УДК 556.18:504.062

ОЦЕНКА ОПАСНОСТИ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ НА РЕГИОНАЛЬНОМ И ЛОКАЛЬНОМ УРОВНЯХ*

© 2014 г. Н.Л. Фролова, С.А. Агафонова, А.С. Завадский, И.Н. Крыленко

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, Москва

Ключевые слова: опасные гидрологические явления, природная опасность, уязвимость, риск, наводнение, заторы льда.



Н.Л. Фролова



С.А. Агафонова



А.С. Завадский



И.Н. Крыленко

На примере наводнений и ледовых явлений рассмотрены современные подходы и возможности оценки влияния опасных гидрологических явлений на безопасность населения и объекты экономики в различных регионах страны. Продемонстрировано, что особенности анализа опасных гидрологических явлений и оценка риска зависят от пространственного масштаба исследований, который определяет состав исходной информации, методы ее обработки, выбор соответствующих показателей и используемых математических моделей, особенности отображения явлений на картах.

* Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ (проект № 13-05-00113), гранта Правительства РФ для государственной поддержки научных исследований, проводимых под руководством ведущих ученых в российских ВУЗах (проект № 11.G.34.31.0007), ФЦП «Развитие водохозяйственного комплекса Российской Федерации в 2012–2020 годах».

Введение

Использование тех или иных ресурсов водных объектов для удовлетворения социальных и экономических потребностей неизбежно сопровождается увеличением риска воздействия гидрологических процессов на безопасность населения, социальных и промышленных объектов, находящихся на берегах рек и водоемов.

Опасными гидрологическими явлениями (ОГЯ) являются события гидрологического происхождения или результат гидрологических процессов, возникающих под действием различных природных или гидродинамических факторов или их сочетаний, оказывающих поражающее воздействие на людей, сельскохозяйственных животных и растения, объекты экономики и окружающую природную среду (согласно ГОСТ Р 22.0.03–95). В том числе в их состав входят изменения экстремальных расходов и уровней воды, водоносности рек вследствие природного сочетания приходных и расходных составляющих водного баланса бассейна (участка реки, водоема) или их антропогенного изменения, опасные ледовые явления.

Риск ОГЯ зависит от возможности возникновения опасного явления природы; природного (географические особенности региона) и социального фона развития (этнические, исторические и политические особенности региона); уязвимости населения, определяемой уровнем экономического развития; субъективного восприятия населением угрозы возникновения опасных явлений фона развития (рис. 1).



Рис. 1. Составляющие риска опасных гидрологических явлений.

В данной работе приняты следующие определения:

природная опасность – угрожающее событие или вероятность проявления потенциально разрушительного явления с указанием места и времени его развития. Опасность определяется комплексом природных условий территорий, от которых зависит вероятность развития опасного явления и его интенсивность;

уязвимость – степень потерь, возникающих в результате развития потенциально опасного явления. Уязвимость является функцией способности социальных, физических и экономических структур противостоять опасности;

природный риск – ожидаемые потери (от гибели и потери здоровья людей, потери собственности, нарушения хозяйственной деятельности), обусловленные проявлением конкретной природной опасности в данном районе за определенный период времени. Расчет риска проводится на основе оценки опасности и уязвимости [1].

Гидрологические процессы становятся опасными, если природные и антропогенные изменения водных объектов, их состояния и режима приводят к риску экономических, экологических и социальных ущербов, поэтому природную опасность и уязвимость следует рассматривать как равноценные и независимые элементы оценки риска. Итак, риск – мера количественного измерения опасности с включением величины ущерба от воздействия опасных факторов, вероятности возникновения опасных факторов и неопределенности в величинах ущерба.

Особенности анализа опасных гидрологических явлений и соответственно оценка самого риска зависят от пространственного масштаба исследований. Он определяет состав исходной информации, методы ее обработки, выбор соответствующих показателей и особенности отображения явления на карте. В работе показаны различные подходы для решения данной задачи на уровне субъектов Федерации и речных бассейнов, а также отдельных участков рек.

Оценка опасности гидрологических явлений на уровне субъектов Российской Федерации

Для больших регионов (субъектов Федерации, крупных речных бассейнов) комплексную оценку опасности целесообразно выполнять на основе косвенных показателей, характеризующих вероятность возникновения опасного процесса и степень уязвимости территории. Смысл этой процедуры состоит в создании тематических картографических обобщений, характеризующих пространственное изменение количественных показателей опасных природных процессов на конкретной территории. Они отражают условия и факторы ОГЯ, вероятность их возникновения, характеристики

уязвимости населения, социальных и производственных объектов, оценки возможного среднего ущерба от их реализации [2]. Для оценки риска наводнений, например, необходимо выбрать гидрологические показатели, характеризующие площадь, продолжительность и глубину затопления при прохождении максимального стока, вероятность этих событий и степень воздействия на население и объекты экономики (рис. 2). При этом важно использовать достаточно универсальные природные факторы, характеризующие опасность наводнений. Одновременно определяется комплекс социально-экономических показателей, учитывающих материальные ресурсы освоенной территории и величину потенциального ущерба в случае ее затопления в период максимального стока. Эти факторы и показатели усредняются по субъектам РФ, что позволяет их ранжировать по уровню опасности. Учет влияния всех факторов опасности наводнений приводит к получению суммарного индекса опасности этого природно-социального явления. