

DOI: <https://doi.org/10.37162/2618-9631-2025-2-121-140>

УДК 551.5:556

Оперативная гидрология в деятельности Всемирной метеорологической организации

Ю.А. Симонов

*Гидрометеорологический научно-исследовательский центр
Российской Федерации, г. Москва, Россия
simonov@mecom.ru*

Приводится обзор деятельности Всемирной метеорологической организации (ВМО), направленной на поддержку национальных гидрометеорологических служб (НГМС) в области оперативной гидрологии: от наблюдений, обработки данных, подготовки и формирования информационной продукции до выпуска гидрологических прогнозов, выполнения гидрологических расчетов, а также оценки и управления водными ресурсами. Рассмотрена современная повестка дня ВМО в области гидрологии, цели и задачи целевых групп экспертов, некоторые проекты и инициативы, в том числе Инициатива по заблаговременным предупреждениям для всех, программа по цифровой трансформации НГМС, а также аспекты частного и государственного партнерства. Приводится анализ организационной структуры ВМО в области гидрологии.

Ключевые слова: Всемирная метеорологическая организация, оперативная гидрология, международное сотрудничество

Activities of the World Meteorological Organization in the field of operational hydrology

Yu.A. Simonov

*Hydrometeorological Research Center of Russian Federation, Moscow, Russia
simonov@mecom.ru*

An overview of the activities of the World Meteorological Organization (WMO) aimed at supporting National Hydrometeorological Services (NMHSs) in the field of operational hydrology is provided: from observations, data processing, preparation and formation of information products to hydrological forecasts, calculations, as well as the assessment and management of water resources. The current WMO agenda in the field of hydrology, the goals and objectives of working groups of experts, some projects and initiatives, including the Early Warning for All Initiative, the digital transformation program for NMHSs, as well as aspects of private and public partnerships are considered. An analysis of the organizational structure of WMO in the field of hydrology is provided.

Keywords: World Meteorological Organization, operational hydrology, international cooperation

Введение

Задачи оперативной гидрологии являются одними из ключевых задач Национальных гидрометеорологических служб (НГМС). Согласно оценкам ВМО и выводам ряда международных организаций, только от паводков и наводнений на реках ежегодный ущерб в мире исчисляется десятками

миллиардов долларов, на подверженных паводкам территориях проживает около 2,5 млрд человек, а частота возникновения серьезных наводнений только увеличивается [21]. Основными потребителями гидрологической продукции являются федеральные органы власти, министерства и ведомства по делам гражданской обороны, водное хозяйство, гидроэнергетика, сельское хозяйство, ирригация, водный транспорт. Своевременная и качественная информационно-аналитическая и прогностическая продукция позволяет обеспечить безопасное и устойчивое социально-экономическое развитие. По этой причине подготовка и доведение до пользователей гидрологической продукции в современной детализированной форме относятся к стратегическому кругу вопросов НГМС.

Для определения круга задач НГМС стран-членов ВМО в области оперативной гидрологии – на экстраординарной сессии Всемирного метеорологического конгресса в 2021 г. [4] было утверждено Перспективное видение, Стратегия и соответствующий План действий в области гидрологии (далее – План действий), сформулированные на основе предложений НГМС в рамках следующих крупных направлений [5]:

- все предупреждены о паводках;
- все готовы к маловодью;
- гидрометеорологические данные и информация поддерживают программу продовольственной безопасности;
- высококачественные данные поддерживают науку;
- наука обеспечивает прочную основу для оперативной гидрологии;
- мы обладаем глубокими знаниями о водных ресурсах нашего мира;
- устойчивое развитие поддерживается информацией, охватывающей весь гидрологический цикл;
- качество воды известно.

Основной целью ВМО в области гидрологии является поддержка НГМС таким образом, чтобы к 2030 году мировое сообщество на основе совместных действий успешно справлялось с проблемами, связанными с экстремальными гидрологическими явлениями, наличием и качеством водных ресурсов и продовольственной безопасностью путем развития оперативной гидрологии. Достижение цели будет обеспечиваться совершенствованием науки, инфраструктуры, наращиванием потенциала и соответствующих видов обслуживания в контексте устойчивого развития и повышения устойчивости [5].

Для выполнения Плана действий ВМО располагает двумя техническими комиссиями и Советом по исследованиям (рис. 1):

- Техническая комиссия по наблюдениям, инфраструктуре и информационным системам (ИНФКОМ);
- Техническая комиссия по обслуживанию и применениям в областях погоды, климата, гидрологии, морской метеорологии и сопутствующих областях окружающей среды (СЕРКОМ);
- Совет по исследованиям.

В рамках технических комиссий и Совета по исследованиям действуют вспомогательные органы, представленные экспертами НГМС, академических институтов и международных организаций. К вспомогательным органам относятся постоянные комитеты, консультативные и рабочие группы, нацеленные на решение конкретных задач Плана действий в области оперативной гидрологии.



Рис. 1. Структура рабочих органов ВМО (адаптировано из <https://wmo.int/>).
Fig. 1. Working bodies of the WMO (<https://wmo.int/>).

Работа экспертных групп ведется по многим направлениям для обеспечения поддержки Членов ВМО для увеличения эффективности обслуживания пользователей, в том числе выполняется координация и поддержка функционирования центров данных ВМО, реализуются проекты и программы по прогнозированию, оценке водных ресурсов, наблюдениям, расчетам стока. Немаловажная часть работ посвящена разработке нормативных материалов, включая актуализацию Технического регламента ВМО, многочисленных руководств и наставлений. Проводится укрепление потенциала в области гидрологии посредством проведения обучающих курсов, создания учебных материалов и предоставления экспертной поддержки. Ниже в статье представлены некоторые примеры деятельности ВМО в области гидрологии, всеобъемлющий список приведен на веб-странице организации (<https://wmo.int/>), а также в отчётных материалах технических комиссий, Совета по исследованиям и Всемирного метеорологического конгресса, с которыми можно ознакомиться в электронной библиотеке ВМО (<https://library.wmo.int/>).

Экспертные группы в области гидрологии

Общая координация деятельности ВМО в области гидрологии осуществляется *Координационной группой экспертов по гидрологии*. Этой группой также производится оценка выполнения Плана действий ВМО в области гидрологии, распределение обязанностей по реализации того или иного пункта Плана действий ВМО между рабочими органами в области гидрологии в СЕРКОМ, ИНФКОМ и Совета по исследованиям (рис. 2).

