

Разработка комплекса мероприятий по защите населенных пунктов от затопления в нижнем течении реки Печоры

С.А. Мирошниченко¹  , А.И. Лучников^{1,2} , С.А. Лепешкин¹ ,
Д.И. Перепелица² , А.А. Тиунов² 

 kama2100@mail.ru

¹ ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт комплексного использования и охраны водных ресурсов», Камский филиал, г. Пермь, Россия

² Пермский федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук, г. Пермь, Россия

АННОТАЦИЯ



Актуальность. Практически ежегодно населенные пункты, расположенные в пойме р. Печоры подвергаются негативному воздействию вод. Наиболее значительный материальный ущерб наносится территориям при прохождении весеннего половодья. Для защиты населения от негативного воздействия вод разработаны на основе проведения комплексного исследования территории научно обоснованные рекомендации. **Методы.** В рамках комплексного исследования выполнено пространственно-временное обобщение характеристик гидрологического режима р. Печоры с учетом современной гидрометеорологической информации. Сформирована единая база данных картографической и гидрологической информации, выполнено компьютерное моделирование (гидродинамическая модель участка нижнего течения р. Печоры). Определена сметная стоимость предлагаемых противопаводковых мероприятий и их эффективность. **Результаты.** На основе проведенного исследования рекомендован комплекс противопаводковой защиты населенных пунктов, расположенных в нижнем течении р. Печоры.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: негативное воздействие вод, нижнее течение р. Печоры, противопаводковые мероприятия.

Для цитирования: Мирошниченко С.А., Лучников А.И., Лепешкин С.А., Перепелица Д.И., Тиунов А.А. Разработка комплекса мероприятий по защите населенных пунктов от затопления в нижнем течении реки Печоры // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2024. № 2. С. 51–66. DOI: 10.35567/19994508-2024-2-51-66.

Дата поступления 25.01.2024.

DEVELOPMENT OF A SET OF MEASURES TO PROTECT AGAINST FLOODING SETTLEMENTS LOCATED IN THE LOWER REACHES OF THE PECHORA RIVER

Sergei A. Miroshnichenko¹  , Anton I. Luchnikov^{1,2} , Sergei A. Lepeshkin¹ ,
Dmitry I. Perepelitsa² , Alexey A. Tiunov² 

 kama2100@mail.ru

¹ Russian Research Institute for Integrated Water Management and Protection Kama Branch, Perm, Russia

² Perm Federal Research Center, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Perm, Russia

© Мирошниченко С.А., Лучников А.И., Лепешкин С.А., Перепелица Д.И., Тиунов А.А., 2024

ABSTRACT

Relevance. Almost every year, settlements located in the floodplain of the Pechora River are negatively affected by water. The most serious material damage is caused to these settlements as a result of their flooding during the passage of the spring flood. To protect them from flooding, it was necessary to develop scientifically sound recommendations based on a comprehensive study. **Methods.** As part of a comprehensive study, a spatial and temporal generalization of the characteristics of the hydrological regime of the Pechora River was performed, taking into account modern hydrometeorological information; the formation of a unified database of cartographic and hydrological information (including the results of field research and archival materials and DDZ); computer modeling (hydrodynamic model of the lower reaches of the river Pechora), as well as the estimated cost of the proposed flood control measures, which make it possible to determine the effectiveness of measures for the engineering protection of territories from the negative effects of water. **Results.** Based on the conducted research, a flood protection complex for settlements located in the lower reaches of the Pechora River was recommended, consisting of engineering, administrative and preventive measures.

Keywords: water negative impact, the Pechora River lower reaches, measures against flood.

For citation: Miroshnichenko S.A., Luchnikov A.I., Lepeshkin S.A., Perepelitsa D.I., Tiunov A.A. Development of a set of measures to protect against flooding settlements located in the lower reaches of the Pechora River. *Water Sector of Russia: Problems, Technologies, Management*. 2024. No. 2. P. 51–66. DOI: 10.35567/19994508-2024-2-51-66.

Received 25.01.2024.

ВВЕДЕНИЕ

В соответствии с Водным кодексом Российской Федерации¹ под негативным воздействием вод понимается затопление, подтопление территорий или разрушение берегов водных объектов. Временные затопления населенных пунктов, расположенных в пойменной части рек на незарегулированных участках, происходят в результате подъема уровня вод в период весеннего половодья. Рассматриваемая проблема является наиболее актуальной для северных территорий нашей страны.

Для северных рек значительное повышение уровня воды в период прохождения весеннего половодья, прежде всего, связано с большим количеством снеготаяния, накопленных в холодный период, и дружностью снеготаяния, а также наличием заторных явлений, характерных для многоводных северных рек, текущих с юга на север. Заторы льда формируют самые опасные и повторяющиеся наводнения. Они усиливают подъем уровня в русле, что способствует выходу речных вод на пойму и затоплению расположенных на ней объектов. Интенсивный ледоход, навалы льда на берегах, давление ледяных масс на сооружения приводят к значительному материальному ущербу.

За период весеннего половодья длительностью 50–60 дней (с конца апреля по середину июня) может проходить до 70 % всего годового стока реки. В результате прохождения весеннего половодья редкой обеспеченности при затоплении населенных пунктов возникает угроза безопасности населению, на-

¹ Водный кодекс Российской Федерации. ФЗ от 03.06.2006 г. № 74-ФЗ (ред. от 25.12.2023) (с изм. и доп., вступ. в силу с 30.12.2023) [Электр. ресурс]. Режим доступа: Водный кодекс РФ от 3 июня 2006 г. № 74-ФЗ. ГАРАНТ (garant.ru) (дата обращения 02.02.2024).

