

## К проблеме планирования и реализации противопаводковых мероприятий

А.В. Шаликовский<sup>1</sup>  , М.В. Болгов<sup>2</sup> , А.П. Лепихин<sup>3,4</sup> 

 [vostokniivh@mail.ru](mailto:vostokniivh@mail.ru)

<sup>1</sup> ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт комплексного использования и охраны водных ресурсов», Восточный филиал, г. Чита, Россия

<sup>2</sup> ФГБУН «Институт водных проблем Российской академии наук», Москва, Россия

<sup>3</sup> ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт комплексного использования и охраны водных ресурсов», Камский филиал, г. Пермь, Россия

<sup>4</sup> Пермский федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук, г. Пермь, Россия

### АННОТАЦИЯ

**Актуальность.** Чрезвычайные ситуации последних лет, вызванные наводнениями, заставляют задуматься о достаточности и адекватности осуществляемых превентивных технических мероприятий, направленных на защиту территорий от затопления. В сложившихся условиях акцент должен сместиться от борьбы с естественными гидрологическими процессами к комплексу мер, направленных на устранение причин возникновения ущерба от наводнений. **Методы.** В основе предлагаемого подхода лежит анализ действующего законодательства и международного опыта интегрированного управления различными аспектами наводнений. **Результаты.** Представленное видение решения рассматриваемой проблемы основано на необходимости применения оптимизированного комплекса административных, экономических, инженерно-технических и информационных мер, направленных на снижение факторов риска и предотвращение роста ущерба от наводнений в будущем. Сформулированы предложения по решению первоочередных вопросов правового регулирования и охарактеризованы подходы к корректному обоснованию превентивных мероприятий и оценки их эффективности.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** речные поймы, наводнения, опасность наводнений, ущерб от наводнений, управление риском наводнений.

**Для цитирования:** Шаликовский А.В., Болгов М.В., Лепихин А.П. К проблеме планирования и реализации противопаводковых мероприятий // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2024. № 4. С. 25–42. DOI:10.35567/19994508-2024-4-25-42.

Дата поступления 10.06.2024.

### ON THE PROBLEM OF THE FLOOD CONTROL MEASURES PLANNING AND IMPLEMENTING

Andrei V. Shalikovskiy<sup>1</sup>  , Mikhail V. Bolgov<sup>2</sup> , Anatoly P. Lepikhin<sup>3,4</sup> 

 [vostokniivh@mail.ru](mailto:vostokniivh@mail.ru)

<sup>1</sup>Russian Research Institute for Integrated Water Management and Protection Eastern Branch, Chita, Russia

<sup>2</sup>Water Problems Institute of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

<sup>3</sup>Russian Research Institute for Integrated Water Management and Protection Kama Branch, Perm, Russia

<sup>4</sup>Perm Federal Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Perm, Russia

© Шаликовский А.В., Болгов М.В., Лепихин А.П., 2024

## ABSTRACT

**Relevance.** Emergencies in recent years caused by floods make us to think about the sufficiency and adequacy of the preventive technical measures taken to protect territories from flooding. In the current conditions, the emphasis should shift from the fight against natural hydrological processes to a set of measures aimed at eliminating the causes of flood-caused damage increasing.

**Methods.** The proposed approach is based on an analysis of current legislation and international experience in integrated management of various aspects of floods. **Results.** The presented vision for solving the problem under consideration is based on the need to apply an optimized set of administrative, economic, engineering and information measures aimed at reducing risk factors and preventing the growth of damage from floods in future. The work provides specific proposals for solving priority problems of legal regulation and describes approaches to the proper reasoning of preventive measures and assessment of their effectiveness.

**Keywords:** river floodplains, floods, flood hazard, flood damage, flood risk management

**For citation:** Shalikovskiy A.V., Bolgov M.V., Lepikhin A.P. On the problem of the flood control measures planning and implementing. *Water Sector of Russia: Problems, Technologies, Management*. 2024. No.4. P. 25–42. DOI:10.35567/19994508-2024-4-25-42.

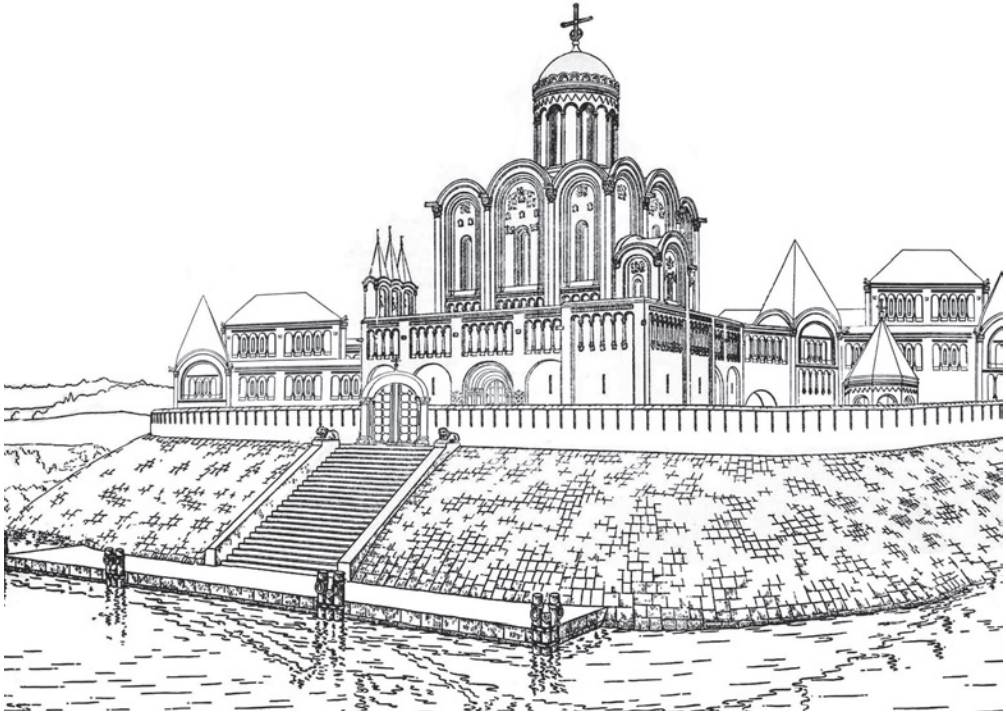
Received 10.06.2024.