Основной целью *Постоянного комитета по гидрологическому обслуживанию* (ПК-ГИД) является развитие проектов в области гидрологического прогнозирования и оценки водных ресурсов, разработка руководств, сопутствующих материалов в области оперативной гидрологии и управления водными ресурсами для нужд НГМС стран-членов ВМО (<https://community.wmo.int/en/governance/commission-membership/sercom/sc-hydrology>). К кругу ведения ПК-ГИД относится обзор и обновление руководящих материалов ВМО в части гидрологического обслуживания (Технический регламент, наставления, руководства); развитие и внедрение сообщества практиков в области прогностической гидрологии, оценки водных ресурсов [13], предсказания маловодья; реализация программ в области гидрологического прогнозирования – Инициативы ВМО по прогнозированию паводков и Глобальной системы для оценки текущей гидрологической ситуации и ее ориентировочного прогнозирования (ГидроСОП), вклад со стороны гидрологии в Инициативу “Заблаговременные предупреждения для всех”; вклад в программу развития криосферы, подготовка ежегодного Глобального отчета по водным ресурсам и многие другие задачи [6].

На СЕРКОМ-3 было принято создать *Объединенную группу экспертов по криосферному обслуживанию*, которая будет заниматься вопросами гидрометеорологического обслуживания, связанного с элементами криосферы, как в разрезе континентальном, так и на территории морей и океанов.

Группа охватывает ряд вопросов, в том числе прогнозирования опасных явлений (подтопления талым стоком, снегодождевые паводки, ледовые заторы, прорывные наводнения ледниковых озер, айсбергов и проч.), вопросы, связанные с изменением климата и его влиянием на элементы криосферы Земли – сокращение горного оледенения, угнетение вечной мерзлоты, подъем уровня моря, связанного с таянием льдов и другие вопросы.

Учреждение *Консультативной группы Инициативы ВМО по прогнозированию паводков* ставило целью повысить эффективность осуществления инициативы ВМО по прогнозированию паводков для усиления потенциала НГМС в части совместного предоставления своевременной и более точной продукции и обслуживания, которые необходимы для прогнозирования паводков и предупреждения о них, а также для сотрудничества с представителями ведомств по чрезвычайным ситуациям.

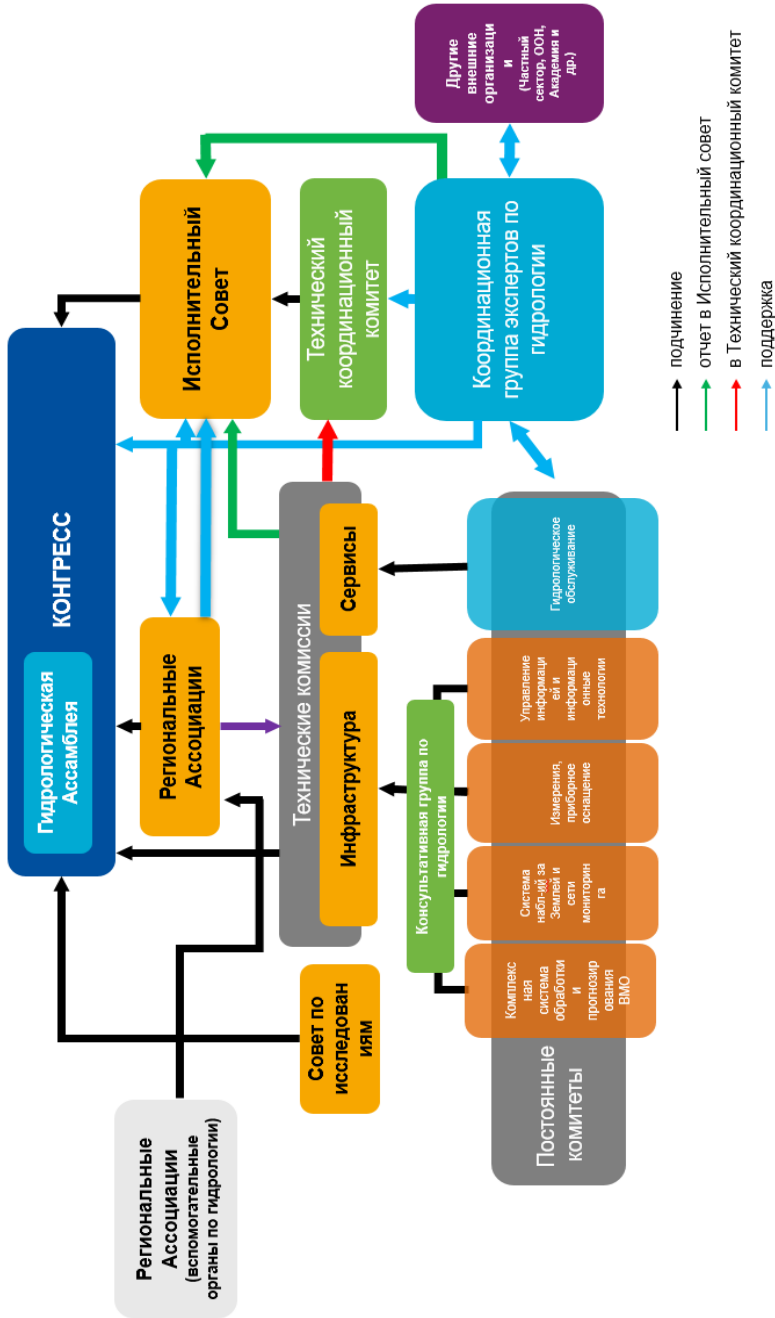


Рис. 2. Рабочие органы ВМО в области оперативной гидрологии (по материалам Секретариата ВМО).
 Fig. 2. Working bodies of the WMO in the field of operational hydrology (based on information from WMO Secretariat).

Консультативной группы Инициативы ВМО по прогнозированию паводков действует как многоплановая консультативная группа, предоставляющая руководящие указания и рекомендации по элементам гидрологического прогнозирования в рамках нескольких инициатив ВМО, связанных с наводнениями, и обеспечивает широкую поддержку для улучшения сотрудничества между метеорологическим и гидрологическим сообществами в интересах совершенствования практики прогнозирования паводков. К основной цели Консультативной группы относится рассмотрение концепции, цели, ожидаемых выгоды/затрат, стратегии, плана действий и будущее развитие Инициативы по прогнозированию паводков ВМО и ее основных компонент (проекты по прогнозированию паводков ФФГС, прибрежные наводнения и т. д.) и предоставление консультаций по этим вопросам, предлагая по мере необходимости корректирующие меры и консультируя СЕРКОМ в вопросах реализации Перспективного видения и Стратегии ВМО в области гидрологии и соответствующего Плана действий применительно к деятельности.

Консультативная группа по гидрологии призвана выполнять координацию между внедрением программ по наблюдениям, данным, информационным системам в рамках технической комиссии по инфраструктуре (ИНФКОМ). *Группа экспертов по оперативным гидрологическим прогнозистическим системам* относится к постоянному комитету Системы ВМО по интегрированной обработке данных и прогнозированию (WIPPS) и отвечает за подготовку требований и реализацию глобальных и региональных центров гидрологического прогнозирования в рамках системы WIPPS ВМО.

Рабочая группа по гидрологии Совета по исследованиям выполняет научные проекты и исследования (в том числе посредством пилотных проектов) в гидрологии для ускорения внедрения научных достижений в оперативную гидрологию, например, в части деятельности ВМО по поддержке НГМС в процессе управления паводками [16].

Вклад оперативной гидрологии в Инициативу “Заблаговременные предупреждения для всех”

Большинство задач, указанных в Планах действий, направлены на улучшение систем гидрологического прогнозирования и раннего предупреждения, в частности прогнозирования и оповещения о риске формирования паводков различного происхождения, а также о формировании неблагоприятно и опасно низкой водности на реках. Поддержка развития национальных систем раннего оповещения является фундаментом для реализации Инициативы “Заблаговременные предупреждения для всех”, результатом которой должно явиться своевременное и эффективное предупреждение об опасных явлениях гидрометеорологического характера. Реализация инициативы осуществляется на нескольких уровнях – на глобальном уровне создана “Глобальная система оповещения о многих опасных

явлениях” (GMAS), которая интегрирует в себе все штормовые предупреждения, выпускаемые НГМС, например в рамках системы «Метеопредупреждения» Росгидромета (<https://meteoinfo.ru/hdmapsmeteoalarmszfo>), и выполняет отображение оповещений в рамках т. н. монитора опасных явлений (рис. 3).

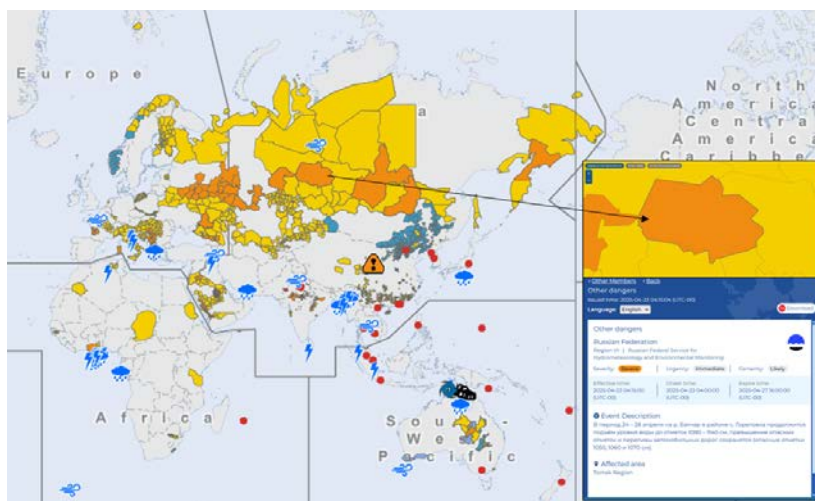


Рис. 3. Глобальная система оповещения о многих опасных явлениях (<https://severeweather.wmo.int/>).

Fig. 3. Global Multi-Hazard Alert System (<https://severeweather.wmo.int/>).

На национальном уровне План действий по гидрологии содействует поддержке и развитию систем заблаговременных предупреждений НГМС об опасных явлениях гидрологического характера путем предоставления моделей, методов и технологий гидрологического прогнозирования; реализации пилотных проектов в области прогнозов; реализации систем прогнозирования быстроразвивающихся паводков; а также путем усиления потенциала НГМС в части гидрологического мониторинга, прогнозирования, вопросов оценки и управления водными ресурсами.

Проекты в области гидрологии

Система раннего предупреждения о быстроразвивающихся паводках FFGS

Быстроразвивающиеся паводки относятся к одним из наиболее опасных явлений гидрологического характера, они формируются в горных районах на небольших водосборах при выпадении интенсивных ливней и характеризуются высокой скоростью формирования (как правило до 6 часов с момента начала дождя). Начиная с 2004 года ВМО совместно с партнерами выполняет разработку и внедрения системы прогнозирования паводков (FFGS) путем внедрения специализированных моделей в НГМС,

подверженных таким наводнениям [23]. При этом используется максимально возможный набор метеорологической продукции, в том числе выходная продукция численных прогнозов погоды, радарные данные и спутниковая информация (рис. 4). Система предоставляет информацию о риске формирования паводков на малых горных водосборах и таким образом служит дополнительным источником информации для национальных систем заблаговременного предупреждения о паводках и наводнениях.

В качестве входной информации система использует фактические данные об осадках и температуре воздуха на сети метеорологических станций, радарную информацию (при наличии), спутниковую продукцию об осадках для формирования поля осадков, метеорологический прогноз (либо метеорологическую модель НГМС, либо метеорологические прогнозы региональных моделей). В качестве расчетной основы используется гидрологическая модель SACSMA совместно с моделью динамики снежного покрова SNOW-17, реализованные для малых водосборов площадью от 25 до 200 км² [10]. Выполняется прогноз критического слоя стока, который приводит при данных условиях к выходу воды на пойму в замыкающем створе речного водосбора в ближайшие часы. Система реализована более чем в 80 странах.

Стоит отметить, что в последнее время программа по внедрению и поддержке системы FFGS испытывает сложности, связанные с бюджетом. Несмотря на это функционирование системы продолжается во многих странах с паводковым режимом рек в горных районах.

Пилотные проекты по прогнозу паводков ВМО - Google и центров глобальных прогнозов

Моделирование и прогноз паводков с помощью методов искусственного интеллекта в последние годы достигли существенных результатов и распространения в оперативной практике прогнозов. Следует отметить, что в данной области также и преуспели крупные компании (например, *Google*), предоставляющие выходную продукцию моделирования паводков с использованием методов глубокого обучения в рамках открытого веб-приложения *Flood Hub* (<https://sites.research.google/floods/>).

Для развития государственно-частного партнерства начиная с 2022 года разрабатывается совместный пилотный проект ВМО – *Google* для обеспечения как интересов НГМС, так и повышения эффективности моделирования и прогнозирования моделями *Google*. Эксперты постоянного комитета по гидрологическому обслуживанию вовлечены в реализацию пилотного проекта, выполняемого в настоящий момент для четырех стран (Уругвай, Нигерия, Чехия и Вьетнам). Одна из целей проекта заключается в сравнении выходной продукции моделей *Google* с традиционными методами и моделями, используемыми в оперативном гидрологическом прогнозировании НГМС.

