

УДК 556.06

Анализ проблемной ситуации использования информационных систем для прогнозирования паводка органами управления МЧС России

Analysis of the problem situation in case of using information flood forecasting systems by units of EMERCOM of Russia

*П.Н. Ткаченко,
канд.тех.наук,*

М.В. Вакорин

*ФГБВОУ ВО «Академия
гражданской защиты МЧС
России»*

P.N. Tkachenko,

Ph.D. of Engineering Sciences,

M.V. Vakorin

Civil Defence Academy

Аннотация:

В статье приведены сведения о группировке спутников и объемах информации, используемых в системе космического мониторинга чрезвычайных ситуаций МЧС России. Выявлено противоречие в практической области использования информационных систем прогнозирования паводка органами управления МЧС России и предложены пути его разрешения. Дано описание наборов спутниковых данных, предлагаемых к использованию для повышения достоверности прогноза паводка. Сформулирована общая научная задача исследования и определены этапы, необходимые для ее решения.

Ключевые слова: паводок, методика прогнозирования, автоматизированная система, геоинформационный портал.

Abstract:

The article shows a group satellite and the percentage shows the volume of archival data used by SCM emergency. A contradiction is deduced in the practical field of using information systems for flood forecasting in the management of EMERCOM of Russia and ways to resolve it are proposed. Certain source data sets to improve the accuracy of flood forecasts. The general scientific task of the study and the specific steps necessary to solve it.

Key words: flood, forecasting method, automated forecasting system, geoinformation portal.

Снижение ущерба от чрезвычайных ситуаций (далее – ЧС), связанных с паводками является важной задачей, поскольку по своей периодичности они являются одними из наиболее регулярных природных явлений в России.

Обоснование рационального состава информационных систем дистанционного мониторинга, ориентированных на прогнозирование, оценку риска и текущий контроль паводковой ситуации являются перспективным направлением развития в области предупреждения ЧС. Это обусловлено количественными и качественными изменениями систем дистанционного зондирования Земли (далее – ДЗЗ), увеличением объемов получаемых, обрабатываемых и используемых информационных продуктов, появлением новых информационных технологий в сфере хранения и распределенного использования данных [1].

В Министерстве Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий в настоящее время функционирует Система космического мониторинга чрезвычайных ситуаций МЧС России (далее – СКМ ЧС). Данная система дистанционного мониторинга создана в 1997 году. Техническая инфраструктура СКМ ЧС включает в себя шесть центров приема и обработки спутниковой информации, а также инфраструктуру архивации и распространения спутниковой информации, которые позволяют принимать и использовать данные со следующих космических аппаратов (далее – КА): Terra (США), Aqua (США), EROS-B (Израиль), Канопус – В (Российская Федерация (далее – РФ)) [2]. С учетом получения информации на договорной основе, всего в СКМ ЧС используются данные дистанционного зондирования Земли с 10 отечественных космических аппаратов (Метеор-М, Канопус-В № 1, 3, 4, 5, 6, Канопус-В ИК №2, Ресурс-П №1, Ресурс-П №3, Аист 2D), и с 8 зарубежных (из них семь оптических: 1 Белоруссия (Бел КА); 5 США (Terra, Aqua, NPP, Landsat №7, Landsat №8); Европейского космического агентства (далее – ESA) (Sentinel №2) и 1 радиолокационный: ESA (Sentinel №1) [3]. На рисунке показана доля архивной спутниковой информации от общего объема архивных данных одного из самых больших хранилищ данных группировки спутников ESA. С использованием данных КА, принимаемых центрами СКМ ЧС, формируется 11% от общего объема данных.