## ВВЕДЕНИЕ

Наблюдаемые в нашей стране чрезвычайные ситуации, связанные с прохождением паводков, заставляют задуматься о корректности самих принципов и механизмов проведения противопаводковых мероприятий. Парадокс сложившейся ситуации заключается в том, что в отличие от других стихийных бедствий современные гидрологические расчеты в совокупности с методами математического моделирования позволяют с допустимой погрешностью заблаговременно определить масштабы затопления. Но значительная часть населения полагает, что проживание в речных поймах более предпочтительно по сравнению с потенциальной угрозой затопления, в случае которого «доброе государство» поможет.

При этом масштабные наводнения в городах Ленск (2001 г.), Крымск (2012 г.), Тулун (2019 г.), Орск (2024 г.) представляются некоторыми частными случаями по сравнению с построенной в ежегодно затопляемой пойме шедевре древнерусского зодчества – церковью Покрова на Нерли, которая за почти 900 лет ни разу не подвергалась затоплению, т. к. на самом деле была возведена на искусственном холме (рис. 1).

Формирование эффективной системы защиты от наводнений должно базироваться на методологии управления рисками, предусматривающей не только меры по защите территорий от затопления, но и разнообразные мероприятия, направленные на снижение ущерба. Несмотря на то, что концепция управления рисками наводнений получила широкое признание во всем мире, реализация ее подходов представляет значительные трудности и предполагает необходимость принятия сложных компромиссных решений [2]. Так, в Европейском Союзе, где действует единая «Директива по оценке и управлению



**Рис. 1.** Первоначальный вид церкви Покрова и Покровского монастыря на Нерли [1].  
Fig. 1. Initial view of the Church of the Intercession and the Intercession Monastery on the Nerl River [1].

рисками наводнений»<sup>1</sup>, роль управленческих механизмов в разных странах существенно различается [3]. Данная проблема актуальна и для России – в условиях формирования наводнений различного генезиса имеется возможность разработки обобщенной модели управления, а конкретные механизмы ее реализации должны учитывать специфические условия конкретных территорий.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Специфической чертой территории Российской Федерации является вероятность формирования наводнений всех возможных типов, включая такие экзотические виды, как затопление участков суши волной цунами, вулканическими грязевыми потоками, волной прорыва горных озер и др. В рамках данной работы рассматриваются только речные наводнения в результате дождевых паводков и весеннего половодья, для защиты от которых в России традиционно используются инженерные методы. В настоящее время существует достаточно широкий перечень таких методов, которые могут существенно различаться как по средствам реализации, так и по стоимостным показателям. Различные подходы к выбору и обоснованию защитных мероприятий рассмотрены в работах [4–7 и др.].

В то же время в России применяется крайне узкий набор инструментов из числа существующих методов управления риском наводнений. Кроме техни-

<sup>1</sup>Directive 2007/60/EC on the assessment and management of flood risks. European Parliament. October 23, 2007. Режим доступа: <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2007/60/oj> (дата обращения: 10.05.2024).

ческой защиты от затопления к ним можно отнести не имеющий аналогов в мировой практике полный запрет на строительство в зонах затопления, введенный после масштабного наводнения на Дальнем Востоке в 2013 г.

В западных странах комплексный механизм защиты от наводнений начали создавать в середине XX в., постепенно он сформировался в форме «управление риском наводнений», о широком применении которого свидетельствует освещение различных аспектов этого подхода в сотнях руководств и монографий, десятков тысяч статей, в т. ч. в специализированном научном журнале с одноименным названием «Journal of Flood Risk Management». В настоящее время общий процесс «выявление риска – оценка риска – управление риском» в разных странах имеет свои особенности. Например, в США приоритетом является установление ограничений в зонах риска затопления и экономическое стимулирование их выполнения<sup>2</sup>, в странах ЕС – восстановление русловой емкости рек за счет ликвидации ранее построенных дамб [8], в Великобритании – восстановление болот и компенсация снижения инфильтрации на урбанизированных территориях<sup>3</sup>. При разнообразии подходов основным определяющим этапом является скрупулезное детальное зонирование паводкоопасных территорий, а отмеченные приоритеты применяются в совокупности с другими методами.

Предлагаемый ниже подход к интегрированным механизмам защиты от наводнений основан на анализе опыта различных стран с учетом специфических условий территорий Российской Федерации.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

На наш взгляд, в основе выбора противопаводковых мероприятий для конкретного объекта должен лежать сопряженный оптимизированный комплекс, включающий следующие аспекты:

- нормативно-правовые и административные;
- экономические;
- мониторинговые, информационные;
- инженерно-технические.

При этом:

- административные, нормативно-правовые меры представляют совокупность правовых норм, устанавливающих как обязательные, так и рекомендательные требования к различным аспектам управления рисками наводнений, в первую очередь – к хозяйственному использованию паводкоопасных территорий;
- экономические методы должны обеспечивать экономическую оценку уровня риска наводнения и воздействия на его величину планируемых мероприятий, выступать в качестве мер негативной и позитивной мотивации исполнения административных требований, создавать условия для аккумуляции средств для ликвидации последствий наводнений;

<sup>2</sup> Flood Insurance Manual: April 2024. Режим доступа: [https://www.fema.gov/sites/default/files/documents/fema\\_april-2024-nfip-flood-insurance-manual.pdf](https://www.fema.gov/sites/default/files/documents/fema_april-2024-nfip-flood-insurance-manual.pdf), (дата обращения: 13.05.2024).

<sup>3</sup> Thames River Basin District Flood Risk Management Plan 2021 to 2027. Режим доступа: <https://assets.publishing.service.gov.uk/media/6380a45d8fa8f56ea9d462d8/Thames-FRMP-2021-2027.pdf>, (дата обращения: 10.05.2024).

– инженерно-технические мероприятия предназначены для обеспечения физической защиты территорий от затопления и ликвидации последствий наводнений;

– информационные методы, к которым относятся мониторинг, моделирование, осведомление населения и т. д., направлены на возможность эффективной реализации мероприятий других групп.

Рассмотрим более подробно данные аспекты.

### Административные меры

Ограничения строительства на территориях, подверженных угрозе наводнений, устанавливались в России неоднократно, начиная с XVIII в., но конкретные требования были введены в 1950–1960-х годах (СН 41-58, СНиП II-К.2-62, СНиП II-М.1-62). В качестве примера в табл. 1 представлены требования из СНиП II-К.2-62<sup>4</sup>, которые определяли ограничения для размещения зданий и сооружений различного назначения в зависимости от природных условий.