В 2025 году был дан старт пилотного проекта по прогнозированию паводков с участием глобальных центров моделирования и прогнозирования паводков, в том числе *Glofas*, *SMHI*, *Deltares*, *NASA* и *DHI*.

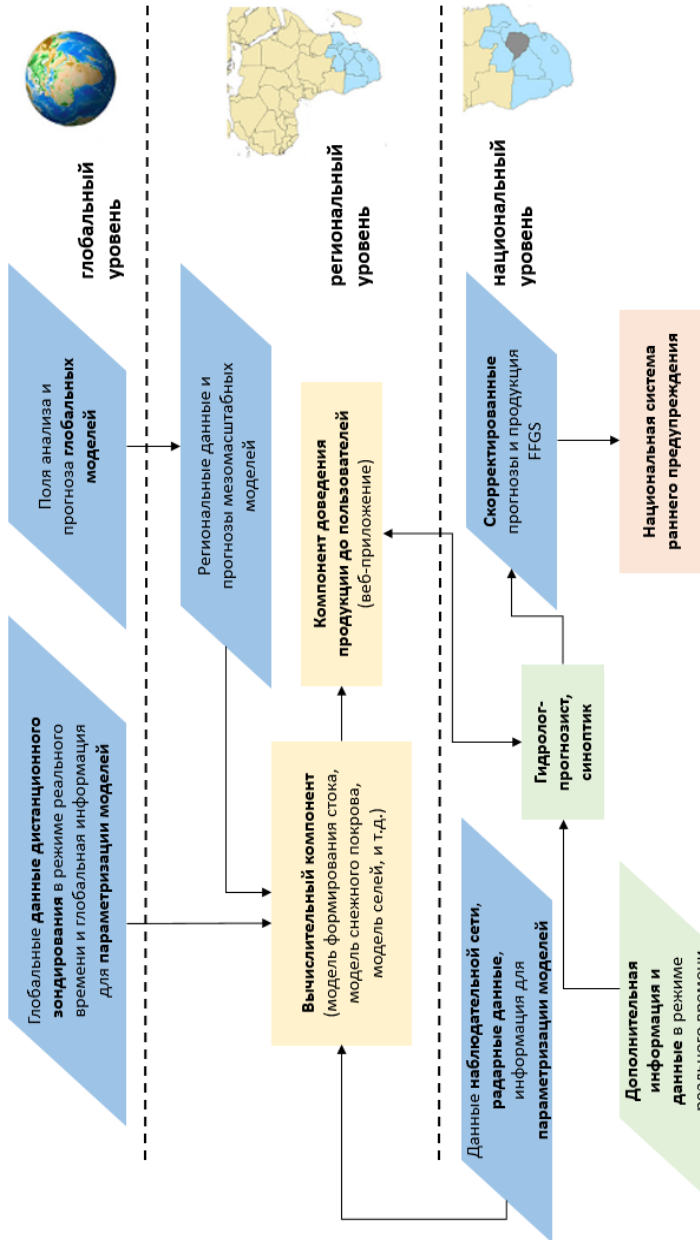


Рис. 4. Функциональная структура системы FFGS [10].
 Fig. 4. Functional structure of the FFGS [10].

В результате реализации пилотного проекта будет приведен анализ применимости выходной продукции глобальных центров в задачах оперативного гидрологического прогнозирования, а также разработан проект требований НГМС к продукции глобальных центров. На основе реализованного пилотного проекта будут сформулированы требования по включению центров глобального прогнозирования в систему ВМО по интегрированной обработке данных и прогнозированию.

Система по оценке гидрологического статуса и ориентировочного прогнозирования (ГидроСОП)

Долгосрочные гидрологические прогнозы с заблаговременностью месяц, сезон и более традиционно представляют собой большой интерес со стороны пользователей гидрологической продукции. Для поддержки НГМС ВМО разрабатывает и внедряет систему гидрологического статуса (состояния водных объектов) и так называемого «ориентировочного» прогнозирования ГидроСОП, под чем подразумевается выпуск долгосрочных прогнозов (на месяц и сезон) различных элементов характеристик водного стока рек. Основной входной информацией для системы являются данные наблюдений, поступающие в рамках Информационной системы ВМО ВИС2.0. На основе ежедневных данных расходов воды система производит расчет среднемесячных значений, а также расчет обеспеченности с использованием статистического анализа рядов. Для прогноза водности используются выходы центров глобальных прогнозов, рассмотренных выше. Показатели водности приводятся к водосборам (рис. 5). Для моделирования и выпуска долгосрочного прогноза могут быть также использованы национальные модели и методики прогноза в случае наличия и доступности их выходной продукции в системе.

Ежегодный отчет ВМО о состоянии водных ресурсов

Один из важнейших видов продукции ВМО является годовой отчет о состоянии водных ресурсов [21]. Отчет содержит сведения об аномалиях речного стока, притока воды в водохранилища, уровня озер, характеристик снежного покрова, а также осадков и температурного режима. Отдельная секция отчета посвящена опасным гидрологическим явлениям, произошедшим в отчетном году. Отчет основан на данных наблюдений Членов ВМО, также используется выходная продукция глобальных гидрологических моделей.

Несмотря на утвержденную Всемирным метеорологическим конгрессом [4] «новую» политику данных ВМО, информация о расходах воды поступает в центр данных о речном стоке ВМО далеко не от всех Членов ВМО, что существенно затрудняет производство глобальной выходной продукции (в 2024 году поступило данных о расходах воды с 713 гидрологических постов). Тем не менее на основе имеющихся данных о расходах

воды, а также информации об аномалиях стока, производится верификация глобальных гидрологических моделей и производство информационно-аналитической продукции о водности рек: на рис. 6 представлена карта аномалий речного стока в 2023 году [21].

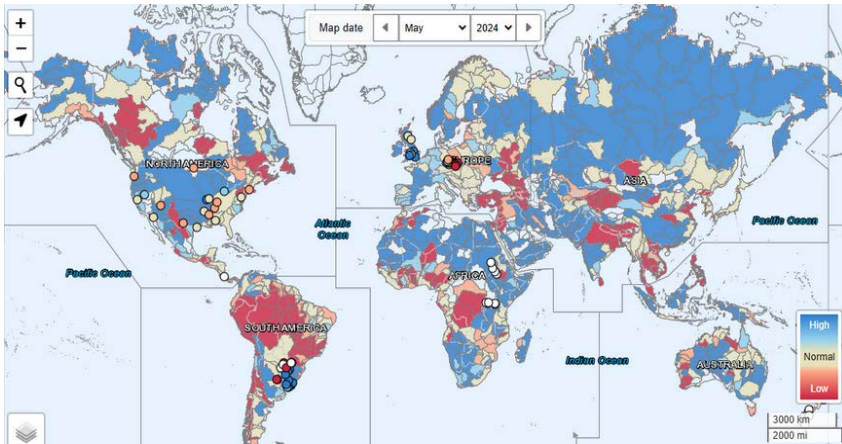


Рис. 5. Вид монитора системы ГидроСОП с указанием долгосрочного прогноза, выпущенного в конце апреля 2024 года, аномалий водности рек (синий цвет – больше нормы, бежевый – около нормы и красный – ниже нормы).
Fig. 5. HydroSoS monitor with indication of long-term streamflow forecast, issued in the end of April 2024 (blue – above average, beige – around average, red – below average).

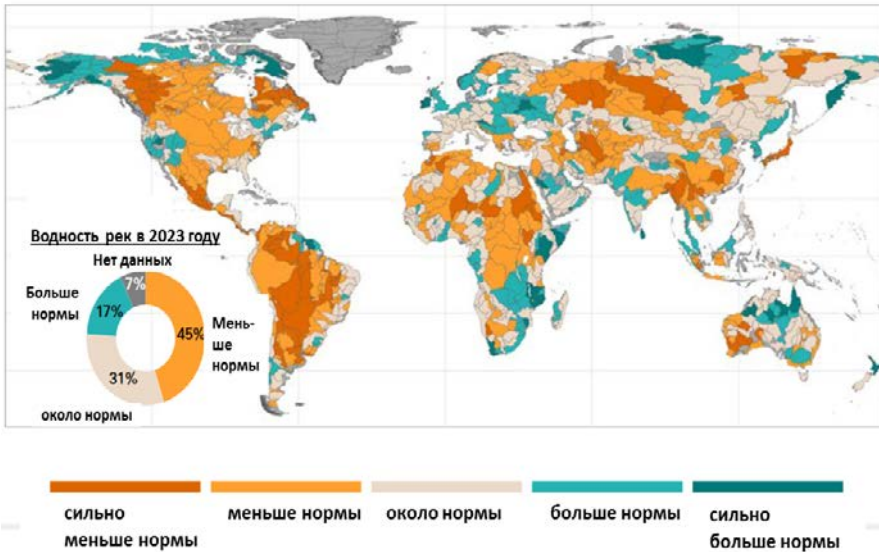


Рис. 6. Речной сток (относительно нормы) в 2023 году.
Fig. 6. Streamflow (relative to climatology) in 2023.

Согласно последнему докладу, 2023 год стал наиболее засушливым годом для рек по всему миру за последние три десятилетия, что вызывает существенные проблемы с водопотреблением и водопользованием во многих речных бассейнах, прежде всего в странах с засушливым климатом.

Система динамической оценки водных ресурсов DWAT

Начиная с 2012 года ВМО координирует разработку методов, моделей и программных средств для поддержки решений в области оценки и управления водными ресурсами. Система динамической оценки водных ресурсов (DWAT), разработанная Институтом по строительству и технологиям Республики Кореи, представляет собой комплекс моделей для оценки составляющих водного баланса речных бассейнов, реализованных в виде некоммерческих программных средств [12]. Благодаря схемам описания большинства процессов гидрологического цикла, удобного пользовательского интерфейса, доступности для загрузки и наличия руководства пользователя система DWAT зарекомендовала себя в качестве эффективного средства оценки основных составляющих водного баланса речных бассейнов в различных природных зонах. Система прошла апробацию более чем в 20 странах с различными физико-географическими и климатическими условиями, в том числе в России на территории Верхней Оки. В выполненной ФГБУ «Гидрометцентр России» работе было показано, что для условий умеренно-континентального климата русской равнины система справилась с моделированием процесса формирования стока как на суточном, так и на месячном расчетных интервалах. Применение алгоритма коррекции выходных расчетов системы DWAT существенно повышает качество прогнозирования [1] (таблица).

Таблица. Показатели качества расчетов и прогнозов среднемесячных расходов воды

Table. Monthly streamflow forecasts efficiency criteria

Среднемесячные расходы воды			Прогноз без коррекции			Прогноз с коррекцией		
Река	Створ	R	S	S/σ	NSE	S	S/σ	NSE
Упа	Орлово	0,94	21,4	0,61	0,63	12,2	0,35	0,88
Жиздра	Козельск	0,91	22,2	0,62	0,62	14,7	0,41	0,83
Угра	Товарково	0,87	65,9	0,66	0,57	48,9	0,49	0,76
Ока	Калуга	0,98	154	0,51	0,74	96,7	0,32	0,90

Примечание: R – коэффициент корреляции; S – средняя квадратическая ошибка прогноза; S/σ – показатель эффективности методики прогноза [8, 9]; NSE – показатель методики прогноза Нэша – Сатклифа [14].

На основе использования DWAT в ФГБУ «Гидрометцентр России» разработана методика долгосрочного прогнозирования среднемесячных расходов воды на реках бассейна Оки. В таблице приведены показатели качества прогнозов среднемесячных расходов воды в створе р. Ока – г. Калуга для периода 2005–2022 годов.

Показатели эффективности методики соответствуют удовлетворительной и хорошей (в случае коррекции) эффективности прогнозов. Помимо использования различных моделей формирования стока, программное обеспечение DWAT снабжено удобным пользовательским интерфейсом, руководством пользователя [12], свободно устанавливается (<https://wmo.int/activities/dynamic-water-resources-assessment-tool-dwat>), что позволяет производить его адаптацию и внедрение для требуемых речных бассейнов.

Нормативные материалы

Всемирная метеорологическая организация определяет международные стандарты в области гидрометеорологии, включая оперативную гидрологию. Основным документом, содержащим стандарты и рекомендуемые практики, является Технический регламент ВМО, который состоит из трех томов и приложений, публикуемых отдельными документами. Том III Технического регламента «Гидрология» содержит стандарты и рекомендуемые практики в области оперативной гидрологии [2]. Технический регламент утверждается Конгрессом ВМО и является обязательным к исполнению в части стандартов (если в тексте используется «*необходимо следовать*») и рекомендуемым к исполнению (если в тексте используется «*рекомендуется следовать*») в части рекомендованных практик.

Приложения к Техническому регламенту публикуются в виде самостоятельных изданий, так называемых Руководств (англ. – *Manuals*). Они содержат более детальное рассмотрение конкретной предметной области гидрологии, например, оперативное прогнозирование и оповещению о паводках и наводнениях – *Руководство по прогнозам и раннему оповещению о паводках* [17].

В дополнении к Техническому регламенту и Руководствам ВМО координирует работу по производству многочисленных Наставлений (англ. – *Guides* и *Guidelines*), которые не относятся к нормативным материалам, но содержат информацию и примеры успешной реализации тех или иных аспектов оперативной гидрологии, которые НГМС могут принять во внимание при решении той или иной проблемы и руководствоваться в повседневной практике. К Наставлениям относятся, например, *Наставление по оценке эффективности гидрологических прогнозов* [22], *Наставление по оценке систем раннего предупреждения о паводках* [18]. Данные публикации и многие другие публикации Всемирной метеорологической организации доступны на сайте электронной библиотеки ВМО (<https://library.wmo.int/>).

Цифровая трансформация в гидрологии

На второй сессии Постоянного комитета по гидрологическому обслуживанию была создана *Рабочая группа по цифровой трансформации в области гидрологии и водных ресурсов*, основное внимание которой сосредоточено на внедрении новых технологий (в т. ч. на основе методов искусственного интеллекта) в оперативной гидрологии. К задачам Рабочей группы относятся выявление новых появляющихся технологий и оценка возможности их применения в оперативной гидрологии, разработка нормативного и учебного материала в области цифровой трансформации в гидрологии, разработка и внедрение пилотных (демонстрационных) проектов с привлечением новых технологий и государственно-частного партнерства. В частности, рабочая группа принимает участие в реализации пилотного проекта ВМО – Google по прогнозированию паводков, глобального проекта по прогнозированию паводков (совместно с группами экспертов ИНФКОМ), а также других инициатив ВМО, связанных с вопросами цифровой трансформации деятельности НГМС.

Государственно-частное партнерство

В последнее десятилетие заметно увеличилось вовлечение частного сектора в решение задач гидрометеорологии, в том числе гидрологии. В 2019 году Всемирный метеорологический конгресс утвердил политику высокого уровня ВМО в отношении взаимодействия между государственным и частным секторами под названием *Женевская декларация 2019 года*. Она заложила основу для перехода к новому формату сотрудничества между НГМС и представителями частного и академического секторов. Основные принципы взаимодействия НГМС с частным сектором для принятия мер в области погоды, климата и воды отражены в *Руководящих принципах взаимодействия между государственным и частным секторами* [3]. К основным принципам такого сотрудничества относятся необходимость совместного достижения прогресса в решении задач, сформулированных Конвенцией ВМО (в том числе защита жизни и имущества, охрана окружающей среды и т. д.), взаимодействие, приносящее общую пользу и устойчивое развитие наблюдательной инфраструктуры, гидрометеорологического обслуживания. Особо подчеркивается необходимость соблюдения авторитета НГМС как единого источника предупреждений о погодных и гидрологических явлениях природного характера [3].

Один из примеров государственно-частного партнерства в гидрологии, развиваемого под эгидой ВМО, является пилотный проект «ВМО – Google», подразумевающий внедрение системы прогноза уровня воды, а также области затопления на основе методов искусственного интеллекта, данных наблюдений на гидрологических постах, космической информации, а также метеорологических прогнозов. Одна из основных

задач пилотного проекта: сформировать принципы взаимовыгодного сотрудничества НГМС и частного сектора в области производства и выпуска гидрологических прогнозов. С этой целью осуществляется взаимодействие между рядом НГМС и компанией Google в части совместного использования данных наблюдений, моделирования и выпуска гидрологических прогнозов, использования прогностической информации гидрологом-прогнозистом для выпуска прогностической продукции (в том числе штормовых предупреждений), доведение до широкого круга пользователей с помощью платформы *Google FloodHub*. Такое взаимодействие выполняется с учетом соблюдения принципа авторитета НГМС в области выпуска прогностической продукции.

Центры данных ВМО и обмен гидрологическими данными

Данные наблюдений за состоянием водных объектов играют ключевую роль при реализации региональных и глобальных программ ВМО в области предоставления НГМС гидрологической информационно-аналитической и прогностической продукции. В период проведения внеочередной сессии Всемирного метеорологического конгресса в 2021 году была рассмотрена и утверждена Единая политика ВМО в области международного обмена данными о системе Земля [4], которая постановила расширить и активизировать свободный и неограниченный международный обмен гидрометеорологическими данными. При этом были выделены “базовые данные”, которые Члены ВМО должны предоставлять на свободной и неограниченной основе для создания систем гидрологического обслуживания в поддержку защиты жизни и имущества, а также “рекомендуемые данные”, которые Члены ВМО могут предоставлять для поддержки деятельности по гидрологическому мониторингу и прогнозированию. К базовым данным относятся в том числе данные наблюдений за уровнем и расходом воды со станций опорной гидрологической сети, спутниковые данные для поддержки систем гидрологического прогнозирования, выходная продукция региональных и глобальных гидрологических моделей. К рекомендуемым данным относятся все наблюдения с гидрологических постов.

Данные наблюдений используются, в частности, в рамках региональных проектов по прогнозированию прибрежных наводнений [15, 19], проекте по оценке быстроразвивающихся паводков, в пилотном проекте ВМО – Google. Данные наблюдений за расходами воды используются в том числе для составления ежегодного отчета о глобальных водных ресурсах [21].

В качестве центра данных по гидрологии выступают три мировых центра данных: Глобальный центр данных по стоку в г. Кобленц (Германия), Международный центр по оценке ресурсов подземных вод в г. Амстердам (Нидерланды) и Международный центр данных по гидрологии озер и

водохранилищ в Санкт-Петербурге [7]. Их вклад заключается в поддержании связей с поставщиками данных, размещении баз данных, обеспечении доступа к данным для пользователей, предоставлении возможностей для восстановления данных, а также в выполнении других функций, таких как стандартизация управления данными, наращивание потенциала и экспертиза в рамках специализированных проектов ВМО.

Усиление потенциала в гидрологии

Всемирная метеорологическая организация уделяет большое внимание развитию потенциала НГМС стран-членов ВМО, осуществляется поддержка гидрометеорологических служб путем создания нормативных материалов, развития проектов продуцирования информационно-аналитической и прогностической продукции. Создание экспертных сообществ в области гидрологического моделирования и прогнозирования сопровождается подготовкой учебных материалов для использования НГМС на практике. Секретариат ВМО совместно с экспертами Постоянного комитета по гидрологическому обслуживанию и Координационной группой экспертов по повышению потенциала работают над решением данного круга задач [11].

В частности, поддержка НГМС стран-членов ВМО в области наращивания потенциала для прогнозирования паводков заключается не только в предоставлении результатов прогнозирования, но и в создании условий для самостоятельного развития потенциала в области гидрологического прогнозирования путем совершенствования собственных систем раннего предупреждения о паводках и наводнениях на реках. С этой целью разработано и выпущено Руководство по оценке систем раннего оповещения о наводнениях [18], которое призвано предоставить НГМС возможность проведения самостоятельной оценки системы прогнозов с дальнейшим руководством по ее совершенствованию. Выпуск в свет данного Руководства сопровождалось проведением семинара по его применению на практике для сотрудников региональных учебных центров ВМО.

