хотя бы раз пострадавших от пожаров. Конкретные данные о степени подверженности пожарам для районов и ЗКО в целом представлены в таблице 1, а суммарная за 7 лет территория области, хотя бы раз пострадавшая от пожаров, представлена нарис. 9а. Из них видим, что за семь лет более половины территории области в той или иной степени пострадали от пожаров, а для отдельных районов эта величина превышает 70 процентов.

Таблица 1. Степень подверженности пожарам территорий районов Западно-Казахстанской области

<i>Район</i>	<i>Площадь, кв. км</i>	<i>Площади, пострадавшие от пожаров, кв. км</i>	<i>Степень подверженности, %</i>
Акжайикский	25239	15197	60.2
Бурлинский	5610	1936	34.5
Чингирлауский	7146	5040	70.5
Каратобинский	9946	7049	70.9
Казталовский	18702	9923	53.1
Сырымский	11978	8955	74.8
Таскалинский	8046	5728	71.2
Теректинский	8483	2557	30.1
Зеленовский	8134	1871	23.0
Джаныбекский	8194	4255	51.9
Джангалинский	20755	10138	48.8
Урдинский	19449	7120	36.6
Итого по области	151680	79768	52.6

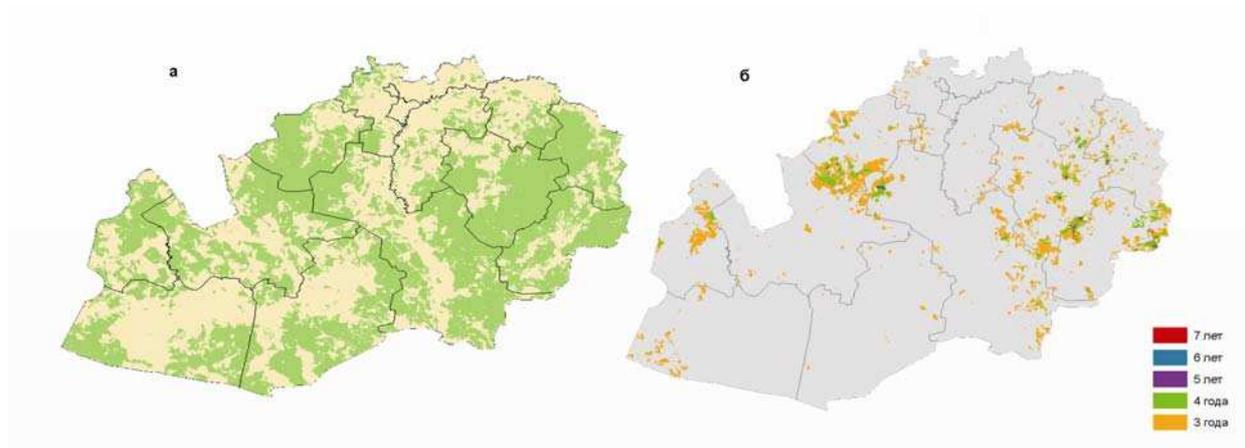


Рис. 9. Районирование территории ЗКО по частоте возникновения пожаров по данным за 2002-2008 годы: а – площади, горевшие хотя бы один раз; б – площади, горевшие 3 и более раз

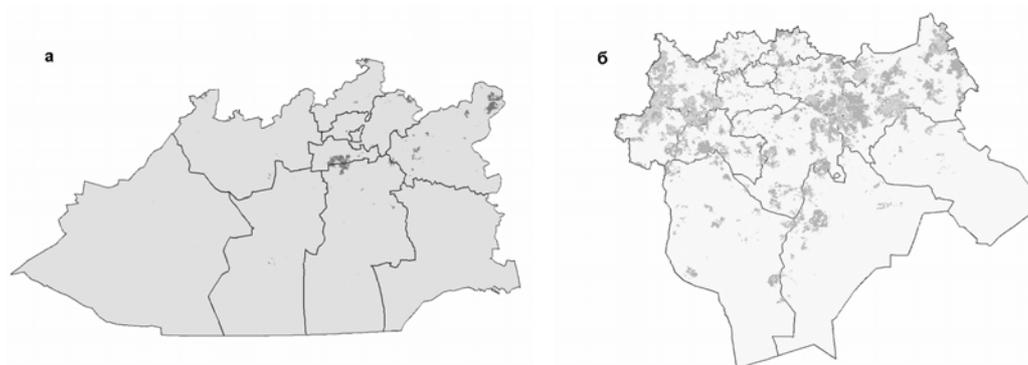


Рис. 10. Пространственный анализ территории Карагандинской за 2005-2008 годы (а) и Актыубинской за 2003-2008 годы (б) областей с повышенной (2 и более раз) частотой возникновения пожаров

В свете сказанного, особый интерес представляет районирование территории ЗКО по степени высокого (3 и более раз за 7 лет наблюдения) риска возникновения пожаров по данным ДЗЗ за 2002-2008 годы, результаты которого для области в целом представлены на рисунке 9 б. Районирование территории Актыубинской и Карагандинской областей по степени повышенного (2 и более раз за время наблюдения) риска возникновения пожаров представлены на рисунке 10. В целом по трем этим областям можно отметить высокую концентрацию зон высокого и повышенного риска возникновения пожаров на приграничных (межрайонных, межобластных, межреспубликанских) территориях. Возможно, это обусловлено тем, что часто местные органы не тушат пожары в случае их направленности в соседние административные структуры (районы, области или страны).

Выводы

Использование результатов космического мониторинга в практической работе органов ЧС позволит существенно снизить ущерб от чрезвычайных ситуаций как за счет раннего обнаружения пожаров и паводковых разливов, так и за счет принятия превентивных мер для снижения опасности ЧС в зонах повышенного риска их возникновения, выявленных по многолетним данным ДЗЗ.

Результаты районирования территории по степени риска ЧС могут быть полезны при планировании хозяйственной деятельности: при строительстве промышленных предприятий, магистральных газопроводов, ЛЭП и др. Они могут использоваться и для решения ряда других

задач. В частности, они полезны при планировании защитных мероприятий от повторяющихся ЧС, а также для анализа эффективности принятых местными властями мер по борьбе с ними. Возможным приложением полученных данных может быть и использование их органами страхования.

Литература

1. Архипкин О.П., Спивак Л.Ф., Сагатдинова Г.Н. Пятилетний опыт оперативного космического мониторинга пожаров в Казахстане // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса: Физические основы, методы и технологии мониторинга окружающей среды, потенциально опасных объектов и явлений. Сб. научн. статей. М.: ООО «Азбука-2000», 2007. Вып. 4. Т. I. С. 103-110.

2. Архипкин О.П., Сагатдинова Г.Н., Занчева М.Н. Оценка зон риска ЧС по временным рядам ДДЗ // Всероссийская научно-техническая конференция «Роль и место дистанционного зондирования Земли в инфраструктуре пространственных данных». 19-22 июня 2007 года, Екатеринбург: 2007. С. 17-18.

3. Arkhipkin O.P., Sagatdinova G.N. Functioning of Fires and Flood Space Monitoring System in Kazakhstan // Proceedings of the XXI Congress the International Society for Photogrammetry and Remote Sensing, Beijing, 3-11 July, 2008. P. 435-439.

Zoning on the degree of floods and fires risk of some areas of Kazakhstan based on multi-year series remote sensing data

O.P. Arkhipkin, L.F. Spivak, G.N. Sagatdinova

National Center of Space Research and Technology, Kazakhstan

The description of GIS-technologies of an estimation of degree of risk of emergency situations (fires and high waters) on the basis of the analysis of long-term time series of the space monitoring data is given. Results of zoning of territories of the West Kazakhstan area and in the middle stream of Syr-Darya on degree of risk of flooding, and territories of the West Kazakhstan, Aktyubinsk and Karaganda areas on degree of risk of occurrence of fires are given. In these three areas zones of the high fire risk are allocated. High concentration of these zones on frontier (interdistrict, interregional, interrepublican) territories is noted.

Keywords: Space images, remote sensing, space monitoring, flood zones, burnt areas, flood risk zones, zones of high fire risk.