носятся ущерб объектам экономики. Периодические затопления, сравнимые со стихийным бедствием, характерны и для крупнейшей на северо-востоке Европейской территории России реки – Печоры. Для разработки научно обоснованных рекомендаций по предотвращению негативного воздействия вод для нижнего течения р. Печоры сотрудниками Камского филиала ФГБУ РосНИИВХ в 2020–2022 гг. выполнена по заданию Двинско-Печорского БВУ научно-исследовательская работа.

Река Печора берет начало на западном склоне Северного Урала, протекает по Печорской низменности в северо-западном направлении и впадает в Печорскую губу Баренцева моря (бассейн Северного Ледовитого океана). Общая длина реки составляет 1809 км, площадь водосбора – 322 000 км², средний годовой расход воды в устье – 4120 м³/с.

На рис. 1 представлена область проведенного исследования – участок р. Печоры в нижнем течении протяженностью 425 км по судовому ходу, от с. Усть-Цильма до устья реки. Здесь р. Печора протекает по территории двух субъектов Российской Федерации – Республика Коми (Усть-Цилемский муниципальный район) и Ненецкий автономный округ (Заполярный муниципальный район). На исследуемом участке выявлено 34 населенных пункта, подверженных негативному воздействию вод, в т. ч. административный центр Ненецкого автономного округа – г. Нарьян-Мар.

Случаи негативного воздействия вод на территориях данных населенных пунктов подтверждены материалами МЧС и администрациями поселений.

ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для решения задачи по разработке научно обоснованных рекомендаций проведено комплексное исследование, включающее анализ фондовых материалов, в т. ч. многолетних рядов наблюдений за водным и ледовым режимами, полевые изыскания и натурные обследования, картографические работы, гидродинамическое моделирование.

Выполненная научно-исследовательская работа состояла из четырех этапов. В ходе первого были сформированы запросы в различные ведомства и федеральные структуры (МЧС, Северное УГМС, Двинско-Печорское БВУ, администрации сельсоветов) для согласования и получения разрешений на проведение работ, а также предоставление архивных материалов, гидрометеорологических данных. Согласована с Двинско-Печорским БВУ программа комплексных инженерно-геодезических и инженерно-гидрологических изысканий, составлена физико-географическая характеристика района работ. Собрана и проанализирована необходимая гидрометеорологическая информация.

В ходе второго этапа на территории 34 населенных пунктов, расположенных в затапливаемой пойме р. Печоры, проведен комплекс полевых исследований. Изыскания выполнялись с целью получения достоверной и актуальной информации об участках разрушения берегов, о максимальных уровнях подъема вод в периоды весеннего половодья, морфометрических характеристиках реки. Для этого были проведены геодезические работы по планово-высотной привязке

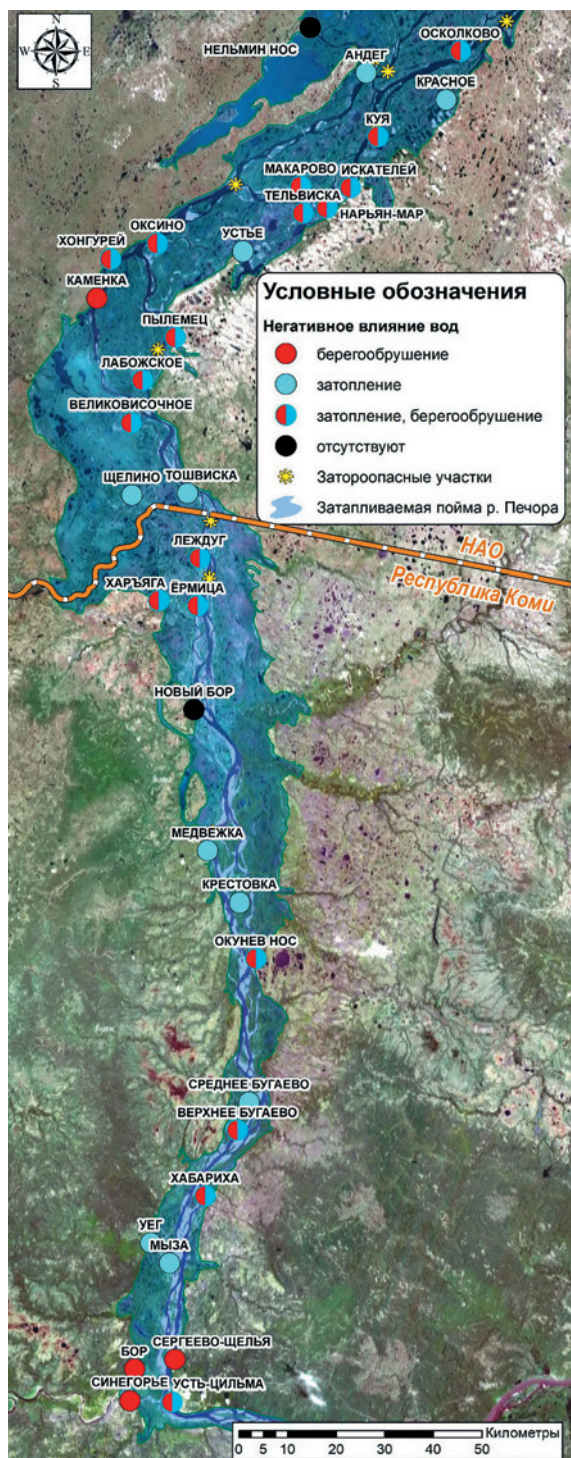


Рис. 1. Участок исследования в нижнем течении р. Печоры.
 Fig. 1. The study area of the lower course of the Pechora River.