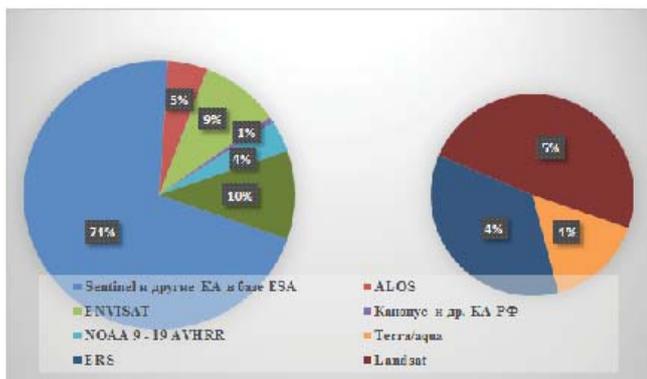


Рис 1. Объемы архивных данных, формируемых с использованием различных КА. Справа – доля всех КА от общего объема архивных данных; слева – доля КА, информация от которых может приниматься центрами СКМ ЧС (по данным <https://earthdata.nasa.gov/>)

В настоящее время СКМ ЧС использует программно-аппаратный модуль обработки данных ДЗЗ для прогнозирования развития ЧС (ОО ПАМ). В составе ОО ПАМ моделируются зоны подтопления (поднятие уровня реки) на любую территорию

суши (с учётом цифровой модели рельефа) через программный модуль ПМ МЗП. В автоматическом режиме формируется отчет об объектах, попадающих в зону подтопления, таких как объекты инфраструктуры, социально- значимые и потенциально опасные объекты, здания, сооружения и т.п. Через программный модуль ПМ ДЗЗ специалисты СКМ ЧС проводят предварительную обработку материалов космической съемки с указанных выше КА, тематическую обработку и опять же формирование аналитической отчетности [4]. Вместе с тем поднятие уровня реки проводится с использованием математической модели подразделений Росгидромет субъекта РФ, для которого формируют зону подтопления. Данная математическая модель не учитывает формируемые отчеты обработки данных ДЗЗ.

Деятельность подразделений Росгидромет осуществляется в условиях серьезного отставания в развитии технической, технологической и кадровой базы гидрометеорологического обеспечения от современного уровня. Это обстоятельство приводит к несоответствию возможностей формирования и представления прогнозной и аналитической информации требованиям потребителей указанной информации. Особенно выражено такое отставание в ряде регионов РФ, в том числе в Сибирском Федеральном округе [5,6].

В связи с этим на практике при прогнозировании паводков, как правило, решение принимается на основании анализа информационных продуктов различных информационных систем наземных наблюдений. Кроме них, в субъектах РФ имеется видеоинформация, получаемая от БПЛА, которая также не может быть учтена в ОО ПАМ.

В ряде областей существуют геоинформационные порталы, финансируемые за счет средств областного бюджета, направленные на прогнозирование отдельных факторов наводнения. Отделом оперативного планирования Главного управления МЧС России по Томской области, например, используются такие как ТГУ ГИС [7], Погода в реальном времени [8]. и АПК «Паводок» [9]. К сожалению, не в каждом субъекте РФ эти подходы активно развиваются. Причиной тому во многом послужили как существующие технические сложности в сопряжении данных, так и методологические пробелы в определении порядка отбора, обработки и представлении информации лицу, принимающему решение.

Исследование, приведенное в [10] показывает, что для каждого набора данных необходим собственный штат квалифицированных специалистов, а этапы предварительной и тематической обработки требуют значительных затрат времени.

Исходные наборы данных, используемые в предлагаемой математической модели представляют собой результат обработки многолетних измерений снежного запаса, температуры поверхности и воздуха, величины солнечного излучения, водной маски поверхности воды и грунтовых вод, коэффициент испарения с поверхности и др.

Снежные запасы. Эти данные получают с использованием продуктов калиброванных данных яркости КА MODIS, продуктов геолокации и продуктов облачной маски в качестве входных данных. Выходные данные алгоритма снежного покрова КА MODIS содержат информацию о площади снежного покрова (SDS), качественные характеристики (QA), данные широты и долготы, локальные и глобальные атрибуты. Алгоритм снежного покрова определяет не только заснеженные запасы, но также идентифицирует покрытый снегом лед на реках [11].

Температура поверхности и воздуха. Этот набор данных позволяет определить ежедневную для каждого пикселя температуру поверхности земли и излучающую способность (LST & E) с пространственным разрешением 1 км в сетке 1200 на 1200 км. Для широт выше 30 некоторые пиксели могут иметь больший набор измерений, как, например, критерии для ясного неба. Вместе с дневными и ночными полосами температуры поверхности предусмотрены соответствующие оценки контроля качества, времени наблюдения, зенитных углов обзора и покрытия при ясном небе, а также для широт 31 и 32 излучение от типов растительного покрова [12].