Развивается так называемое сообщество практиков ВМО, которое включает следующие компоненты:

- рассмотренное выше оценочное Руководство в электронном виде;
- список моделей и платформ, рекомендуемых для внедрения в оперативную практику НГМС при прогнозировании тех или иных типов паводков [20], и руководства пользователей для дальнейшей адаптации и внедрения на национальном уровне при необходимости;
- руководства и наставления в области оперативной гидрологии;
- веб-страница сообщества практиков, содержащая все инструменты для поддержки НГМС в области прогноза паводков, а также форум специалистов для общения.

Заключение

Всемирная метеорологическая организация предоставляет НГМС стран-членов ВМО поддержку в виде широкого спектра нормативного материала, проектов по предоставлению информационно-аналитической и прогностической продукции, обучающих материалов, курсов и семинаров для повышения потенциала НГМС и их способности выполнять гидрологическое обслуживание широкого круга потребителей на самом высоком уровне. При этом учитываются возникающие тенденции, в том числе широкое использование комплексного междисциплинарного подхода на основе «системы Земля»; вовлечение частного сектора в процесс гидрометеорологического обслуживания; технологии, открывающие новые возможности для цифровой трансформации гидрометеорологических служб.

К основным вызовам, стоящим перед гидрологией ВМО в последние годы, можно отнести поиск оптимального места гидрологии в организационном процессе. Постреформенный период ВМО ознаменовался переходом к комплексному подходу к гидрометеорологическим дисциплинам, в том числе к гидрологии. Это имеет как сильные стороны, так и создает некоторые риски, особенно в части координации и видимости гидрологии для НГМС, а также для международных организаций.

Поиск эффективного механизма координации многочисленных экспертных групп ВМО в области гидрологии относится к основной задаче организации, которое позволит устранить управленческие риски и риски дублирования действий. Поиск необходимого баланса между интегрированностью гидрологии в рамках комплексного подхода ВМО и обеспечение достаточной степени ее обособленности для эффективного решения задач является одной из основных предпосылок для развития организации.

К рискам можно отнести и снижение степени обсуждения задач оперативной гидрологии на межправительственном уровне. Такое обсуждение проводится на сессиях технических комиссий ВМО, а также в ходе сессий Всемирного метеорологического конгресса в части Гидрологической ассамблеи. Безусловно, увеличение времени обсуждения вопросов гидрологии во время проведения технических комиссий, когда Члены ВМО могут детально обсуждать оперативный план комиссии в части гидрологии, внести коррективы в существующие и предлагать новые задачи, только приветствуется. Также пойдет на пользу и детальная координация действий на уровне Технического координационного комитета.

В последнее время достаточно остро стоит вопрос о запуске новой программы по прогнозированию паводков различного генезиса на основе современных методов и моделей, открытых программных средств с привлечением НГМС, готовых выступить в качестве центров предоставления обслуживания в области прогнозирования паводков и наводнений.

Несмотря на существующие вызовы, Всемирная метеорологическая организация продолжает предоставлять Членам ВМО ведущую поддержку в области решения круга гидрологических задач на самом высоком уровне,

а международным организациям и Правительствам – авторитетные рекомендации в области мониторинга состояния водных объектов, гидрологических расчетов и прогнозов, оценки водных ресурсов и других задач гидрологии.

Список литературы

1. *Борщ С.В., Симонов Ю.А., Христофоров А.В.* Методы коррекции прогнозов речного стока // Гидрометеорологические исследования и прогнозы. 2020. № 1 (375). С. 162–175.
2. ВМО-№ 49. Технический регламент ВМО. Том III – Гидрология. Всемирная метеорологическая организация, 2021. 80 с.
3. ВМО-№ 1258. Руководящие принципы взаимодействия между государственным и частным секторами. Всемирная метеорологическая организация, 2024. 72 с.
4. ВМО-№ 1281. Всемирный метеорологический конгресс. Всемирная метеорологическая организация, 2021. 269 с.
5. ВМО-№ 1319. Перспективное видение, Стратегия и соответствующий План действий в области гидрологии и Стратегия гидрологических исследований ВМО. Всемирная метеорологическая организация, 2023. 67 с.
6. ВМО-№ 1352. СЕРКОМ-3. Комиссия по метеорологическим, климатическим, гидрологическим, морским и смежным обслуживанию и применениям в области окружающей среды. Сокращенный окончательный отчет третьей сессии. Бали, Индонезия, 4–9 марта 2024 года. Всемирная метеорологическая организация, 2024. 860 с.
7. *Вуглинский В.С.* Решение комиссии по наблюдениям, инфраструктуре и информационным системам ВМО по вопросам деятельности Глобальных центров данных // Ежегодный информационный бюллетень. 2024. № 14. С. 3–4.
8. *Руководство по гидрологическим прогнозам.* Вып. 1. Долгосрочные прогнозы элементов водного режима рек и водохранилищ. Л.: Гидрометеоиздат, 1989. 356 с.
9. *Руководство по гидрологическим прогнозам.* Вып. 2. Краткосрочные прогнозы расхода и уровня воды на реках. Л.: Гидрометеоиздат, 1989. 245 с.
10. *Georgakakos K.P., Modrick T.M., Shamir E., Campbell R., Cheng Zh., Jubach, R., Sperflage J.A., Spencer C., Banks R.* The Flash Flood Guidance System Implementation Worldwide: A Successful Multidecadal Research-To-Operations Effort. Bulletin of the American Meteorological Society. 2021. Vol. 103, is. 3. P. E665-E679. DOI: 10.1175/BAMS-D-20-0241.1.
11. Global Campus Innovations. Volume III – Collaboration in Education and Training. ETR-27. World Meteorological Organization, 2020.
12. *Kim S., Jang Ch., Kim H., JO Hs., Kim Hr.* DWAT – User’s Manual V1.0. Han River Flood Control Office, Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology (KICT), 2018. 111 p.
13. *Kim H.* Management of Water Resources on the Han River. Korea, 2021. DOI: 10.1002/9781119531241.ch21.
14. *Nash J.E., Sutcliffe J.V.* River flow forecasting through conceptual models. Part 1 – A discussion of principles // Journal of Hydrology. 1970. Vol. 10. P. 282-290.
15. *Swail V., Grimes S., Pilon P., Canterford R., Simonov Y.* Early warnings of coastal inundation // WMO Bulletin. 2019. Vol. 68, № 2. P. 49-55.
16. *Teruggi G., Riboldi I., Pilon P., Muste M.* The role of research and science in WMO flood management activities. 1916-1922. 2016.
17. WMO-No. 1072. Manual on Flood Forecasting and Warning. World Meteorological Organization, 2011. 142 p.
18. WMO-No. 1286. Assessment Guidelines for End-to-End Flood Forecasting and Early Warning Systems. World Meteorological Organization, 2022. 36 p.
19. WMO-No. 1293. Guidelines on Implementation of a Coastal Inundation Forecasting–Early Warning System. World Meteorological Organization, 2022. 61 p.
20. WMO-No. 1345. Guidelines on the Inventory of Interoperable Models and Platforms for Flood Forecasting and Early Warning Systems. World Meteorological Organization, 2023.