**Таблица 1.** Характеристика природных условий территорий по степени пригодности для строительства (фрагмент)<sup>4</sup>

Table 1. Characteristics of the natural conditions of territories according to the degree of suitability for construction (fragment)<sup>4</sup>

Природные условия	Степень пригодности территорий		
	пригодные	ограниченно пригодные	непригодные
Затопляемость: а) для жилищного и общественного строительства	Незатопляемые паводками 1 % обеспеченности.	Затопляемые более чем на 0,5 м паводками 1 % обеспеченности и незатопляемые паводками от 1 до 4 % обеспеченности.	Затопляемые более чем на 0,5 м паводками 4 % обеспеченности.
б) для промышленного и сельскохозяйственного производственного строительства	Незатопляемые паводками 1 % обеспеченности для предприятий большого экономического и оборонного значения; для остальных предприятий – 2 % обеспеченности; для предприятий с коротким сроком эксплуатации (10–15 лет) – 10 % обеспеченности.	Затопляемые более чем на 0,5 м паводками, указанными в графе для пригодных территорий, требующие проведения экономически целесообразных мероприятий по инженерной подготовке территорий.	Затопляемые паводками более частой повторяемости.

<sup>4</sup> СНиП II-К.2-62. Планировка и застройка населенных мест. Нормы проектирования. М. Стройиздат. 1967. 72 с.

В дальнейшем требования к размещению производственных объектов стали более строгими, т. к. была установлена необходимость превышения планировочных отметок не менее чем 0,5 м над уровнем расчетной обеспеченности «с учетом подпора и уклона водотока, а также нагона от расчетной высоты волны»<sup>5</sup>. В то же время требования к отметкам местности для размещения жилых и общественных зданий были фактически отменены в середине 1970-х годов, а впоследствии застройка стала допускаться при глубине затопления до 1,5 м<sup>6</sup>.

После наводнения на Дальнем Востоке 2013 г. Водный кодекс РФ был экстренно дополнен статьей 67.1 «Предотвращение негативного воздействия вод и ликвидация его последствий», которая установила необходимость определения зон затопления и подтопления, а также ввела безоговорочный запрет на строительство капитальных объектов, «не обеспеченных сооружениями и (или) методами инженерной защиты», что является самым «жестким» ограничением в мировой практике. Требования к этим зонам и процедуры их установления определены Постановлением Правительства РФ от 18 апреля 2014 г. № 360<sup>7</sup>. Однако при этом не были учтены нормы правоприменения, что позволило отменить ограничения, установленные генеральными планами поселений, и «легализовать» десятки тысяч объектов недвижимости в зонах затопления.

Теория риска определяет, что попытки снижения риска путем его «исключения» запретительными мерами всегда порождают риски иного рода. В данном случае – формирование риска социальной напряженности, вызванной отказом государства от ранее принятых решений. Уже сейчас массовые иски привели к признанию Верховным судом РФ допустимости строительства жилых домов на затопляемых территориях с последующими требованиями к государству осуществить меры по предотвращению негативного воздействия вод<sup>8</sup>.

При разработке и реализации правовых норм следует учитывать сложившиеся обязательства государства перед жителями пойм и возможность ограниченного безопасного использования паводкоопасных территорий (табл. 2).

<sup>5</sup> СП 18.13330.2019. Производственные объекты. Планировочная организация земельного участка (Генеральные планы промышленных предприятий). М.: Стандартинформ, 2020. Режим доступа: <https://www.minstroyrf.gov.ru/docs/57421/>, (дата обращения 19.05.2024).

<sup>6</sup> СП 42.13330.2011. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. Актуализированная редакция СНиП 2.07.01-89\*. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200084712>, (дата обращения 19.05.2024).

<sup>7</sup> Постановление Правительства РФ от 18.04.2014 № 360 (ред. от 17.08.2022) «О зонах затопления, подтопления» (вместе с «Положением о зонах затопления, подтопления»). Режим доступа: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_162041/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_162041/), (дата обращения 19.05.2024).

<sup>8</sup> Кассационное определение судебной коллегии по административным делам Верховного Суда РФ от 1 марта 2023 г. № 49-КАД22-11-К6. Режим доступа: <https://base.garant.ru/406557305/>, (дата обращения 11.05.2024).

**Таблица 2.** Вопросы административного регулирования, требующие первоочередного решения

Table 2. Problems of administrative regulation requiring priority solutions

Вопросы правового регулирования	Предлагаемые варианты решения
Полный запрет на строительство объектов капитального строительства нереализуем, т. к. отдельные сооружения функционально предполагают контакт с водой.	Ввести исключение для объектов, которым по условиям эксплуатации допускается затопление.
Массовая застройка защищенных дамбами территорий приводит к возрастанию потенциального ущерба.	Ввести норму, не допускающую строительство на территориях, затапливаемых при авариях защитных сооружений на глубину 1,5 м и более.
Продолжается застройка участков, попадающих под действие «дачной амнистии».	Исключить зоны затопления из действия «дачной амнистии» или ввести норму, предполагающую документальное подтверждение строительства дома до 14 мая 1998 г.
Собственники недвижимости не вправе произвести реконструкцию, направленную на повышение устойчивости здания к затоплению.	Установить допустимые параметры реконструкции объектов недвижимости в зонах затопления, в т. ч. к замене строительных и отделочных материалов, подъему уровня пола, закреплению конструкций и т. д.
Не установлены нормы проектирования зданий и сооружений, при которых их можно считать защищенными от затопления.	Разработать нормативы, при соблюдении которых допускается строительство в границах зон затопления: требования к планировочным отметкам, высоте свай, подводу коммуникаций и др.
Субъективность установления границ затопления.	Разработать «Методические указания по определению границ затопления».