Водная маска поверхности воды и грунтовых вод. Набор данных 250-метрового разрешения, определяющий водную маску, и дополняющий её информацией из 250-метровых данных MODIS для получения полного представления о глобальных поверхностных водах. В таком виде эти данные не могут использоваться для гидрологического моделирования. В целях моделирования должна быть выполнена интеллектуальная интерполяция, чтобы достроить существующие пробелы в отображении небольших рек [13].

Солнечное излучение. Эти данные формируют, используя спектрорадиометр для получения изображений с умеренным разрешением (MODIS), объединенный с данными КА Terra и Aqua, ориентированных на нисходящее излучение (DSR). Публикуются ежедневно с разрешением 5 километров с периодичностью измерений в 3 часа. DSR - это падающее солнечное излучение над земной поверхностью в коротковолновом спектре (300-4000 нм) и является важной переменной в моделях земной поверхности, которые решают различные научные и прикладные проблемы [14].

Коэффициент испарения с поверхности. Представляет собой 8-дневный составной набор данных, созданный с разрешением 500 м. Алгоритм, используемый для определения коэффициента испарения, основан на логике уравнения Пенмана-Монтейта. Набор данных включает в себя входные данные ежедневных результатов метеорологического анализа наряду с данными спектрофотометра дистанционного зондирования умеренного разрешения MODIS (например, динамика свойств растительности, альbedo, земной покров) [15]. Пространственно-временные характеристики данных представлены в таблице.

Таблица Пространственно- временные характеристики используемых наборов спутниковых данных.

	Параметр	Пространственный охват	Пространственное разрешение	Временной охват	Временное разрешение
1	Снег/лед> снежный покров	С:90, Ю:-90,З:180, В: -180	500 м	С февраля 2000 года по наст./вр.	ежедневно
2	Температура поверхность/воздух		1 км	С февраля 2000 года по наст./вр.	ежедневно
3	Водная маска		250 м	С января 2000 года по декабрь 2015 года	ежедневно
4	Солнечное излучение		5 км	С января 2001 года по наст./вр.	8 раз в сутки
5	Коэффициент испарения с поверхности		1 км	С января 2001 года по наст./вр.	1 раз в 8 дней

Как видно из таблицы, существующие продукты с пространственным разрешением 5 км, 1 км, 500 и 250 метров обладают высокой периодичностью и большим пространственным охватом. Изучение этой информации на глубину в несколько лет позволит извлечь новые уточненные исходные данные для прогнозирования паводка.

Результаты анализа позволяют сделать вывод о существующей проблемной ситуации: в условиях существования большого количества разнородных данных о паводке возможен выбор неполных данных, влияющих на достоверность прогноза и принятие решение на выполнение мероприятий по предупреждению и ликвидации паводка.

Данная проблемная ситуация порождает противоречие в практической области использования информационных систем прогнозирования паводка:

С одной стороны, принимать решение на выполнение мероприятий по предупреждению и ликвидации паводка необходимо на основании достоверного прогноза, который учитывает все существующие информационные источники.

С другой стороны, предварительная и тематическая обработка, аналитическая работа и представление отчетов разных информационных источников требует серьезных временных и финансовых затрат.

Авторы предлагают решить данное противоречие путем совершенствования математической модели прогнозирования паводка интегрированной в информационную систему способную учитывать рациональный объем информации из различных источников, в том числе и ДЗЗ.

Учитывая результаты проведенного анализа современного состояния информационных систем прогнозирования паводков и выявленные недостатки научно - методического аппарата, применяемого для информационных систем подготовки и принятия решения по действиям сил РСЧС для ликвидации ЧС, связанных с паводками постановку общей научной задачи исследования можно сформулировать следующим образом – разработать научно - методический аппарат, который, учитывая весь перечень и объем представляемых информационных данных, позволит определить рациональный состав информационных данных от информационных систем прогнозирования паводка, обеспечивающий наибольшую достоверность при ограничениях на время и их стоимость.