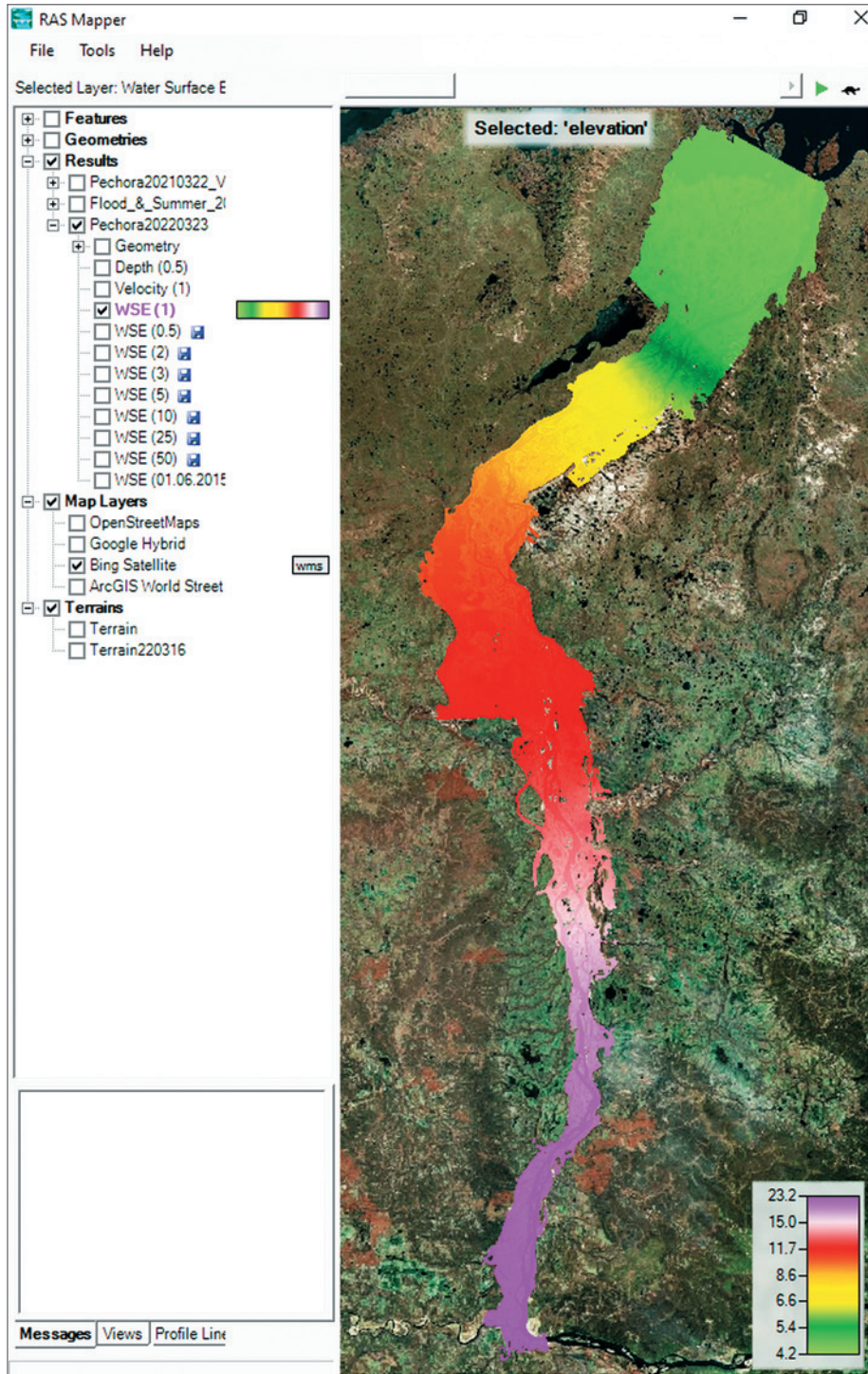


Рис. 2. Картограмма участка исследования на р. Печора в программном модуле HEC-RAS.
Fig. 2. Cartography of the research site on the Pechora River in the software module HEC-RAS.

обследуемых участков, рекогносцировочные обследования береговой зоны, гидрографические и гидрометрические работы, а также опросы местных жителей. В ходе изысканий отработана методика получения детальных цифровых моделей рельефа (для расчета зон затопления) и ортофотопланов местности (для актуализации ситуационных планов) на достаточно протяженных участках с жилой застройкой с применением современного геодезического оборудования, включая использование беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) [1].

Полученные материалы (более 2000 га аэрофотосъемки), а также актуальные данные ДЗЗ (DEM), карты судового хода (лоции) послужили основой для разработки гидродинамической модели (рис. 2) в одномерной постановке (HEC-RAS). Необходимость использования гидродинамической модели, в первую очередь, была определена огромной протяженностью участка исследования, а также разреженностью сети стационарных гидрологических постов Росгидромета. Модель позволила рассчитать наивысшие уровни воды различной обеспеченности в населенных пунктах, не охваченных гидрологическими наблюдениями.

