

**ВЗГЛЯД НА РЕГИОНАЛЬНУЮ ЕВРОПЕЙСКУЮ СИСТЕМУ
ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ О НАВОДНЕНИЯХ
С УЧЕТОМ ПАРТНЕРСКИХ ОТНОШЕНИЙ
С НЕЙ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ***A.V. Romanov*ФБГУ «Гидрометцентр России», alvicro@gmail.com

Представлены результаты, в первом приближении обобщающие цикл работ, проводимых в течение многих лет сотрудниками членов консорциума Европейской системы предупреждения о наводнениях (European Flood Awareness System (EFAS)). Анализируется уровень их выполнения в сравнении с самыми последними достижениями в области гидрологических прогнозов. Достаточно детально описаны этапы развития этого проекта начиная с 2003 г. и организационная структура его реализации. Выделены наиболее важные моменты развития этой системы, а также ключевые аспекты, определяющие перспективы участия в этом проекте Российской Федерации в рамках существующих с EFAS партнерских отношений.

Подчеркивается важность последнего принципиально нового достижения EFAS, связанного с предоставлением в открытый доступ программного кода базовой модели, что существенно расширяет круг ее пользователей.

Ключевые слова: гидрологические прогнозы, система гидрологических моделей с полураспределенными параметрами, ГИС-технологии, портал предупреждений о наводнениях.

**A REVIEW OF THE REGIONAL EUROPEAN FLOOD
AWARENESS SYSTEM CONSIDERING ITS PARTNERSHIP WITH
RUSSIAN FEDERATION***A.V. Romanov*

Hydrometeorological Research Centre of Russia

The article provides the results of tentative summarizing of a cycle of work having been carried out by the members of European Flood Awareness System (EFAS) consortium over many years. A level of implementation is analyzed compared to the latest achievements in hydrological forecasting. The stages of development of this project since 2003 and an organizational structure of its implementation have been described in sufficient detail. The most important points of development of this system, as well as some key aspects determining the prospects for participation of Russia in this project within the existing partnerships with EFAS have been highlighted.

The importance of the latest fundamentally new achievement of EFAS related to the provision of public access to the base model program code, thus significantly expanding the number of its users, is emphasized.

Keywords: hydrological forecasts, system of hydrological models with semi-distributed parameters, GIS-technology, flood awareness portal.

Введение

Анализ опыта наиболее развитых в области гидрологических прогнозов стран мира [2] показывает, что оптимальный путь создания и развития собственной (национальной) системы прогнозирования наводнений (СПН) предполагает тесное взаимодействие с создаваемыми и уже действующими региональными СПН. Оперативная и научная деятельность таких СПН соответствует современным технологическим вызовам, о которых еще в XIX веке ярко писал Ф. Энгельс: «Если техника в значительной степени зависит от состояния науки, то в гораздо большей мере наука зависит от состояния и потребления техники. Если у общества появляется техническая потребность, то она продвигает науку вперед больше, чем десяток университетов».

На сегодняшний день в мире существуют только две такие системы:

- Международное сообщество системы гидрологического прогнозирования (Community Hydrologic Prediction System, <http://www.nws.noaa.gov/oh/hrl/chps/>);
- Европейская система предупреждения о наводнениях, <https://www.efas.eu/>.

Обе системы тесно взаимосвязаны и дополняют друг друга в рамках использования стандартных пакетов программного обеспечения, протоколов и открытых стандартов моделирования, что позволяет использовать новые и существующие гидравлические и гидрологические модели в рамках более широкого гидрологического сообщества. Заметим, что необходимость создания такой системы для нашей страны признается уже достаточно давно [1, 4], но объективные и субъективные обстоятельства не позволили сделать практические шаги в этом направлении.

Международное разделение труда предполагает гармоничное развитие практически всех видов человеческой деятельности. Не является исключением из этого правила и гидрометеорологическое обеспечение (в первую очередь гидрометеорологические прогнозы). Наглядным подтверждением этого является участие в XIV ежегодной сессии EFAS, которая прошла 21, 22 мая 2019 г. в Стреза (Италия), представителей всех основных сервисов программы Copernicus Emergency Management Service (CEMS): Mapping, EFAS, EFFIS (European Forest Fire Information System), EDO (European Data Observations). Концептуально основная идея их участия сводилась к более тесной увязке своей деятельности с работой, проводимой в рамках EFAS, представляющей собой одну из инициатив Европейского Союза, направленную на повышение устойчивости стран региона к стихийным бедствиям.

В настоящее время Росгидромет проявляет большую заинтересованность в работе официальных веб-сайтов национальных служб погоды Европы. Их деятельность в области краткосрочного прогнозирования различных метеорологических элементов в перспективе должна быть гармонично увязана с СПН, представленной в EFAS, и напрямую зависит от уровня прогнозирования различных метеорологических элементов погоды (прежде всего, температуры воздуха и осадков). Развитие EFAS началось сравнительно недавно (в 2003 г. после катастрофических наводнений 2002 г. на Эльбе и Дунае) при финансовой поддержке Евросоюза (ЕС)

и Европарламента. С 2011 г. коопонсором EFAS является программа CEMS. В настоящее время EFAS фактически является общеевропейской (включая страны, не являющиеся членами ЕС, такие как Республика Беларусь, Россия, Украина и др.) современной системой прогнозирования наводнений по территории практически всей Западной Европы и ряда стран Восточной Европы с использованием системы гидрологических моделей (далее модели) LISFLOOD с полураспределенными параметрами на базе ГИС-технологий (PcRaster). В качестве прогностической метеорологической информации в LISFLOOD используются детерминированные и ансамблевые прогнозы погоды Европейского центра среднесрочных прогнозов погоды (ЕЦСПП), метеослужбы Германии и Консорциума мелкомасштабного моделирования (COSMO). Суммарное число партнеров EFAS (это страны (организации), подписавшие юридический договор о партнерстве) достигло уже 70 (<https://www.efas.eu/en/partners-list-0>) и продолжает возрастать.

Все оперативные гидрологические прогнозы выпускаются только для створов действующих гидрологических постов, по которым в EFAS в оперативном режиме поступают соответствующие данные наблюдений, а также предоставляются архивные гидрологические данные, необходимые для калибровки модели LISFLOOD. На сегодня вопрос о предоставлении архивных гидрологических данных (значения уровня и расхода воды с фиксированной частотой наблюдений во времени за период не менее 20 лет) по территории европейской части России положительно не согласован с Росгидрометом, поэтому продвижение EFAS в восточном направлении существенно затруднено, но реально не остановлено.

1. Базовые принципы EFAS и их модельная реализация

Функционально оперативная и научная деятельность EFAS распределена между четырьмя основными центрами:

1) *HYDRO*: Гидрологический центр данных (консорциум, в который входят министерство окружающей среды Андалусии (Испания) и испанская компания *ELIMCO* — сбор и архивация данных наблюдений за уровнями и расходами воды);

2) *METEO*: Метеорологический центр данных (Объединенный исследовательский центр ЕС (*JRC*) — сбор и архивация метеорологических данных наблюдений EFAS);

3) *COMP*: Вычислительный центр (ЕЦСПП) — расчет оперативных гидрологических прогнозов, постпроцессинг и веб-интерфейс информационной системы EFAS;

4) *DISS*: Центр распространения информации среди членов EFAS (консорциум, в который входят Шведский метеорологический и гидрологический институт (*SMHI*), Словацкий гидрометеорологический институт и Бюро структурных изменений окружающей среды Нидерландов).

Все эти центры функционально системно взаимосвязаны в рамках выполнения следующих основных базисных принципов EFAS.

- Непрерывная поддержка профессионального роста коллег, представляющих страны — партнеры EFAS (<https://www.efas.eu/en/webinars>).

EFAS периодически силами членов консорциума проводит вебинары, которые отражают текущее состояние его информационной продукции, уровень новых разработок модели LISFLOOD, а также обзор оправдываемости предупреждений о наводнениях по территории стран — партнеров EFAS. В своих публичных и письменных высказываниях члены консорциума постоянно подчеркивают открытость EFAS для новых идей, которые могут быть легко выдвинуты и обсуждены на его портале. Такой подход позволяет постоянно улучшать структуру и расчетные алгоритмы базовой модели, систему ее информационного обеспечения и ее программную реализацию.

- Открытый доступ к диверсифицированной информации (<https://www.efas.eu/en/bulletins>; <https://www.efas.eu/en/publications-on-efas>).

С периодичностью один раз в два месяца EFAS готовит бюллетень для свободного доступа на своем портале по трем ключевым направлениям: новости, результаты, статьи. В нем достаточно подробно отражаются все текущие изменения, связанные с развитием данного проекта, включая такие аспекты, как изменения доступа к различным архивам EFAS, ежемесячный текущий анализ гидрологической и метеорологической ситуации, качественная и количественная оценка гидрологических прогнозов по территориям стран — партнеров EFAS с заблаговременностью до 10 суток. Помимо этого, на портале в свободном доступе размещены все статьи, касающиеся развития базовой модели и проекта EFAS за период начиная с 2005 г.

- Модернизация пользовательского интерфейса портала EFAS.

В течение 2018 г. EFAS выполнил большой объем работ и практически полностью обновил свой портал, сделав его более насыщенным и содержательным. Обновление программного обеспечения портала проходило при активном взаимодействии с организациями партнерами EFAS через систему обратной связи и действующих на постоянной основе вебинарах. По существу этот метод на сегодня является единственным, который реально влияет на калибровку модели и таким образом способствует повышению оправдываемости предупреждений о наводнениях по всей Европе. Принципиальным в данном случае является разработка приложения EFAS, которое может быть использовано в мобильных устройствах.

- Расширение доступа к архивной гидрологической информации и решение проблемы открытых данных (<https://www.efas.eu/en/data-access>; <https://www.efas.eu/en/data-download>).

На сегодняшний день число гидрологических постов, оперативные данные которых обрабатываются в рамках проекта EFAS, достигло 3179 (в 2019 г. прирост составил 201 пост, из которых 161 приходится на Францию). Дальнейшее расширение территории, охватываемой мониторингом и прогнозированием EFAS, в первую очередь возможно за счет бассейнов российских рек. Однако этот процесс развивается медленно, в первую очередь из-за отсутствия положительного согласования Росгидрометом вопроса о предоставлении архивных гидрологических данных, необходимых для идентификации системы моделей LISFLOOD. На рис. 1 показана фиксированная во времени суммарная площадь визуального

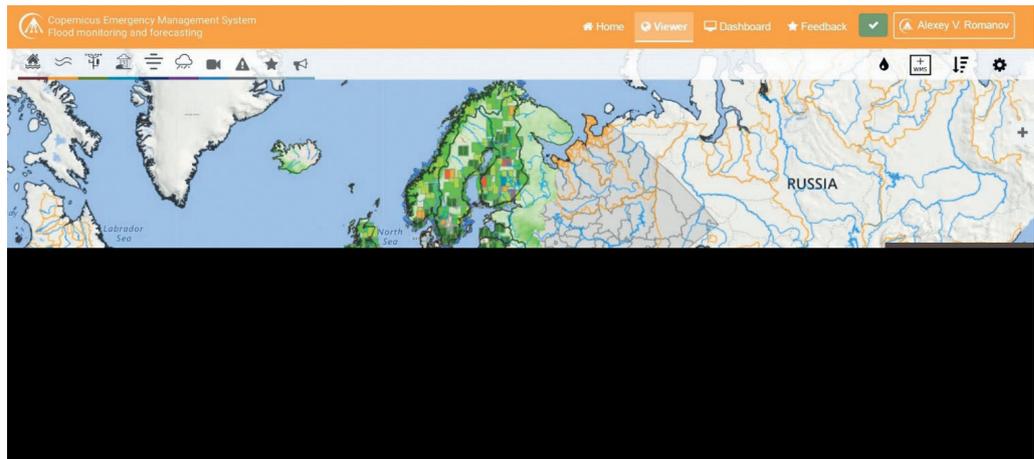


Рис. 1. Общая схема картирования EFAS мониторинга уровня наводнений и их прогнозирования по территории Европы на 26 июня 2019 г.

Fig. 1. A common mapping scheme of EFAS level floods monitoring and their forecasts across Europe on 26.06.2019.

картирования результатов деятельности EFAS по территории всей Европы за исключением европейской части нашей страны.

С 2017 г. на ежегодном совещании EFAS обсуждается задача открытых гидрометеорологических данных. Однако до сих пор партнеры EFAS не могут прийти к консенсусу в решении этой проблемы. Такие страны, как Германия и Франция, активно поддерживают эту идею и реально реализуют ее на практике. В ряде стран (прежде всего, Восточной Европы) высказываются опасения, что открытость данных приведет к росту нежелательной конкуренции среди компаний, которые используют эти данные в коммерческих целях. Предполагается, что в следующем, 2020 г. EFAS проведет голосование среди своих партнеров по вопросу открытых данных и таким образом хотя бы в первом приближении решит этот вопрос. В то же время, в рамках обсуждения данного вопроса неоднократно подчеркивались следующие аспекты этой проблемы: 1) все без исключения продукты EFAS должны быть системно связаны с сервисами CEMS; 2) процедура доступа к исходным данным должна быть существенно упрощена для исследовательских проектов; 3) политика в области открытых данных требует постоянного обновления в соответствии с новыми потребностями по мере развития CEMS.

- Модернизация модели LISFLOOD и переход к открытому коду (<https://ec-jrc.github.io/lisflood/>).

Сотрудники членов консорциума постоянно работают над совершенствованием модели LISFLOOD [3, 5]. В настоящее время интерполяционная схема модели реализована для суточных и шестичасовых интервалов времени по гидрологическим и метеорологическим характеристикам. LISFLOOD позволяет рассчитать водный баланс с шестичасовым интервалом для каждой ячейки сетки

с размерами 5×5 км (рис. 2). При этом в последние годы развитие модели идет на пространственной сетке 1,8×1,8 км с учетом следующих физических процессов для пяти слоев на водосборе (четыре подповерхностных и один поверхностный): таяние снега, промерзание и оттаивание почвы, поверхностный сток, инфильтрация в почву, грунтовый сток, распределение влажности по почвенному профилю, дренаж воды в систему грунтовых вод, накопление подземных вод, базисный сток подземных вод. Трансформация речного стока для каждой ячейки сетки речной системы осуществляется на базе уравнения кинематической (диффузионной) волны.

Модель LISFLOOD разрабатывается в JRC с учетом различных модификаций с 1997 г. Поскольку привести здесь подробное физико-математическое описание всех основных расчетных блоков модели невозможно, перечислим только основные концептуальные составляющие этой модели.

- Модель представляет собой гидрологическую систему, моделирующую процесс формирования стока на средних и больших по площади речных водосборах, а также на площадях континентального масштаба за счет:

- поддержания высокого пространственного разрешения;
- поддержания максимально возможной физической интерпретации гидрологических процессов (диффузионное и кинематическое уравнения неустановившегося движения, уравнения переноса влаги и тепла в почве).

- Модель может быть использована для моделирования большого диапазона различных сценариев, связанных с защитой от наводнений:

- управление водохранилищами, озерами и полдерами;
- изменения геометрии речного русла и поймы;
- изменения ландшафта;
- климатические изменения.



Рис. 2. Схематичное изображение речного водосбора и физических процессов, реализованных в модели LISFLOOD.

Fig. 2. A schematic representation of a watershed and physical processes implemented in LISFLOOD model.

- Модель позволяет использовать различные источники информации:
 - доступные европейские базы данных, включающие в себя цифровые данные наблюдений за рельефом земной поверхности, данные по землепользованию и почве;
 - новые данные, полученные со спутника (влажность почвы, снежный покров и запас воды в снежном покрове, осадки, параметры растительности);
 - данные численного прогноза погоды от национальных метеорологических служб и ЕЦСПП;
 - радиолокационные данные о жидких осадках.

Большая часть продукции EFAS в виде гидрологических прогнозов, рассчитываемых дважды в сутки на сетке 5×5 км, основывается на превышении пороговых (критических) уровней. Среднесрочные прогнозы наводнений, которые выпускает EFAS, позволяют дать пространственный вероятностный обзор наводнений по большим территориям с заблаговременностью до 10 суток. Надежность вероятностного предупреждения наводнений по территории партнеров EFAS постоянно возрастает. Число откровенных «провалов» неуклонно снижается за счет совершенствования отдельных блоков модели LISFLOOD и увеличения числа станций, используемых для ее калибровки. В настоящее время число таких станций достигло 717. Фактически вероятностный процесс прогнозирования в данном случае сводится к сопоставлению прогнозов водного режима, полученных в результате моделирования процесса формирования стока, с критическими уровнями возникновения наводнений. В свою очередь, критические уровни наводнений рассчитываются для каждой ячейки сетки с использованием расчетных временных рядов по значениям расхода воды, полученным с использованием LISFLOOD в результате их моделирования по наблюдаемым метеорологическим данным.

Среднесрочные прогнозы наводнений EFAS представляются в виде обзорных цветовых карт с информацией об изменении во времени расчетных характеристик водного режима в фиксированных точках, которые доступны для просмотра в рамках соответствующего слоя с использованием средств просмотра карт. Эти фиксированные точки имеют четыре категории.

Первая категория — это выделенные в речной сети точки отчетности, для которых вероятность наводнения (паводка или половодья) соответствует фиксированным критериям (рис. 3). При этом используются два критических уровня: 1) повторяемость один раз в два года, 2) повторяемость один раз в пять лет.

Вторая категория соответствует точкам отчетности, в которых максимальный критический уровень возникновения наводнения в соответствии с прогнозом будет превышен: в день составления прогноза, в течение последующих 1—2 суток, 3—5 суток и более чем через 5 суток.

Третья категория представляет собой смоделированные ячейки речной сети, в которых существует вероятность превышения порогового уровня с повторяемостью один раз в 5 лет в течение интервала времени менее 48 часов или более 48 часов.

Четвертая категория — это гидрографы стока для выбранных точек, где есть реальные данные наблюдений за стоком, входящие в базу данных и характеризующиеся

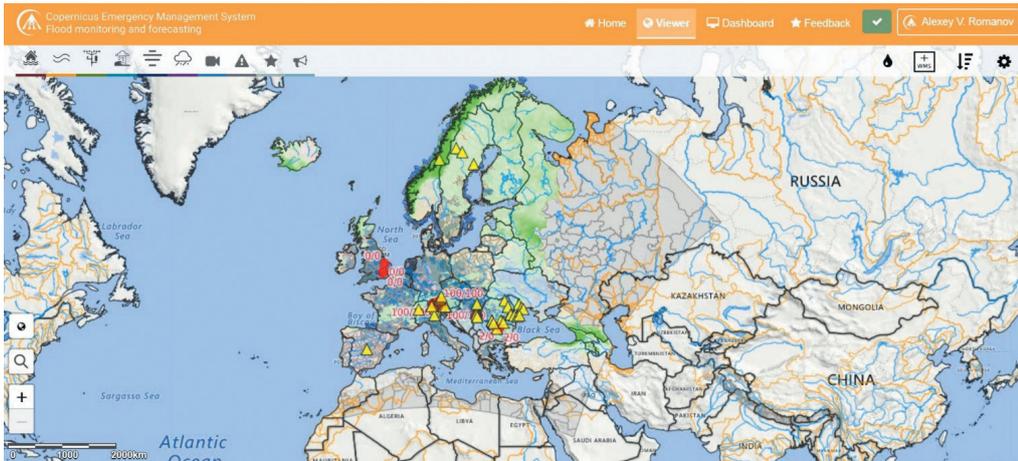


Рис. 3. Пример дифференцированного картирования EFAS мониторинга уровня наводнений и их прогнозирования по территории Европы на 26 июня 2019 г.

Красными кружками обозначены точки отчетности первой категории с повторяемостью один раз в 2 года, желтыми треугольниками — точки отчетности первой категории с повторяемостью один раз в 5 лет.

Fig. 3. An example of differentiated mapping of EFAS level floods monitoring and their forecasts across Europe on 26.06.2019.

Red circles indicate the reporting points of the first category with repeatability once every 2 years; yellow triangles indicate the reporting points of the first category with repeatability once every 5 years.

обеспеченностью (вероятностью), превышающей обеспеченность среднегодового максимального расхода воды в течение последующих 10 суток. Значение этой обеспеченности рассчитывается на базе постпроцессорной обработки прогноза ЕЦСПП и наблюдаемых расходов воды.

В качестве дополнительной локальной информации в программе просмотра карт предусмотрен просмотр гидрографов наводнений и сводных диаграмм метеорологических воздействий на водосбор. Все среднесрочные прогнозы наводнений, сформированные EFAS в течение последних 30 суток, доступны для свободного просмотра.

Дополнительно к среднесрочным прогнозам наводнений EFAS генерирует два индикатора быстро формирующихся паводков: ERIC и ERICHA [3]. ERIC рассчитывается путем сравнения прогнозируемого поверхностного стока, накопленного в верхней части водосбора, с критическим значением этой величины. Фактически алгоритм его расчета по модели LISFLOOD основан на прогнозах осадков и влажности почвы в ансамбле COSMO-LEPS, состоящем из 20 членов. Результатом расчетов являются индикаторы, рассчитываемые с заблаговременностью пять суток для водосборов площадью менее 2000 км².

Индикатор ERIC имеет несколько слоев. В первом слое содержатся ячейки сетки, для которых прогнозируется высокая вероятность превышения быстро

формирующимся паводком критического уровня, превышаемого один раз в 2 года и 5 лет и один раз в 20 лет (для этих мест предоставляется дополнительная гидрологическая информация). Во втором слое описывается область дренажа со значительными осадками и потенциально возможными паводками.

В свою очередь, индикатор ERICHA — это мониторинг осадков на основе данных радиолокатора и индикации прогнозируемых мгновенных паводков. Расчет этого индикатора проводится на основе радиолокационного мониторинга осадков и прогнозирования текущей погоды с использованием европейского радара OPERA с заблаговременностью до 4 часов.

Принципиально новым достижением EFAS стало выполнение ранее объявленного намерения предоставить открытый доступ к программному коду модели LISFLOOD (<https://ec-jrc.github.io/lisflood/>), что многократно расширяет для пользователей возможности доступа к программным блокам модели и позволяет выявить их наиболее слабые места, которые в рамках совместной работы могут быть существенно модернизированы. Фактически это реализация современного подхода к многомерному программированию через систему GitHub (социальная сеть для разработчиков программного обеспечения).

На XIV ежегодной сессии EFAS сформулированы новые задачи проекта на ближайшее время: 1) сформировать адекватную БД для прогнозирования быстро формирующихся паводков; 2) выполнить новую калибровку модели по данным 1150 постов.

2. Специфика формирования партнерских отношений EFAS с Российской Федерацией

Организационная работа по формированию партнерских отношений с EFAS в нашей стране формально началась в 2015 г. Понадобилось почти три года, чтобы 28 июня 2017 г. директор ФГБУ «Гидрометцентр России» после согласования всех административных вопросов с Росгидрометом подписал договор о партнерстве с EFAS. Уже в августе 2017 г. приказом директора ФГБУ «Гидрометцентр России» была создана Рабочая группа EFAS-РФ (РГ EFAS-РФ) из девяти человек, которой было поручено вести всю работу по продвижению продукции EFAS на территории нашей страны.

За прошедший период, несмотря на отсутствие положительного согласования с Росгидрометом вопроса о предоставлении в EFAS архивной гидрологической информации по постам и станциям, представляющим интерес с точки зрения прогнозирования наводнений (это одно из положений подписанного договора о партнерстве), удалось найти решения ряда вопросов, которые следует признать положительными, но недостаточными с точки зрения продвижения этой технологии на восток по территории Российской Федерации.

Кроме членов РГ EFAS-РФ, доступ к порталу EFAS на сегодня имеют уже шесть УГМС (учреждения Росгидромета, выполняющие оперативно-производственные функции в области гидрометеорологии, в том числе и прогнозирования на территории их деятельности) из 12 УГМС, расположенных на европейской

части Российской Федерации. Это позволяет даже в отсутствие предупреждений о широкомасштабных наводнениях по территории Российской Федерации постепенно готовить сотрудников УГМС к работе с этим видом прогностической информации. Реальным вкладом в процесс обучения стал проведенный в октябре 2018 г. рабочий семинар с участием представителей двух членов консорциума EFAS, который существенно расширил представление участников семинара о функциях и возможностях EFAS на длительную перспективу. В целях ускорения продвижения EFAS на восток по согласованию с ЕЦСПП, *JRC* и *SMHI* в адрес этих организаций были отправлены списки постов и станций по четырем УГМС (Северо-Западное, Центральное, Центральное-Черноземное, Уральское), которые готовы при наличии положительного согласования Росгидрометом без какого-либо дополнительного финансирования предоставить в EFAS архивные гидрологические данные для идентификации модели LISFLOOD.

Для существенного ускорения продвижения современных технологий EFAS по территории европейской части Российской Федерации нужно, во-первых, воспользоваться возможностью доступа к открытому коду модели LISFLOOD и реализовать ее для рек, расположенных на территории деятельности указанных четырех УГМС, а во-вторых, учитывая важность и сложность поставленной задачи, изменить состав РГ EFAS-РФ, включив в него сотрудников разных организаций, реально заинтересованных в продвижении современных СПН по территории Российской Федерации.

Выполнение такой работы вполне по силам объединенному коллективу специалистов из нескольких научно-исследовательских институтов: ФГБУ «Гидрометцентр России», ФГБУ «Государственный гидрологический институт», ФГБУН «Институт водных проблем РАН» в рамках совместной научно-исследовательской темы. Для этого даже не нужно увеличивать число членов — партнеров EFAS от нашей страны, а положительный опыт такой деятельности накоплен в ФГБУ «Гидрометцентр России» в рамках работ по проекту COSMO. Отметим, что реализация модели LISFLOOD на российских водных объектах — это не только ускорение продвижения EFAS в восточном направлении, но и реальная возможность оценить уровень своих собственных разработок, которые при выполнении определенных формальных процедур могли бы быть использованы в новых версиях LISFLOOD.