Чрезвычайную ситуацию, связанную с паводком можно интерпретировать как подъемы уровня воды в реке выше заданного. В каждой точке пространства (x, y, z) и в момент времени t изменчивость уровня h , общий расход воды Ω и расстояние от места вскрытия реки до образования затора L характеризуется величиной $R=(h, \Omega, L)$. Современные прогнозные модели динамики уровня воды позволяют строить прогнозы $R(t_0, \gamma)$ в моменты времени t_0 с заблаговременностью γ .

Тогда, в условиях существования различных прогнозных моделей, для заданных величин (R_1, R_2, \dots, R_n) необходимо определить вариант B при кото-

ром комплексируемый прогноз $\tilde{R}(t_0, \gamma)$ имеет наименьшую ошибку по отношению к данным наблюдений $R(t_0 + \gamma)$:

$$\tilde{R}(t_0, \gamma) = B[R(t_0, \gamma_i)]_{i=1}^n \quad (1)$$

Если оператор B предполагается линейным, то решение выражения 1 сводится к решению задачи многомерной регрессии. Таким образом комплексируемый прогноз $\tilde{R}(t_0, \gamma)$ является комбинацией элементов, коэффициенты которого носят характер весовых вкладов.

Для реки Тотьма, например, комплексируемый прогноз предлагается составить используя модель процесса формирования наводнения [16] с выходными метеорологическими данными долгосрочного прогноза, формируемыми ФГБУ «Обь-Иртышское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды» – R_1 ; с выходными метеорологическими данными краткосрочного прогноза, формируемыми ФГБУ «Обь-Иртышское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды» – R_2 ; со средними многолетними значениями метеорологических данных – R_3 ; с выходными метеорологическими данными программного комплекса «Погода в реальном времени» [8] – R_4 ; с выходными метеорологическими данными глобальной системы прогноза погоды (GFS) [17] – R_5 ; с входными данными, полученными с применением частной методики формирования исходных данных на основании наборов данных ДЗЗ [11-15] – R_6 ; метод краткосрочного прогнозирования речного стока на основании экстраполяции графов [18] – R_7 ; методика прогноза весеннего половодья на основе гидролого-математической модели [19] – R_8 ; результаты инерционного прогнозирования [20] – R_9 .

На рис. 2. представлена модель формирования речного стока, разработанная в Академии гражданской защиты МЧС России, которая легла в основу прогнозов $R_1 - R_5$. Данная модель позволяет выявить функциональные зависимости между параметрами подсистемы и выходными потоками, которые передаются по коммуникационным каналам между подсистемами. Параметры определяют свойства подсистем. В течение времени функционирования системы параметры подсистем меняют свои значения в результате воздействия потоков. Поток (входящий или исходящий) будем представлять функцией, которая описывает перемещение содержимого подсистем. Сущность потока – это количественная характеристика, которая показывает, сколько вещества, энергии или информации поступило от других подсистем. Подробное описание модели и обоснованность ее применения органами управления МЧС России даны в [16].