21. WMO-No. 1362. State of Global Water Resources. 2023 Report. 2024. 80 p. <https://wmo.int/topics/floods>.

22. WMO-No. 1364. Guidelines on the Verification of Hydrological Forecasts. World Meteorological Organization, 2025

23. Cheng Zh., Jubach R., Sperflage J.A., Spencer C.R., Banks R. The Flash Flood Guidance System Implementation Worldwide. A Successful Multidecadal Research-to-Operations Effort // Bulletin of the American Meteorological Society. 2022. Vol. 103, is. 3. P. 665-669.

References

1. Borsch S.V., Khristoforov A.V., Simonov Y.A. Methods for the streamflow forecast correction. *Gidrometeorologicheskie issledovaniya i prognozy [Hydrometeorological Research and Forecasting]*, 2020, vol. 375, no. 1, pp. 162-175. [in Russ.].

2. VMO-№ 49. Tekhnicheskiy reglament VMO. Tom III – Gidrologiya. Vsemirnaya meteorologicheskaya organizatsiya, 2021, 80 p. [in Russ.].

3. VMO-№ 1258. Rukovodyashchie principy vzaimodeystviya mezhdru gosudarstvennym i chastnym sektorami. Vsemirnaya meteorologicheskaya organizatsiya, 2024, 72 p. [in Russ.].

4. VMO-№ 1281, Vsemirnyy meteorologicheskii kongress. Vsemirnaya meteorologicheskaya organizatsiya, 2021, 269 p. [in Russ.].

5. VMO-№ 1319. Perspektivnoe videnie, Strategiya i sootvetstvuyushchiy Plan deystviy v oblasti gidrologii i Strategiya gidrologicheskikh issledovaniy VMO. Vsemirnaya meteorologicheskaya organizatsiya, 2023, 67 p. [in Russ.].

6. VMO-№ 1352. SERKOM-3. Komissiya po meteorologicheskim, klimaticheskim, gidrologicheskim, morskim i smezhnym obsluzhivaniyu i primeneniym v oblasti okruzhayushchey sredy. Sokrashchennyy okonchatel'nyy otchet tret'ey sessii. Bali, Indoneziya, 4–9 marta 2024 goda. Vsemirnaya meteorologicheskaya organizatsiya, 2024, 860 p. [in Russ.].

7. Vuglinskiy V.S. Reshenie komissii po nablyudeniym, infrastrukture i informatsionnym sistemam VMO po voprosam deyatel'nosti Global'nyh centrov dannyh. Ezhegodnyy informatsionnyy byulleten'. 2024, no. 14, pp. 3-4 [in Russ.].

8. Rukovodstvo po gidrologicheskim prognozam. Vyp. 1. Dolgosrochnye prognozy elementov vodnogo rezhima rek i vodohranilishch. Leningrad, Gidrometeoizdat publ., 1989, 356 p. [in Russ.].

9. Rukovodstvo po gidrologicheskim prognozam. Vyp. 2. Kratkosrochnye prognozy rashkoda i urovnya vody na rekah. Leningrad, Gidrometeoizdat publ., 1989, 245 p. [in Russ.].

10. Georgakakos K.P., Modrick T.M., Shamir E., Campbell R., Cheng Zh., Jubach R., Sperflage J.A., Spencer C., Banks R. The Flash Flood Guidance System Implementation Worldwide: A Successful Multidecadal Research-To-Operations Effort. Bulletin of the American Meteorological Society, 2021, vol. 103, no. 3. P. E665-E679. DOI: 10.1175/BAMS-D-20-0241.1.

11. Global Campus Innovations. Volume III – Collaboration in Education and Training. ETR-27. World Meteorological Organization, 2020.

12. Kim S., Jang Ch., Kim H., JO Hs., Kim Hr. DWAT – User's Manual V1.0. Han River Flood Control Office, Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology (KICT), 2018, 111 p.

13. Kim H. Management of Water Resources on the Han River. Korea, 2021. DOI: 10.1002/9781119531241.ch21.

14. Nash J.E., Sutcliffe J.V. River flow forecasting through conceptual models. Part 1 – A discussion of principles. *Journal of Hydrology*, 1970, vol. 10, pp. 282-290.

15. Swail V., Grimes S., Pilon P., Canterford R., Simonov Y. Early warnings of coastal inundation. *WMO Bulletin*, 2019, vol. 68, no. 2, pp. 49-55.

16. Teruggi G., Riboldi I., Pilon P., Muste M. The role of research and science in WMO flood management activities. 1916-1922, 2016.

17. WMO-No. 1072. Manual on Flood Forecasting and Warning. World Meteorological Organization, 2011, 142 p.

18. WMO-No. 1286. Assessment Guidelines for End-to-End Flood Forecasting and Early Warning Systems. World Meteorological Organization, 2022, 36 p.
19. WMO-No. 1293. Guidelines on Implementation of a Coastal Inundation Forecasting–Early Warning System. World Meteorological Organization, 2022, 61 p.
20. WMO-No. 1345. Guidelines on the Inventory of Interoperable Models and Platforms for Flood Forecasting and Early Warning Systems. World Meteorological Organization, 2023.
21. WMO-No. 1362. State of Global Water Resources. 2023 Report, 2024, 80 p. Available at: wmo.int/topics/floods
22. WMO-No. 1364. Guidelines on the Verification of Hydrological Forecasts. World Meteorological Organization, 2025.
23. Cheng Zh., Jubach R., Sperflage J.A., Spencer C.R., Banks R. The Flash Flood Guidance System Implementation Worldwide. A Successful Multidecadal Research-to-Operations Effort. Bulletin of the American Meteorological Society, 2022, vol. 103, no. 3, pp. 665-669.

*Поступила 26.05.2025; одобрена после рецензирования 04.06.2025;
принята в печать 18.06.2025.*

*Submitted 26.05.2025; approved after reviewing 04.06.2025;
accepted for publication 18.10.2025.*