Третий этап исследования был посвящен анализу современного водного режима р. Печоры и русловых процессов. По материалам наблюдений за гидрологическим режимом реки на стационарных постах сети Росгидромета

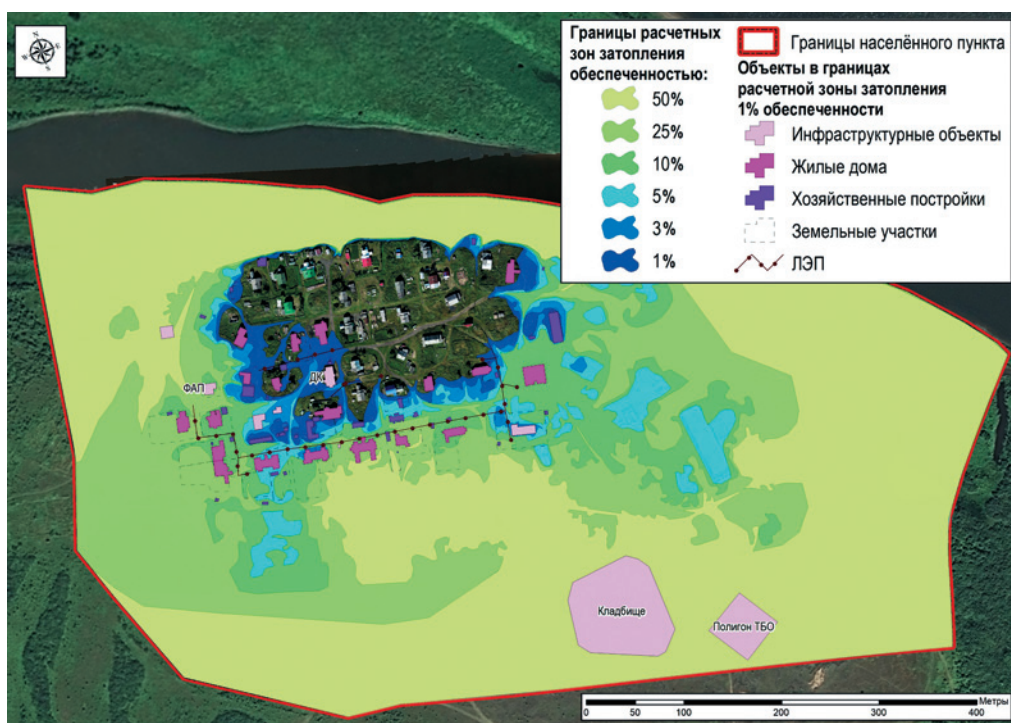


Рис. 3. Пример картосхемы расчетных зон затопления при прохождении весеннего половодья для д. Куя, Ненецкий автономный округ.

Fig. 3. An example of cartographic diagram of calculated flooding zones during the passage of the spring flood for the village of Kuya, Nenets Autonomous Okrug.

(Северное УГМС) с учетом современных данных до 2021 г. выполнены расчеты основных гидрологических характеристик, в т. ч. обеспеченных значений уровней и расходов воды весеннего половодья. В соответствии с требованиями СП 33-101-2003 все ряды проверены на однородность. По результатам анализа данных Северного УГМС (табл. 1) получены следующие основные выводы:

– волна половодья на р. Печоре имеет сложный, распластаный во времени вид, что определяет формирование высших уровней за год как при ледоходе, так и в условиях свободного русла;

– по данным наблюдений высшие уровни формировались за период с ледовыми явлениями в 19 % случаев на верхнем участке исследования (район с. Усть-Цильма), в 47–71 % случаев в центральной части (участок в районе с. Ёрмицы и с. Оксино), в 48–94 % случаев в нижней части (участок в районе г. Нарьян-Мар и д. Осколково);

– наиболее затороопасен участок р. Печоры вблизи с. Ёрмицы, где повторяемость заторов льда достигает 53 %. Здесь высший уровень за год примерно в половине случаев формируется при открытой воде, в половине – при тех или иных ледовых явлениях, при этом наибольших значений высшие уровни воды достигают при ледоходе или заторе льда.

Таблица 1. Условия формирования высших уровней воды на р. Печоре

Table 1. Conditions for the formation of higher water levels on the Pechora River

Гидрологический пост, период наблюдений	Расстояние от устья, км	Затор		Ледоход		Чисто	
		P, %	Средний/высший уровень, см	P, %	Средний/высший уровень, см	P, %	Средний/высший уровень, см
с. Усть-Цильма, 1951–2021 гг.	425	1	774/774	18	888/1018	81	976/1219
с. Ёрмицы, 1951–2021 гг.	236	31	990/1124	16	993/1125	53	957/1099
с. Оксино, 1951–1964 гг., 1976–2017 гг.	141	16	699/773	55	705/846	29	681/816
г. Нарьян-Мар, 1981–2021 гг.	100	0	—	48	545/672	30	517/647
д. Андег, 1981–2021 гг.	53	3	531/531	88	557/667	9	488/535
д. Осколково, 1981–2021 гг.	53	0	—	94	572/696	6	534/537

Анализ материалов ДЗЗ, актуальных ортофотопланов и результатов рекогносцировочных обследований позволил выявить участки берегоразрушения в границах 22 населенных пунктов. Для этих населенных пунктов составлены картосхемы положения берега через 25 лет (прогнозные оценки)

с описанием объектов жилой застройки и инфраструктуры, попадающих в зону возможного обрушения.

На основе разработанной для всего участка исследования численной гидродинамической модели р. Печоры рассчитаны уровни и определены границы зон затопления при прохождении весеннего половодья 1 %, 3 %, 5 %, 10 %, 25 % и 50 % обеспеченности. Составлены картосхемы расчетных зон затопления (рис. 3) для всех населенных пунктов с отображением актуальных сведений о жилой застройке и объектах инфраструктуры.

Для каждого населенного пункта проведена оценка вероятностного ущерба от затопления для объектов экономики и жилищно-коммунального хозяйства на основе Методики². Вероятный прогнозный ущерб рассчитан по формуле (1) пункта 1.15 Методики:

$$Y_n = \sum Z_i \times P \times K_n, \quad (1)$$

где $\sum Z_i$ – сумма затрат или удельный показатель стоимости ущерба, нанесенного территориям и объектам паводками различной обеспеченности, в расчете на 1 га затопляемой площади, млн руб. в ценах 2005 г.;

P – площадь, подверженная негативному воздействию вод, га;

K_n – индекс-дефлятор.