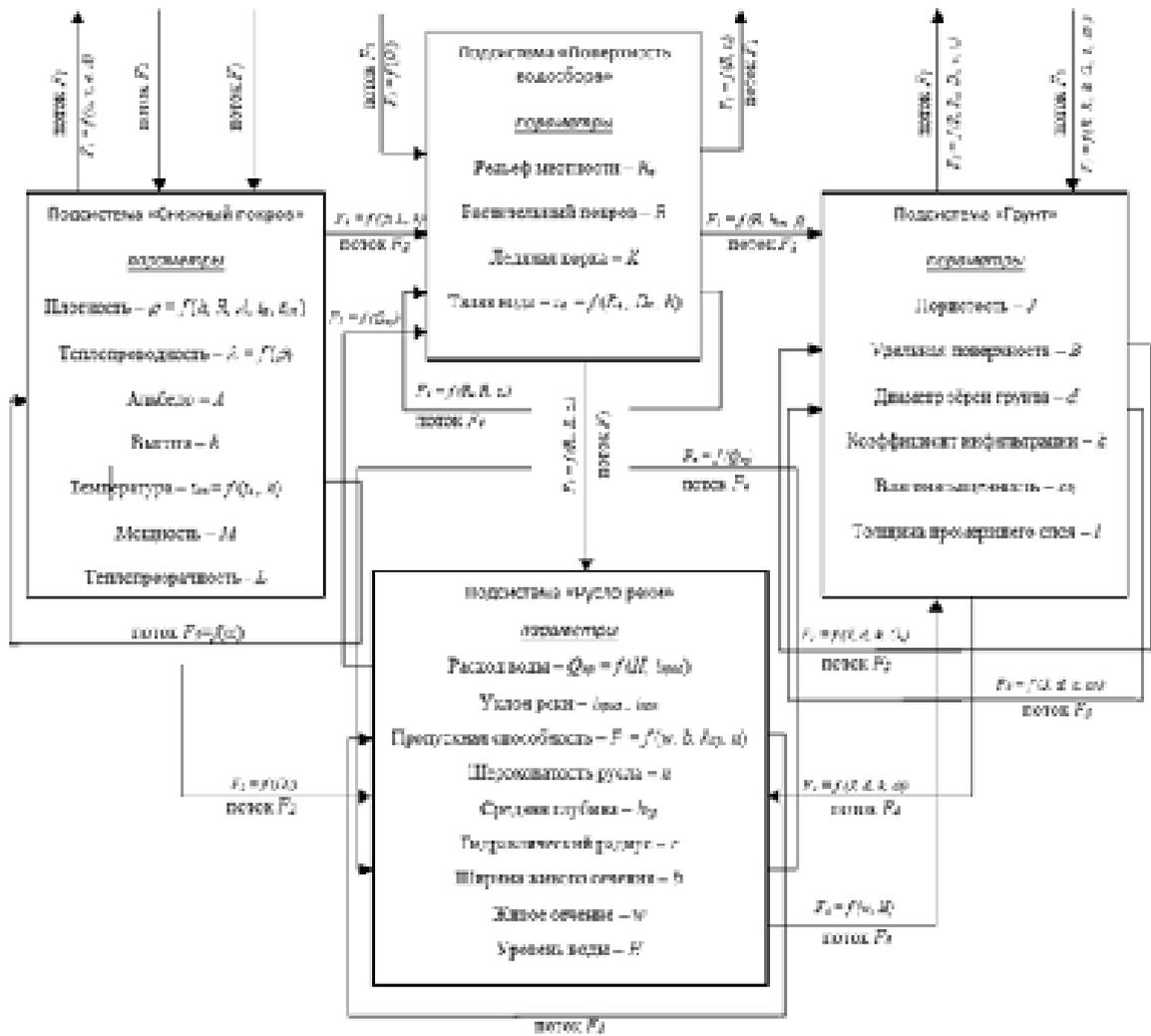


Рис 2. Схема функциональной модели системы формирования наводнения [16].

Таким образом, в основу комплексируемого прогноза могут быть положены следующие информационные данные:

1. Прогнозы одной модели, использующей выходные данные различных метеорологических прогнозов (например, $R_1 - R_5$).
2. Прогнозы одной модели, использующей различные граничные условия (например, R_6).
3. Прогнозы, различающиеся по типу гидродинамической модели уровня и расхода воды (например, $R_7 - R_9$).

При этом для применения выражения (1) необходимо учесть следующие факторы, возникающие в силу различий в представлении данных (например, размерность по отдельным элементам R может не совпадать, т.к. результаты прогнозов могут представляться только для значения уровня, или только по расходу воды).

Исходя из современного состояния вопроса о существующих и перспективных технологиях получения информации о паводке. Для решения сформулированной научной задачи необходимо:

1. Провести анализ влияния пространственно-временных характеристик априорной информации на достоверность прогнозирования паводка.
2. Сформулировать и представить в формализованном виде научную задачу разработки научно-методического аппарата, который, учитывая весь перечень и объем представляемых информационных данных, позволит определить рациональный состав информационных данных от информационных систем прогнозирования паводка, обеспечивающий наибольшую достоверность при ограничениях на время и их стоимость.
3. Разработать структуру информационной системы прогнозирования паводка, с учетом предлагаемого научно-методического аппарата.