**Экономический механизм**

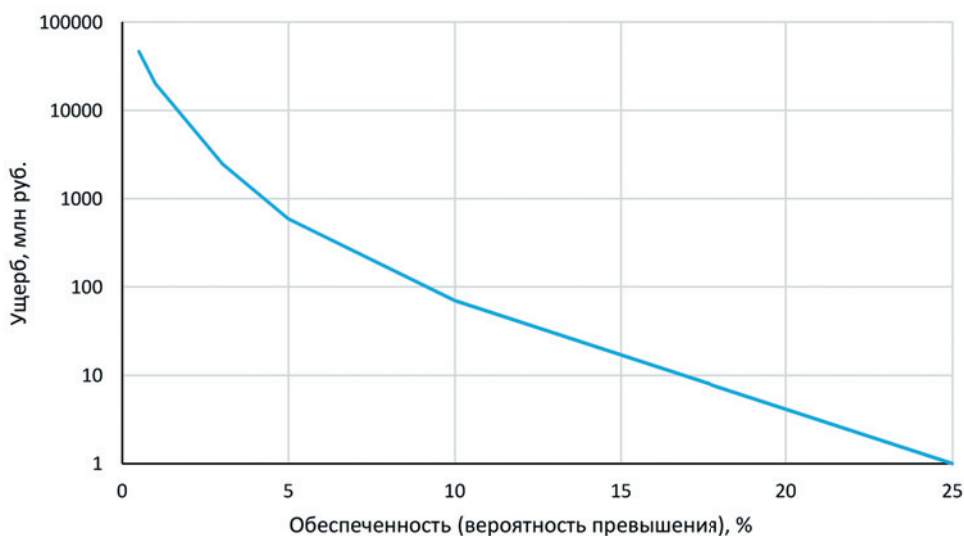
Экономические методы играют ключевую роль в механизмах управления риском наводнений, т. к. объективная оценка экономических показателей должна лежать в основе выбора методов защиты. Только глубокий экономический анализ позволяет оценить реальные тенденции изменения уровня риска наводнений и эффективности принимаемых решений.

Действующие в Российской Федерации методы оценки ущерба от наводнений и определения экономической эффективности защитных мероприятий зачастую дают необъективные результаты. Например, экономический эффект от строительства защитных сооружений в России за последние годы многократно превысил ущерб от наводнений, что свидетельствует о значительном завышении величины предотвращаемого ущерба, определяемого в проектной документации.

Для объективной экономической оценки следует понимать, что риск является количественной характеристикой опасности, «сочетающей вероятность возникновения чрезвычайной ситуации и ее последствия», а величина риска определяется «как математическое ожидание случайной величины материального ущерба от чрезвычайной ситуации на рассматриваемой территории за год»<sup>9</sup>. Применительно к наводнениям не следует отождествлять понятия «вероятность» и «обеспеченность», поэтому при вычислении математического ожидания ущерба следует пользоваться формулой [9]:

$$M(Y) = \sum_i \frac{(y_i + y_{i+1})}{2} \cdot \frac{|p_i - p_{i+1}|}{100\%}, \quad (1)$$

где  $Y_i$  – разовый ущерб от наводнения обеспеченностью  $p_i$  (рис. 2).



**Рис. 2.** Графическая интерпретация процедуры вычисления математического ожидания ущерба от наводнений.

Fig. 2. Graphic interpretation of the procedure for calculating the mathematical expectation of flood damage.

<sup>9</sup>ГОСТ Р 55059-2012. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Менеджмент риска чрезвычайной ситуации. Термины и определения. М.: Стандартинформ. 2018. 8 с.



Использование данного подхода позволяет оценить величину риска наводнений по статистическим данным на территории России (табл. 3), в субъектах РФ и речных бассейнах, а на основании зонирования и анализа застройки – для локальных территорий. Эти же показатели должны являться и основными индикаторами эффективности принимаемых мер по управлению риском наводнений.

**Таблица 3.** Экспертные оценки прямого ущерба от наводнений в Российской Федерации (в ценах 2024 г.)

Table 3. Expert estimates of direct damage from floods in the Russian Federation (in the 2024 prices)

Показатель	Значение, млрд руб.
Математическое ожидание ущерба	67
Ущерб повторяемостью 1 раз в 10 лет	166
Ущерб повторяемостью 1 раз в 20 лет	276
Ущерб повторяемостью 1 раз в 100 лет	540

Важным экономическим механизмом также является система возмещения ущерба от негативного воздействия вод, которая должна мотивировать исполнение административных требований и не порождать иждивенческих настроений.

В последние годы были существенно уточнены правила предоставления различных видов помощи при чрезвычайных ситуациях, которые направлены на стимулирование добровольного страхования. Однако подавляющая часть населения полагает, что государство обязано полностью компенсировать все их потери от затопления, мотивируя это тем, что при каждом масштабном наводнении вводятся определенные послабления. В результате население не заинтересовано в страховании, страховые выплаты по итогам серии наводнений 2024 г., вряд ли, превысят планку в 1–2 % от общего ущерба. При этом наблюдаются противоречивые тенденции: граждане, застраховавшие свое имущество, не удовлетворены размерами страховых выплат, которые в среднем оказались ниже, чем государственная помощь, а не застраховавшие недвижимость, наивно полагая, жалеют, что получили бы и помощь от государства, и страховку. Еще в более сложной ситуации оказались некоторые жители г. Орска, заключившие ипотечное страхование: они должны делать выбор между выплатами по ипотечному страхованию, выплатами по страхованию гражданской ответственности за причинение вреда в результате аварии защитной дамбы и государственной помощью. При строгом следовании законодательству наличие ипотечного кредита не позволяет претендовать на государственную помощь, а для страховых выплат нужно доказать, в результате чего произошло затопление – половодья или разрушения дамбы. Следует отметить, что дамба в

Орске была застрахована в рамках обязательного страхования гражданской ответственности за причинение вреда в результате аварии гидротехнического сооружения на 187,5 млн руб., что многократно меньше, чем фактический ущерб от затопления «защищенной» территории города.

Еще в 2018 г. приняты поправки в ряд федеральных законов, направленных на добровольное страхование жилья от чрезвычайных ситуаций, но до настоящего времени результаты их действия отсутствуют. Наводнения 2024 г. побудили законодателей к срочной доработке правовой базы. Однако сама концепция системы страхования от ЧС предполагает «размывание» страховых тарифов между гражданами независимо от уровня риска, что гарантирует малую востребованность такой системы в связи с наличием интереса к страхованию только у собственников наиболее подверженной затоплению недвижимости. Выход из сложившейся ситуации видится в применении тарифов, отражающих уровень риска при соответствующем зонировании паводкоопасных территорий [10, 11].

Кроме отмеченных основных нерешенных экономических проблем следует обозначить и другие актуальные вопросы:

- при выделении регионам финансовых средств из федерального бюджета на реализацию противопаводковых мероприятий не учитываются показатели эффективности эксплуатации ранее построенных сооружений: уровень организации системы эксплуатации, финансирование эксплуатационных расходов, обеспеченность защитных сооружений декларациями безопасности, наличие договоров страхования гражданской ответственности собственников защитных сооружений;

- условия страхования гражданской ответственности за причинение вреда в результате аварии гидротехнического сооружения должны, с одной стороны, гарантировать компенсацию ущерба, с другой – стимулировать меры по предотвращению роста величины остаточного риска. В настоящее время страховая сумма, как правило, устанавливается в многократно меньшем размере, чем возможный ущерб при аварии сооружений и не учитывает застройку «защищенной» территории новыми зданиями и сооружениями.