Обобщение результатов по расчетным зонам затопления и накопленной информации выполнялось в разработанном едином ГИС-проекте. Результаты расчетов с использованием геоинформационной системы показали, что величина прогнозного ущерба по всем населенным пунктам для паводка 1 % обеспеченности составляет порядка 26 500 млн руб., в т. ч. по населенным пунктам Республики Коми – 2 100 млн руб. (табл. 2). Наибольшему ущербу от затопления могут быть подвержены населенные пункты Ненецкого автономного округа: г. Нарьян-Мар (~ 13 500 млн руб.), Рабочий поселок Искателей (~ 3 300 млн руб.), с. Великовисочное (~ 1 620 млн руб.).

При прохождении весеннего половодья 1 % обеспеченности в 32 населенных пунктах (с общей численностью населения порядка 44 тыс. чел.) отмечается затопление жилой застройки, где проживает около 24,5 тыс. чел. (~ 56 %). Количество населения, проживающего в зонах, подверженных негативному воздействию вод (при 50 % обеспеченности), составляет более 4,5 тыс. чел. (~ 10 %).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Проблематикой защиты от наводнения населенных пунктов занимались в разные годы такие исследователи, как Б.Д. Зайков [2], Г.И. Швец [3], А.Б. Авакян [4], М.Н. Истомина [5] и др. Применение защитных дамб для снижения рисков затоплений при прохождении экстремально высоких паводков рассмотрено в работах [6–10]. В целом мероприятия по защите территории от наводнений можно разделить на три основные группы – инженерные, превентивные и административные.

² Методика оценки вероятного ущерба от вредного воздействия вод и оценки эффективности осуществления превентивных водохозяйственных мероприятий. ФГУП «ВИЭМС», 2005.

При разработке научно обоснованных рекомендаций по предотвращению негативного воздействия вод р. Печоры использовали архивные сведения, результаты полевых работ и расчетные данные, собранные в ходе трех этапов исследования. Основным отличием проведенного исследования от ранее выполненных мероприятий по противопаводковой защите населенных пунктов Крайнего Севера является использование в работе гидродинамической модели при расчете границ зон затопления в условиях достаточно разреженной государственной сети наблюдений на рассматриваемом участке р. Печоры, а также применение современных геоинформационных технологий как для обработки и систематизации полученных экспедиционных материалов наблюдений, так и при детальном расчете ущерба населенным пунктам от вероятного затопления. Такой комплексный подход, основанный на применении современных информационных технологий и направленный на решение задач по снижению негативного воздействия вод, позволяет выработать наиболее эффективные рекомендации по защите населенных пунктов от затопления.

Инженерные мероприятия базируются на возведении технических сооружений или проведении других работ по минимизации негативных последствий при прохождении высоких паводков. Выполненный на заключительном этапе анализ инженерных мероприятий по защите населенных пунктов от затопления выявил, что наиболее эффективным для исследуемого участка р. Печоры является строительство защитных дамб с использованием местной ресурсной базы. Другие мероприятия (дноуглубление, спрямление русла, строительство перехватывающих плотин, подъем высоты уровня населенного пункта) неэффективны и имеют более высокую стоимость реализации. Более подробно анализ противопаводковых мероприятий для исследуемого участка р. Печоры представлен в работе [11].

При проектировании инженерной защиты прибрежной территории водотоков в качестве расчетного принимают максимальный уровень воды с вероятностью превышения в зависимости от класса сооружений инженерной защиты. При этом определение абсолютной отметки гребня сооружения выполняется в зависимости от класса ответственности сооружений с учетом надбавки на инженерный запас, высоты нагона и наката волны в соответствии с СП 58.13330.2019³. Определение планового положения сооружений выполнено на основании расчетных зон затопления для уровня высоких вод 1 % обеспеченности (1 раз в 100 лет).

При реализации таких проектов для предотвращения размыва защитных дамб при прохождении весеннего половодья, как правило, предусматривается установка и крепление железобетонных плит у основания дамбы, а также отвод образующихся на территории ливневых вод, обустройство съездов. Стоимость строительства защитных дамб для всех населенных пунктов оценивается в сумму 25 500 млн руб. в ценах 2022 г., без учета дополнительных затрат, связанных с доставкой грузов и организацией строительных работ. Кроме того, для обслу-

³ СП 58.13330.2019. Свод правил. Гидротехнические сооружения. Основные положения. СНиП 33-01-2003. (утв. и введен в действие Приказом Минстроя России от 16.12.2019 № 811/пр) (ред. от 09.08.2023).

живания предлагаемых дамб необходимо создать эксплуатирующую организацию, на баланс которой должны быть переданы все построенные объекты.

При условии реализации инженерных мероприятий (строительство дамб) вероятный (прогнозный) ущерб по всем населенным пунктам снизится при паводке 1 % обеспеченности с 25 500 млн руб. до 9 290 млн руб., при паводке 3 % обеспеченности с 23 500 млн руб. до 236 млн руб. Для паводков 50 % обеспеченности, наблюдающихся практически ежегодно, величина вероятного (прогнозного) ущерба будет снижена до 0,001 млн руб.

Учитывая длительные сроки реализации инженерных мероприятий по защите населения от негативного воздействия вод р. Печоры, особое внимание в настоящее время необходимо уделять организации и выполнению превентивных мер, направленных на снижение вероятного материального ущерба от затопления населенных пунктов. Превентивные мероприятия по снижению негативного воздействия паводковых вод условно можно разделить на три основные группы⁴:

1 группа – мероприятия организационно-профилактического характера;

2 группа – плановые практические превентивные мероприятия;

3 группа – оперативные мероприятия, выполняемые непосредственно при ухудшении паводковой обстановки.