Заключение

Проект EFAS является бессрочным и структурно (в том числе финансово) поддерживается ЕС и Европарламентом. Более того, этот проект вошел в число наиболее успешно развивающихся проектов Европейской программы CEMS, направленной на улучшение состояния окружающей среды по всем направлениям науки, входящим в систему наук геофизического плана (в том числе и гидрологию суши). Начиная с 2014 г. и до 2030 г. на развитие этой программы ЕС и Европарламент выделили финансовую поддержку в размере более тридцати миллиардов евро. Поэтому независимо от уровня участия Российской Федерации в этом проекте EFAS будет планомерно развиваться и постепенно полностью охватит территорию Европы до Уральских гор. Более того, EFAS уже на сегодняшнем уровне своего развития

закономерно перерастает в более широкий по масштабам проект, охватывающий всю поверхность земного шара (The Global Flood Awareness System (GloFAS), <http://www.globalfloods.eu/>), с перспективой прогнозирования речного стока по материкам и увязки этих прогнозов в глобальной модели общей циркуляции атмосферы.

Для того чтобы реально более глубоко и самое главное с большей продуктивностью участвовать в этом проекте, Российской Федерации необходимо уже сейчас максимально использовать административный ресурс Росгидромета и РАН для объединения усилий единомышленников в решении задачи реализации в рамках научно-исследовательской темы открытого кода модели LISFLOOD по территории речных бассейнов нескольких УГМС, расположенных в европейской части нашей страны.

Список литературы

1. *Васильев О.Ф.* Создание систем оперативного прогнозирования паводков и паводков // Вестник РАН. 2012. Т. 82, № 3. С. 237—251.
2. *Adams T.E., Pagano T.C.* Flood Forecasting – A Global Perspective. Academic Press, 2016. 480 p.
3. *Alfieri L., Thielen J.* A European precipitation index for extreme rain-storm and flash flood early warning // Meteorol. Appl. 2015. V. 22 (1). P. 3—13. doi:10.1002/met.1328
4. *Romanov A.V., Polunin A. Ja.* Folyórendszerek lefolyását leíró egyesített model (Intergrated runoff model for river systems) // Vízügyi Közlemények (Hydraulic engineering). 1983. LXV. Évfolyam. 1. füzet. P. 25—36.
5. *J.M. Van Der Knijff, J. Younis & A.P.J. De Roo* LISFLOOD: a GIS-based distributed model for river basin scale water balance and flood simulation // Int. J. Geograph. Inform. Sci. 2010. 24:2. P. 189—212. doi: 10.1080/13658810802549154

References

1. *Vasiliev O.F.* Creation of systems for operational forecasting of snow-melt floods and floods. *Vestnik Rossiyskoy Akademii Nauk*. Bulletin of Russian Academy of Sciences. 2012, 82 (3): 237-251. [In Russian].
2. *Adams T.E., Pagano T.C.* Flood Forecasting – A Global Perspective. Academic Press, 2016: 480 p.
3. *Alfieri L., Thielen J.* A European precipitation index for extreme rain-storm and flash flood early warning. *Meteorol. Appl.* 2015, 22 (1): 3–13. doi:10.1002/met.1328
4. *Romanov A.V., Polunin A. Ja.* Folyórendszerek lefolyását leíró egyesített model (Intergrated runoff model for river systems) // Vízügyi Közlemények (Hydraulic engineering). LXV. Évfolyam. 1. füzet. 1983: 25—36.
5. *J.M. Van Der Knijff, J. Younis & A.P.J. De Roo* LISFLOOD: a GIS-based distributed model for river basin scale water balance and flood simulation // Int. J. Geograph. Inform. Sci. 2010. 24 (2): 189—212. doi: 10.1080/13658810802549154

Статья поступила 27.09.2019

Принята 26.11.2019

Сведения об авторе

Романов Алексей Викторович — канд. геогр. наук, ведущий научный сотрудник ФБГУ «Гидрометцентр России» (отдел речных гидрологических прогнозов), alvicro@gmail.com

Information about the author

Romanov Alexey Victorovich — PhD (Geography), Hydrometeorological Research Centre of Russia (Department of Hydrological Forecasts), leading research scientist