### **Инженерно-технические мероприятия**

Технические мероприятия, направленные на защиту территорий и объектов от затопления, можно условно разделить на активные и пассивные (рис. 3). Активные мероприятия направлены на снижение экстремальных гидрологических параметров (расходов и уровней), пассивные – на уменьшение негативных последствий прохождения максимальных расходов воды [5, 7].

Следует особо отметить, что при установлении параметров защитных мероприятий ключевым, как правило, является экстремальный уровень воды, который определяется на основании априорной уверенности в наличии устойчивой однозначной связи между расходом и уровнем. Как показывает анализ волн прохождения паводков и проведение их гидродинамического моделирования, имеет место гистерезис («паводочная петля») [12], масштаб которого определяется интенсивностью изменения расхода воды. Этот эффект может

быть весьма значительным при быстром нарастании расхода воды паводков (рис. 4). Для оценки масштабов данного эффекта необходимо проведение гидродинамического моделирования прохождения волн паводков с учетом интенсивности нарастания расходов воды. Учет таких эффектов особенно важен в случаях, если защищаемые объекты располагаются ниже плотин водохранилищ, как это было в г. Орске, одним из факторов затопления которого в апреле 2024 г. стало резкое возрастание сбросных расходов через гидроузел Ириклинского водохранилища.



Рис. 3. Общая схема мероприятий по защите территории от затопления [5, 7].

Fig. 1. The scheme of measures intended to protect the territory against flooding [5, 7].

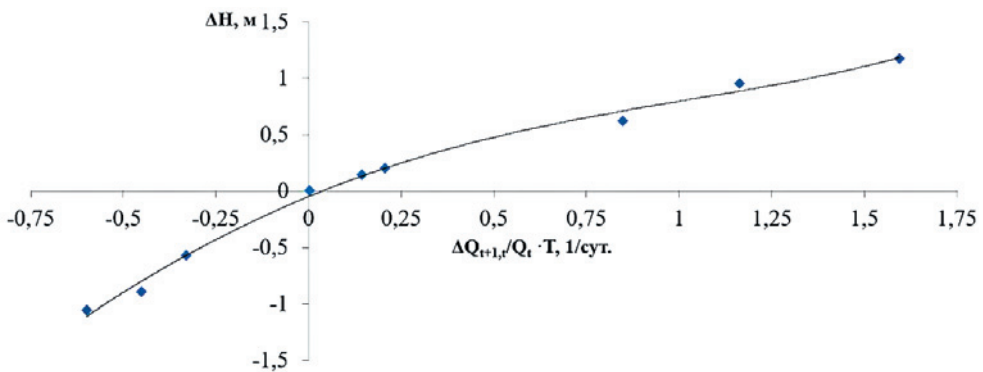


Рис 4. Превышение уровня воды в реке над стационарным в зависимости от интенсивности изменения расходов воды (результаты численного моделирования р. Кама – п. Тюлькино).

Fig. 4. Excess of water level in the river over the stationary level depending on the intensity of changes in water flow (results of numerical modeling of the Kama River – Tyulkino village).

Ключевым вопросом при планировании инженерных противопаводковых мероприятий является оценка их эффективности, под которой обычно понимают величину предотвращенного ущерба относительно стоимости реализации мероприятий и текущих затрат на обеспечение безаварийной эксплуатации. При этом обычно исходят из принципа однокомпонентности – наиболее экономически эффективным является какое-либо одно мероприятие, обеспечивающее с минимальными затратами защиту территории с требуемым уровнем надежности на всем ожидаемом диапазоне колебаний расходов рассматриваемого водотока. Ограниченность данного подхода наиболее очевидна при использовании дамб для защиты территорий от затопления.

С позиции теории риска строительство защитных сооружений является мерой, направленной на снижение вероятности затопления, т. к. они обеспечивают безопасность защищаемой территории только до определенных уровней воды. Поэтому при застройке «защищенных» территорий эффект «низкая вероятность затопления с тяжелыми последствиями» с течением времени дает более высокое значение математического ожидания ущерба, чем «высокая вероятность затопления с незначительными или некритичными последствиями» при отсутствии защитных сооружений. В связи с этим значительная доля ущерба от наводнений как в мире, так и в России приходится именно на затопление в результате разрушения защитных дамб.

Кроме неконтролируемой застройки «защищенных» территорий возрастанию риска способствуют многие обстоятельства [13], основными из которых являются следующие:

- дамбы, особенно при двухстороннем расположении, значительно стесняют речной поток, приводя к повышению уровней воды по сравнению с бытовыми условиями. В случае аварии глубина затопления одамбованной территории значительно возрастает. С целью недопущения такого эффекта в ряде стран установлен предельный норматив повышения расчетного уровня при строительстве защитных дамб (в США – 0,3 м при паводке 1 % обеспеченности [14]);

- отсечение дамбами больших пойменных массивов приводит к снижению функции руслового регулирования стока и к возрастанию расходов и риска наводнений на нижележащих участках речного русла. Данный эффект, в основном, проявляется в условиях ливневых паводков;

- строительство защитных дамб сопровождается широким спектром негативных экологических последствий.

Следует отметить, что действующие нормативные документы устанавливают обязанность учета подпора дамбами, ветрового нагона и наката волн, но позволяют игнорировать другие факторы. Например, по нашим оценкам, дополнительный подпор от мостовых переходов в Орске составил около 1,2 м, что послужило одной из причин разрушения защитных дамб. Современные гидродинамические модели позволяют максимально полно и корректно оценить последствия создания дамб, однако они редко используются при проектировании защитных сооружений. На наш взгляд, необходимо

проведение соответствующих расчетов и для ранее одамбованных участков рек для подтверждения соответствия параметров сооружений нормативным требованиям.

Более 2000 лет назад Цзя Ранг подал китайскому императору предложения, основанные на принципе «Не боритесь против воды» [15]:

- лучший метод: затопление наименее населенных местностей;
- второй метод: строительство каналов для отведения паводковых вод;
- наименее рекомендуемый метод: строительство дамб.