Из списка мероприятий организационно-профилактического характера для исследуемого участка р. Печоры выделяются:

– разработка и ежегодная корректировка перечня затороопасных и паводкоопасных участков и объектов, попадающих в зону затопления (подтопления);

– корректировка существующих правил землепользования и застройки поселений и документации по планировке территорий с учетом зон затопления (подтопления);

– планирование мероприятий по предотвращению негативного воздействия вод и организация строительства систем и сооружений инженерной защиты паводкоопасных районов.

Из списка мероприятий 2 группы для исследуемого участка р. Печоры могут быть эффективны:

– инженерно-технические мероприятия по ослаблению прочности льда;

– проведение берегоукрепительных и дноуглубительных работ;

– регулирование стока и отвод поверхностных и подземных вод.

В список мероприятий 3 группы, которые выполняются непосредственно при ухудшении паводковой обстановки и проводятся при «активной фазе» прохождения паводкоопасного периода, в соответствии с прогнозом затопления в паводковых районах для исследуемого участка р. Печоры входят:

– уточнение планов по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций;

– доведение до органов местного самоуправления информации о существующих ограничениях использования территории на землях, подверженных затоплению;

⁴ Методические рекомендации по организации подготовки и сопровождения паводкоопасного периода на территории субъекта Российской Федерации (утв. МЧС России 11.10.2021 № МР-9-1).

- информирование граждан о прогнозе наводнения, организация разъяснительной работы по действиям населения в ходе половодья;
- устройство быстровозводимых дамб и обвалований;
- подсыпка, искусственное повышение поверхности территории;
- проведение при необходимости заблаговременной эвакуации населения из зон затопления;
- развертывание пунктов временного размещения;
- оборудование объездных маршрутов для автотранспорта.

В качестве административного мероприятия выделяется соблюдение положений статьи 67.1 Водного кодекса Российской Федерации, в соответствии с которой в границах зон затопления, подтопления запрещается строительство объектов капитального строительства, не обеспеченных сооружениями и (или) методами инженерной защиты территорий и объектов от негативного воздействия вод. Исходя из этого, установление зон затопления и подтопления является специальным защитным мероприятием и осуществляется для предотвращения негативного воздействия вод и ликвидации его последствий. Порядок установления, изменения и прекращения существования зон затопления, подтопления определен Постановлением Правительства Российской Федерации от 18 апреля 2014 г. № 360 «О зонах затопления, подтопления»⁵. Жители имеют право знать, находится ли населенный пункт, в котором они проживают, в зоне возможного затопления. Кроме того, для домохозяйств, попадающих в зону затопления 1 % обеспеченности, следует проработать возможность переселения на более безопасные территории.

Проведение работы по установлению границы зоны затопления при прохождении весеннего половодья 1 % обеспеченности на территории всех населенных пунктов и представление данных в Единый государственный реестр недвижимости с дальнейшим соблюдением требований статьи 67.1 Водного кодекса Российской Федерации является важным административным мероприятием, которое позволит значительно снизить негативное воздействие паводковых вод р. Печоры.

В качестве альтернативы представленной выше инженерной защиты рассчитана эффективность проведения мероприятий по переселению жителей, попадающих в зону возможного затопления при паводке 1 % обеспеченности. Рассматривалось участие граждан в программе по переселению, осуществляемой в соответствии с Федеральным законом «О жилищных субсидиях гражданам, выезжающим из районов Крайнего Севера и приравненных к ним местностей»⁶. Как показали расчеты, экономически нецелесообразно проводить переселение жителей в наиболее крупных населенных пунктах, таких как г. Нарьян-Мар, Рабочий поселок Искателей. Для небольших населенных пунктов мероприятия по переселению жителей экономически более эффективны по сравнению со строительством защитных дамб.

⁵ Постановление Правительства РФ от 18.04.2014 № 360 (ред. от 17.08.2022) «О зонах затопления, подтопления» (вместе с «Положением о зонах затопления, подтопления»).

⁶ Федеральный закон от 25.10.2002 № 125-ФЗ (ред. от 20.07.2020). «О жилищных субсидиях гражданам, выезжающим из районов Крайнего Севера и приравненных к ним местностей».

Анализ полученных данных показал, что наибольший эффект проведения первоочередных мер, направленных на предотвращение негативного воздействия вод р. Печоры, будет достигнут в результате реализации двух мероприятий – переселения жителей и строительства защитных дамб (табл. 2). Целесообразность проведения мероприятий и перечень населенных пунктов определяли согласно принципам экономической эффективности (ущерб от воздействия вод р. Печоры больше, чем стоимость проведения мероприятия).

Таблица 2. Первоочередность мероприятий, направленных на предотвращение негативного воздействия вод р. Печоры, по принципу экономической эффективности (в порядке эффективности вложенных средств)
Table 2. Priority of measures aimed at preventing the harmful effects of the waters of the Pechora River in compliance with the principle of economic efficiency (in the order of efficiency of invested funds)

Населенный пункт	Величина вероятного вреда при паводке 1 % обеспеченности, млн рублей	Тип наиболее эффективного мероприятия	Затраты на реализацию мероприятия, млн руб.	Эффективность мероприятий, руб/руб. вложенных средств
Ненецкий автономный округ				
Куя	258	переселение	24,7	10,4
Осколково	129	переселение	16,5	7,8
Лабожское	1090	переселение	181	6,0
Устье	56	переселение	12,4	4,5
Щелино	130	переселение	28,8	4,5
Тельвиска	816	переселение	210	3,9
Тошвиска	204	переселение	57,7	3,5
Красное	1570	переселение	466	3,4
Великовисочное	1620	переселение	503	3,2
Макарово	316	переселение	103	3,1
Оксино	880	переселение	342	2,6
Андег	304	переселение	161	1,9
Пыльмец	52,2	переселение	28,8	1,8