4. Разработать рекомендации по использованию информационной системы прогнозирования паводка, с учетом предлагаемого научно-методического аппарата в органах управления МЧС России.

Практическая реализация предлагаемого научно-методического аппарата позволит повысить достоверность прогноза и даст возможность улучшить адекватность принимаемых решений, а значит и снизить ущерб от паводка.

Литература

1. Лупян Е.А. и др. Развитие подходов к построению информационных систем дистанционного мониторинга//Современные проблемы ДЗЗ из космоса, 15(3), 2018. С. 53 - 66.
2. Наземно-космический мониторинг чрезвычайных ситуаций. Под общей редакцией В.А. Акимова. – М.: ФГБУ ВНИИ ГОЧС(ФЦ), 2016. 128 с.
3. Описание СКМ. [Электронный ресурс] – Режим доступа: Интранет, <http://ukm.mchs.ru/> (дата обращения: 17.05.2019).
4. ОО ПАМ. Руководство по эксплуатации. ЦДРК. 466453.001 РЭ. – М.: «ООО Центр инновационных технологий», 2017. 17 с.
5. Распоряжение Правительства РФ от 3 сентября 2010 г. № 1458-р «О стратегии деятельности в области гидрометеорологии и смежных с ней областях на период до 2030 г.»
6. Романов А.В. Развитие системы прогнозирования наводнений в РФ. Часть 1. Фон и катализаторы изменений//Труды Гидрометцентра России – М.: 2017. – выпуск 365, с. 182 – 195.
7. I-GIS Интегрированная геоинформационная система Томской области [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://irgis.tsu.ru/?page_id=121 (дата обращения: 03.09.2019).
8. Реальная погода в Томске. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://realmeteo.ru/tomsk/1/current> (дата обращения: 27.08.2019).
9. Аппаратно-программный комплекс «Паводок». [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://pavodka.net/> (дата обращения: 13.07.2019).
10. Вакорин М.В. и др. О подходах к построению автоматизированных систем прогнозирования паводков//Совершенствование Единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций и гражданской обороны Российской Федерации на современном этапе: сборник трудов секции № 1 XXIX Международной научно-практической конференции «Предотвращение. Спасение. Помощь», 21 марта 2019 года. – ФГБВОУ ВО АГЗ МЧС России. – 2019. – 91 с.
11. MODIS Snow Cover Daily L3 Global 500m Grid [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod10.php> (дата обращения: 22.08.2019).
12. Land Surface Temperature/Emissivity Daily L3 Global 1km [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://lpdaac.usgs.gov/products/mod11a1v006/> (дата обращения: 22.08.2019).
13. Land Water Mask Derived L3 Global 250m [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod44w.php> (дата обращения: 22.08.2019).
14. DSR MODIS 3-hour 5 km [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://lpdaac.usgs.gov/products/mcd18a1v006/> (дата обращения: 22.08.2019).
15. Evapotranspiration 8-Day L4 Global 1km [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://lpdaac.usgs.gov/products/mod16a2v006/> (дата обращения: 22.08.2019).
16. Хомякова И.В. Оценка устойчивости противопаводковых сооружений на примере земляных дамб// Выпускная квалификационная работа. ФГБВОУ ВО АГЗ МЧС России. – 2017. – 87 с.
17. Global Forecast System [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.emc.ncep.noaa.gov/GFS/> (дата обращения: 22.11.2019).
18. Борщ С.В. и др. Экстраполяция гидрографов как метод краткосрочного прогнозирования речного стока // Гидрометеорологические исследования и прогнозы. 2018. № 3 (369). С. 74-86.
19. Бураков Д.А. и др. Автоматизированная методика краткосрочных прогнозов уровней воды в бассейне Средней Оби и Иртыша // Гидрометеорологические исследования и прогнозы. 2019. № 2 (372). С. 129-143.
20. Георгиевский Ю.М., Шаночкин С.В. Гидрологические прогнозы. Учебник. - СПб., изд. РГГМУ, 2007. - 436 с.