«Лучший» из перечисленных методов малопримем для условий России, т. к. направлен на использование больших площадей одамбованных сельскохозяйственных земель для регулирования стока путем их затопления при катастрофических паводках. Очевидно, что на реках с весенним половодьем эффекта от такого затопления ожидать не стоит, но для широкопойменных рек в ряде случаев очевидна принципиальная возможность использования емкости пойм для срезки максимальных расходов дождевых паводков [16].

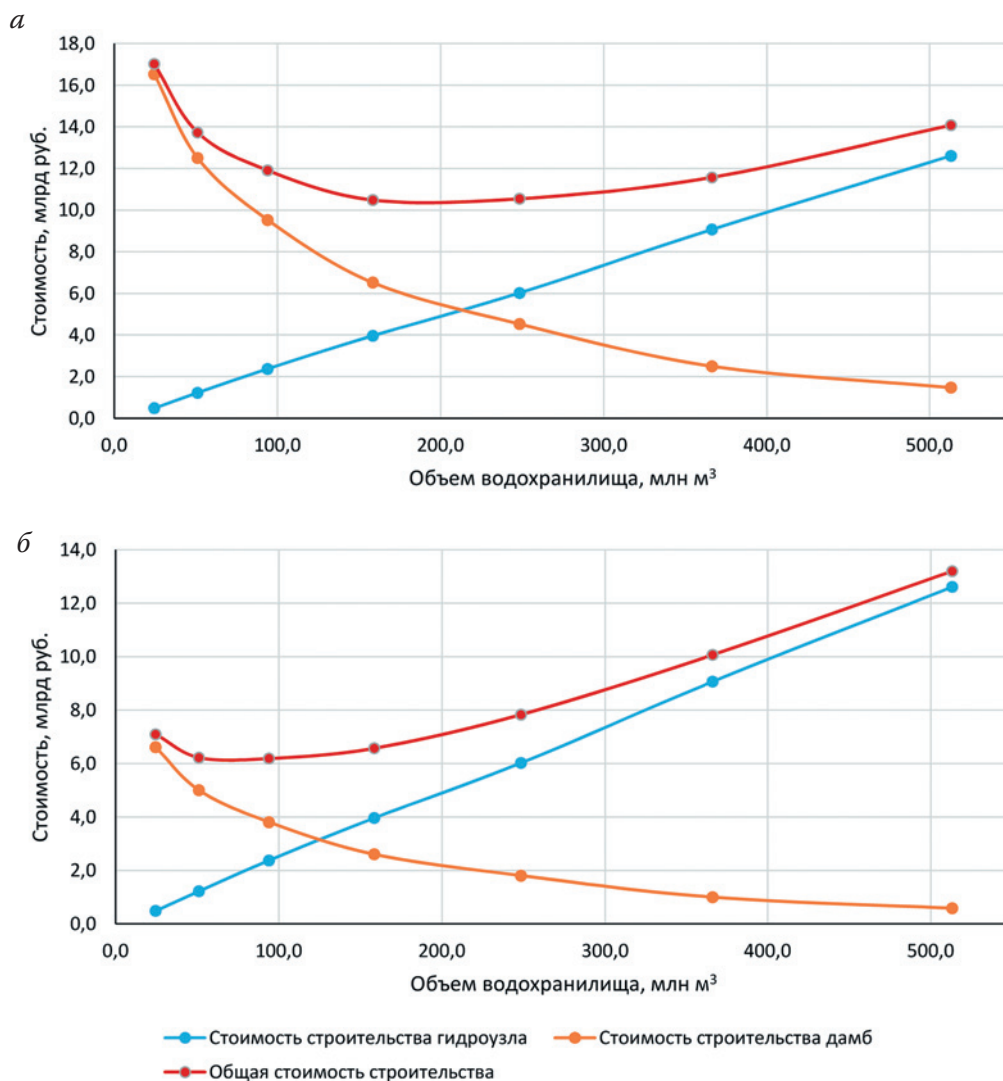
Таким образом, строительство дамб следует рассматривать как вынужденную меру в отношении защиты только существующих зданий и сооружений. При этом в современных условиях вполне эффективным может быть полиили, по крайней мере, бикомпонентный подход, сочетающий строительство защитных дамб с другими активными или пассивными противопаводковыми мероприятиями [5, 7]. На рис. 5 представлен пример поиска оптимального соотношения регулирования стока при использовании двухкомпонентного варианта защиты – определение объема противопаводкового водохранилища, соответствующего минимуму суммарных затрат на строительство гидроузла и защитных дамб.

### **Информационные методы**

Первым информационным методом, связанным с наводнениями, является фиксация наивысших уровней воды. В Древнем Египте и Китае отметки паводков в ряде случаев измерялись в целях планирования, но большинство таких исторических маркеров, сохранившихся во многих странах мира, являлись предупреждением потомкам. В России обязанность отмечать уровни наводнений неоднократно вводилась, но редко исполнялась, а установленные маркеры со временем пропадали. Ряд сведений о прямых или косвенных указаниях на максимальные уровни приводится Б.Д. Зайковым [17] в много-томном издании описания русских рек<sup>10</sup> и в ряде других источников. В дальнейшем организация регулярного гидрологического мониторинга позволила создать необходимые базы данных, на статистической обработке которых основываются все мероприятия по защите от наводнений, включая установление границ зон затопления.

В состав мониторинга входят гидрологические прогнозы, основанные на моделировании, которое, в свою очередь, должно применяться также при решении других организационных, экономических и инженерных задач.

<sup>10</sup> Материалы для описания русских рек и истории улучшения их судоходных условий. Сведения о мостах на водных путях Российской Империи. Вып. 40. СПб., 1913. 364 с.



**Рис. 5.** Пример поиска оптимального соотношения регулирования стока и строительства защитных дамб: *а* – вариант при отсутствии ранее построенных защитных сооружений; *б* – вариант с учетом ранее построенных защитных дамб.

Fig. 5. An example of searching for the optimal relationship between flow regulation and the construction of dikes: *a* – option in the absence of previously built dikes; *b* – option taking into account previously built dikes.

Из анализа задач информационного обеспечения напрашивается вопрос о необходимости создания общей информационной платформы, объединяющей базы данных и результаты моделирования на основе единых подходов. Безусловно, это очень сложная межведомственная задача, для решения которой требуется выработка единых подходов и проведение эксперимента на небольшом участке речного бассейна.