Продолжение таблицы 2

Населенный пункт	Величина вероятного вреда при паводке 1 % обеспеченности, млн рублей	Тип наиболее эффективного мероприятия	Затраты на реализацию мероприятия, млн руб.	Эффективность мероприятий, руб/руб. вложенных средств
Нарьян-Мар	13500	строительство защитной дамбы	8770	1,5
Искателей	3280	строительство защитной дамбы	2360	1,4
Хонгурей	4,64	переселение	4,10	1,1
Итого на реализацию по НАО			13 096	
Республика Коми, Усть-Цилемский район				
Медвежка	102	переселение	3,90	26,2
Мыза	87,4	переселение	11,7	7,5
Харьяга	202	переселение	42,8	4,7
Крестовка	68,5	переселение	15,6	4,4
Леждуг	75,6	переселение	23,3	3,2
Ёрмица	357	переселение	140	2,6
Среднее Бугаево	382	переселение	187	2,0
Верхнее Бугаево	125	переселение	66,1	1,9
Хабариха	157	переселение	101	1,6
Окунев Нос	52,6	переселение	38,9	1,4
Итого на реализацию по Республике Коми Усть-Цилемский район			428	
По всем населенным пунктам			13 524	

Общая стоимость предлагаемых первоочередных мероприятий в Ненецком автономном округе и Республике Коми с соблюдением принципа экономической эффективности составит 13 524 млн руб.: Ненецком автономном округе – 13 096 млн руб., Республика Коми – 428 млн руб.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

С применением современных информационных технологий проведено комплексное исследование для решения задач по разработке научно обоснованных

ванных рекомендаций по защите от затопления населенных пунктов, расположенных в нижнем течении реки Печоры:

– по материалам наблюдений за гидрологическим режимом р. Печоры на стационарных постах наблюдательной сети Росгидромета с учетом современных данных до 2021 г. выполнены все необходимые гидрологические расчеты, в т. ч. обеспеченных значений уровней воды весеннего половодья;

– проведено рекогносцировочное обследование с целью фиксации отметок максимальных уровней подъема воды на территории населенных пунктов, анкетирование населения;

– выполнены инженерно-геодезические и гидрологические изыскания, отработана методика получения детальных цифровых моделей рельефа и ортофотопланов местности (для актуализации ситуационных планов) с использованием БПЛА в условиях Крайнего Севера;

– для моделирования зон затопления (программного комплекса НЕС-RAS) разработана и верифицирована численная гидродинамическая модель исследуемого участка р. Печоры протяженностью более 425 км в одномерной постановке;

– разработана информационная база данных на основе ГИС, включающая картографический материал с зонами затопления, данные о гидрометеорологической изученности отдельных гидрологических характеристик, информацию о русловых процессах и другие данные, характеризующие проявления негативного воздействия вод.

На основе анализа материалов исследования установлено, что практически ежегодно на рассматриваемом участке р. Печоры затоплению подвержены 28 населенных пунктов. Общая величина прогнозного ущерба для паводка 1 % – обеспеченности составляет 26,5 млрд руб., в т. ч. по населенным пунктам Ненецкого автономного округа – 24,4 млрд руб., Республики Коми – 2,10 млрд руб. На территориях, подверженных негативному воздействию вод, проживает более 24 тыс. человек, из которых практически ежегодно с последствиями затопления сталкиваются порядка 4,5 тыс. жителей.

Наиболее оптимальным инженерным вариантом защиты населенных пунктов от затопления в нижнем течении р. Печоры является строительство защитных дамб. Другие рассмотренные инженерные мероприятия неэффективны и имеют более высокую стоимость реализации. Наибольший эффект от мероприятий, направленных на предотвращение негативного воздействия вод р. Печоры, будет достигнут в результате переселения жителей и строительства защитных дамб.

Учитывая длительные сроки реализации инженерных мероприятий по защите населения от негативного воздействия вод р. Печоры, особое внимание в настоящее время необходимо уделять организации и выполнению превентивных мер. Соблюдение требований статьи 67.1 Водного кодекса Российской Федерации позволит снизить вероятный материальный ущерб от затопления населенных пунктов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лучников А.И., Голдобин Н.А., Лепешкин С.А. Опыт комплексных натурных исследований с применением БПЛА при решении задач по оценке зон затопления территорий населенных пунктов (на примере реки Печоры) // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2023. № 2. С. 55–68. DOI: 10.35567/19994508_2023_2_4.

2. Зайков Б.Д. Высокие половодья и паводки на реках СССР за историческое время. Л.: Гидрометеиздат, 1954. 135 с.
3. Швец Г.И. Выдающиеся гидрологические явления на юго-западе СССР. Л.: Гидрометеиздат, 1972. 244 с.
4. Авакян А.Б., Полюшкин А.А. Наводнения. М.: Знание, 1989. 46 с.5.
5. Добровольский С.Г., Истомина М.Н. Наводнения мира. М.: Геос, 2006. 256 с.
6. Шайтан, В.С. Крепления земляных откосов гидротехнических сооружений / В. С. Шайтан. М.: Стройиздат, 1974. 352 с.
7. Левкевич В.Е. Крепление берегов и верховых откосов подпорных сооружений гидроузлов Беларуси. Минск: БНТУ, 2019. 172 с.
8. Лепихин А.П. К оценке эффективности применения дамб для снижения рисков затоплений при прохождении экстремально высоких паводков // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2006. № 6. С. 27–32.
9. Макаров К.Н. Основы проектирования берегозащитных мероприятий. М.: ПНИИИС Госстроя РФ, 1999. 236 с.
10. 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.
11. 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_5.