В условиях климатических изменений краеугольным камнем информационного обеспечения должен стать единый подход к определению значений экстремальных гидрологических характеристик. Например, расчетные гидрологические характеристики при проектировании защитных сооружений и установлении границ зон затопления могут существенно отличаться. В первом случае анализ должен производиться для всего гидрологического ряда<sup>11</sup>, а во втором – за последние 100 лет<sup>7</sup>. Поэтому при длине ряда более 100 лет гидрологический параметр 1 % обеспеченности для целей проектирования будет меньше наблюдаемого максимума, а для целей зонирования – равен максимальному значению в случае, если оно наблюдалось в последние 100 лет, если ранее – максимум будет проигнорирован.

Предложенный еще в начале XX в. статистический подход до настоящего времени является основным инструментом оценки экстремальных гидрологических событий. Первые серьезные успехи в оценке экстремальных гидрологических событий на основе данной концепции породили определенную эйфорию: «методы теории вероятности позволяют при наличии сравнительно коротких рядов в 20–50 лет определять такие явления, которые возможны раз в 100 или 1000 лет» [18]. Представление о стационарности гидрологических рядов не вызывало серьезных возражений до конца XX в., когда климатические изменения стали весьма заметны. В связи с этим в настоящее время остро стоит вопрос об обоснованности назначения расчетных значений обеспеченности максимальных расходов и уровней для проектирования защитных сооружений, которые должны гарантировать их надежность на протяжении планируемого периода эксплуатации.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Повышение эффективности планируемых и проводимых противопаводковых мероприятий требует комплексного подхода, основанного на сопряжении нормативно-правовых, экономических, инженерно-технических и информационно-мониторинговых аспектов. При этом наводнения следует рассматривать не только как стихийное бедствие, а как гидролого-экономическое явление, что позволяет использовать более разнообразный набор механизмов управления.

Важность и актуальность реализации интегрированных механизмов управления риском наводнений значительно возрастает в связи со все более явным проявлением нестабильности и изменчивости климата, ростом экономических и социальных последствий затопления территорий и государственных расходов на ликвидацию последствий наводнений. Только комплексный подход к решению проблемы наводнений позволит купировать факторы риска и предотвратить возрастание ущерба в будущем.

<sup>11</sup> СП 529.1325800.2023. Определение основных расчетных гидрологических характеристик. М.: Минстрой России, 2023. 152 с.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Заграевский С.В. Первоначальный вид церкви Покрова и Покровского монастыря на Нерли. Опыт графической реконструкции // Мат-лы XXIII межрегиональной краеведческой конференции. Владимир, 2018. С. 224–235.
2. Sayers, P., Li, Y., Galloway, E., Penning-Rowsell, E., Shen, F., Wen, K., Chen, Y., & Le Quesne, T. Flood risk management: A strategic approach. UNESCO. 2013. 204 p.
3. Paauw M., Smith G., Crabbé A., Fournier M., Munck J., Priest S., Rekola A. Recognition of differences in the capacity to deal with floods – A cross-country comparison of flood risk management. *Journal of Flood Risk Management*. 2024. e12965. DOI: 10.1111/jfr3.12965.
4. Сметанин В.И., Жогин И.М. К вопросу защиты пойменных земель от паводковых наводнений // *Природообустройство*. 2020. № 4. С.77– 83.
5. Лепихин А.П., Перепелица Д.И. К проблеме планирования мероприятий по защите территории от наводнений // Сб. докладов Межд. конгресса «Вода: экология и технология» ЭКВАТЭК –2006. М., 2006. Ч.1. С. 363–364.
6. Двинских С.А., Китаев А.Б., Михайлов А.В. Наводнения на реках бассейна Камы и организация защиты от них // *География и природные ресурсы*. 2010. № 4. С. 74–79.
7. Перепелица Д.И., Тиунов А.А., Лепихин А.П., Андреев С.Р., Голдобин Н.А., Лепешкин С.А. Выбор противопаводковых мероприятий с использованием вычислительных экспериментов (на примере нижнего течения реки Печоры) // *Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление*. 2023. № 2. С. 69–89. DOI: 10.35567/19994508\_2023\_2\_4.
8. Schneider E. Floodplain Restoration of Large European Rivers, with Examples from the Rhine and the Danube // *Restoration of Lakes, Streams, Floodplains, and Bogs in Europe. Wetlands: Ecology, Conservation and Management*. 2010. Vol 3. Springer, Dordrecht. DOI: 10.1007/978-90-481-9265-6\_11.
9. Шаликовский А.В. Риск наводнений: методы оценки и картографирования // *Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление*. 2012. № 2. С. 68–78. DOI: 10.35567/1999-4508-2012-2-6.
10. Шаликовский А.В. Водные и водохозяйственные риски: анализ проблемы, концептуальные основы страхования. Екатеринбург: Изд-во РосНИИВХ, 2003. 100 с.
11. Шаликовский А.В. Оценка риска наводнений и зонирование паводкоопасных территорий // *Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление*. 2006. № 4. С. 27–35.
12. Изъюрова Ю. В. Оперативный учет речного стока в условиях неустановившегося движения потока (на примере реки Яна в гидростворе города Верхоянска) // *Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление*. 2021. № 3. С. 51–70. DOI: 10.35567/1999-4508-2021-3-3.
13. Шаликовский А.В. Методология управления водохозяйственными рисками, обусловленными экстремальными гидрологическими явлениями // *Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление*. 2011. № 6. С. 24–32. DOI: 10.35567/1999-4508-2011-6-3.
14. Шаликовский А.В., Курганович К.А. Управление риском наводнений в мире и в Российской Федерации // *Вестник Забайкальского государственного университета*. 2012. № 5. С. 21–31.
15. Huang G. A Comparative Study on Flood Management in China and Japan // *Water*. 2014. Vol. 6. P. 2821–2829. DOI: 10.3390/w6092821.
16. Шаликовский А.В. Обоснование возможности использования защитных дамб для регулирования паводкового стока // *Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление*. 2016. № 5. С. 63–75. DOI: 10.35567/1999-4508-2016-5-5.
17. Зайков Б.Д. Высокие половодья и паводки на реках СССР за историческое время. Л.: Гидрометеиздат, 1954. 134 с.
18. Аполлов Б.А. Учение о реках. М.: Изд-во МГУ, 1963. 423 с.

## REFERENCES

1. Zagraevsky S.V. Initial view of the Church of the Intercession and the Intercession Monastery on the Nerli. Experience of graphic reconstruction. *Materialy XXIII mezhregionalnoy kraevedcheskoy konferentsiy [Proceedings of the XXIII Interregional Local History Conference]*. Vladimir, 2018. pp. 224–235.



2. Sayers, P., Li, Y., Galloway, E., Penning-Rowsell, E., Shen, F., Wen, K., Chen, Y., & Le Quesne, T. Flood risk management: A strategic approach. UNESCO. 2013. 204 p.
3. Paauw M., Smith G., Crabbé A., Fournier M., Munck J., Priest S., Rekola A. Recognition of differences in the capacity to deal with floods – A cross-country comparison of flood risk management. *Journal of Flood Risk Management*. 2024.e12965. DOI: 10.1111/jfr3.12965.
4. Smetanin V.I., Zhogin I.M. On the issue of protecting floodplain lands from floods. *Prirodoobustroystvo [Nature Management]*. 2020. No. 4. P.77-83.
5. Lepikhin A.P., Perepelitsa D.I. On the problem of planning measures to protect the territory from floods. Proceedings of International Congress “Water: Ecology and Technology” EKWATEK – 2006. M. 2006. Part 1. pp. 363–364.
6. Dvinskikh S.A., Kitaev A.B., Mikhailov A.V. Floods on the rivers of the Kama basin and the organization of protection against them. *Geografia i prirodniye resursy [Geography and natural resources]*. 2010. No. 4. pp. 74-79.
7. Perepelitsa D.I., Tiunov A.A., Lepikhin A.P., Andreev S.R., Goldobin N.A., Lepeshkin S.A. Selection of flood control measures using computational experiments (using the example of the lower reaches of the Pechora River). *Water Sector of Russia: Problems, Technologies, Management*. 2023. No. 2. P. 69–89. DOI: 10.35567/19994508\_2023\_2\_4.
8. Schneider E. Floodplain Restoration of Large European Rivers, with Examples from the Rhine and the Danube. Restoration of Lakes, Streams, Floodplains, and Bogs in Europe. *Wetlands: Ecology, Conservation and Management*. 2010. Vol 3. Springer, Dordrecht. DOI: 10.1007/978-90-481-9265-6\_11.
9. Shalikovskiy A.V. Flood risk: methods of assessment and mapping. *Water Sector of Russia: Problems, Technologies, Management*. 2012. No. 2. P. 68–78.
10. Shalikovskiy A.V. Water and water management risks: problem analysis, conceptual foundations of insurance. Ekaterinburg: Publishing house RosNIIVKh, 2003. 100 p.
11. Shalikovskiy A.V. Flood risk assessment and zoning of flood-prone areas. *Water Sector of Russia: Problems, Technologies, Management*. 2006. No. 4. P. 27-35.
12. Izyurova Yu. V. Operational accounting of river flow in conditions of unsteady flow movement (using the example of the Yana River in the hydraulic station of the city of Verkhoyansk). *Water Sector of Russia: Problems, Technologies, Management*. 2021. No. 3. P. 51-70. DOI: 10.35567/1999-4508-2021-3-3.
13. Shalikovskiy A.V. Methodology for managing water management risks caused by extreme hydrological phenomena. *Water Sector of Russia: Problems, Technologies, Management*. 2011. No. 6. pp. 24–32.
14. Shalikovskiy A.V., Kurganovich K.A. Flood risk management in the world and in the Russian Federation. *Vestnik Zabaykalskogo gosudarstvennogo universiteta [Bulletin of the Transbaikal State University]*. 2012. No. 5. pp. 21–31.
15. Huang G. A Comparative Study on Flood Management in China and Japan. *Water*. 2014. Vol. 6. P. 2821–2829. DOI: 10.3390/w6092821
16. Shalikovskiy A.V. Justification of the possibility of using protective dams to regulate flood flow. *Water Sector of Russia: Problems, Technologies, Management*. 2016. No. 5. pp. 63–75. DOI: 10.35567/1999-4508-2016-5-5.
17. Zaikov B.D. High floods and floods on the rivers of the USSR over historical time. L.: Gidrometeoizdat, 1954. 134 p.
18. Apollov B.A. The doctrine of rivers. M.: Moscow State University Publishing House, 1963. 423 p.

#### **Сведения об авторах:**

**Шаликовский Андрей Валерьевич**, канд. техн. наук, доцент, руководитель филиала, ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт комплексного использования и охраны водных ресурсов», Восточный филиал, Россия, 672000, г. Чита, ул. Лермонтова, 1; ORCID: 0000-0002-5839-3498; e-mail: [vostokniivh@mail.ru](mailto:vostokniivh@mail.ru)

**Болгов Михаил Васильевич**, д-р техн. наук, заведующий лабораторией, ФГБУН «Институт водных проблем Российской академии наук», Россия, 119333, Москва, ул. Губкина, д. 3; ORCID: 0000-0003-3193-6488; e-mail: [bolgovmv@mail.ru](mailto:bolgovmv@mail.ru)

**Лепихин Анатолий Павлович**, д-р геогр. наук, профессор, ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт комплексного использования и охраны водных ресурсов», Камский филиал, Россия, 614002, г. Пермь, ул. Николая Островского, 113; заведующий лабораторией проблем гидрологии суши, «Горный институт Уральского отделения Российской академии наук» – филиал ФГБУН «Пермский федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук», Россия, 614007, г. Пермь, ул. Сибирская, 78А; ORCID: 0000-0001-9874-3424; email: [lepikhin49@mail.ru](mailto:lepikhin49@mail.ru)

**About the authors:**

**Andrei V. Shalikovskiy**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Branch Manager, Russian Research Institute for Integrated Water Management and Protection East Branch, ul. Lermontova 1, Chita, 672000, Russia; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-5839-3498>; e-mail: [vostokniivh@mail.ru](mailto:vostokniivh@mail.ru)

**Mikhail V. Bolgov**, Doctor of Technical Sciences, Head of Laboratory, Water Problems Institute, Russian Academy of Sciences, ul. Gubkina, 3, Moscow, 119333, Russia; ORCID: 0000-0003-3193-6488; e-mail: [bolgovmv@mail.ru](mailto:bolgovmv@mail.ru)

**Anatoly P. Lepikhin**, Doctor of Geographic Sciences, Professor, Russian Research Institute for Integrated Water Management and Protection Kama Branch, ul. Nikolai Ostrovsky, 113, Perm, 614002, Russia; Head of the Laboratory of Land Hydrology Problems, “Mining Institute of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences” – branch of the Federal State Budgetary Institution of Science of the Perm Federal Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences (“Ural Branch of the Russian Academy of Sciences”), ul. Sibirskaya, 78A, Perm, 614007, Russia; ORCID: 0000-0001-9874-3424; email: [lepikhin49@mail.ru](mailto:lepikhin49@mail.ru)