REFERENCES

1. Luchnikov A.I., Goldobin N.A., Lepeshkin S.A. The experience of complex field studies using UAVs in solving problems of assessing flood zones of populated areas (on the example of the Pechora River). *Water Sector of Russia: Problems, Technologies, Management*. 2023. No. 2. P. 55–68. DOI: 10.35567/19994508_2023_2_4 [In Russ.].
2. Zaikov B.D. High floods and floods on the rivers of the USSR in historical time. L.: Gidrometeoizdat, 1954. 135 p. [In Russ.].
3. Shvets G.I. Outstanding hydrological phenomena in the south-west of the USSR. L.: Gidrometeoizdat, 1972. 244 p. [In Russ.].
4. Avakian A.B., Polyushkin A.A. Floods - Moscow: Znanie, 1989. 46 p. [In Russ.].
5. Dobrovolsky S. G., M. N. Istomina M. N. Floods of the world. Moscow: Geos, 2006. 256 p. [In Russ.].
6. Shaitan V.S. Fastening of earthen slopes of hydraulic structures. M.: Stroyizdat, 1974. 352 p. [In Russ.].
7. Levkevich V.E. Fastening of banks and upper slopes of retaining structures of hydroelectric power plants in Belarus. Minsk: BNTU, 2019. 172 p. [In Russ.].
8. Lepikhin A.P. To assess the effectiveness of dams to reduce the risks of flooding during extremely high floods. *Water Sector of Russia: Problems, Technologies, Management*. 2006. No. 6. P. 27–32 [In Russ.].
9. Makarov K.N. Fundamentals of designing coastal protection measures. M.: PNIIS Gosstroy of the Russian Federation, 1999. 236 p. [In Russ.].
10. Shalikovskiy A.V. Justification of the possibility of using protective dams to regulate flood runoff. *Water Sector of Russia: Problems, Technologies, Management*. 2016. No. 5. P. 63–75. DOI: 10.35567/1999-4508-2016-5-5 [In Russ.].
11. Perepelitsa D.I., Tiunov A.A., Lepikhin A.P., Andreev S.R., Goldobin N.A., Lepeshkin S.A. The choice of flood control measures using computational experiments (on 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_5 [In Russ.].

Сведения об авторах:

Мирошниченко Сергей Анатольевич, канд. геогр. наук, руководитель филиала, ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт комплексного использования и охраны водных ресурсов», Камский филиал, Россия, 614002, г. Пермь, ул. Николая Островского, 113; ORCID: 0009-0007-5335-9761; e-mail: kama2100@mail.ru

Лучников Антон Игоревич, ведущий инженер-исследователь, ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт комплексного использования и охраны водных ресурсов», Камский филиал, Россия, 614002, г. Пермь, ул. Николая Островского, 113; ведущий инженер, ФГБУН «Горный институт Уральского отделения Российской академии наук, Россия, 614007, г. Пермь, ул. Сибирская, 78А; ORCID: 0000-0002-0660-2462; e-mail: luchnikovanton@gmail.com

Лепешкин Сергей Александрович, научный сотрудник, ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт комплексного использования и охраны водных ресурсов», Камский филиал, Россия, 614002, г. Пермь, ул. Николая Островского, ORCID: 0000-0002-2308-4396; e-mail: lepehkin_sa@mail.ru

Перепелица Дмитрий Ильич, начальник проектного отдела, ООО «Западно-Уральский институт водных и экологических проблем», Россия, 614002, г. Пермь, ул. Николая Островского, 113; инженер, лаборатория 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: 0000-0003-2499-7899; e-mail: perepelitsa_di@mail.ru

Тиунов Алексей Александрович, ведущий инженер-программист, ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт комплексного использования и охраны водных ресурсов», Камский филиал, Россия, 614002, г. Пермь, ул. Николая Островского, 113; ведущий инженер, лаборатория 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: 0000-0003-2015-8828; e-mail: alexey.tiunov@gmail.com

About the authors:

Sergei A. Miroshnichenko, Candidate of Geographical Sciences, Head, Russian Research Institute for Integrated Water Management and Protection Kama Branch, ul. Nikolay Ostrovsky, 113, Perm, 614002, Russia; ORCID: 0009-0007-5335-9761; e-mail: kama2100@mail.ru

Anton I. Luchnikov, Leading Engineering Researcher, Russian Research Institute for Integrated Water Management and Protection Kama Branch, ul. Nikolay Ostrovsky, 113, Perm, 614002, Russia; Leading Engineer, Mining Institute of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, ul. Sibirskaya, 78A, Perm, 614007 Russia; ORCID: 0000-0002-0660-2462; e-mail: luchnikovanton@gmail.com

Sergey A. Lepeshkin, Researcher, Russian Research Institute for Integrated Water Management and Protection Kama Branch, ul. Nikolay Ostrovsky, 113, Perm, 614002, Russia; ORCID: 0000-0002-2308-4396; e-mail: lepehkin_sa@mail.ru

Dmitry I. Perepelitsa, Head of the Project Department, West Ural Institute of Water and Environmental Problems, ul. Nikolay Ostrovsky, 113, Perm, 614002, Russia; Engineer, 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 Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, ul. Sibirskaya, 78A, Perm, 614007, Russia; ORCID: 0000-0003-2499-7899; e-mail: perepelitsa_di@mail.ru

Aleksey A. Tiunov, Lead Software Engineer, Russian Research Institute for Integrated Water Management and Protection Kama Branch, ul. Nikolay Ostrovsky, 113, Perm, 614002, Russia; Senior Engineer, 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: 0000-0003-2015-8828; e-mail: alexey.tiunov@gmail.com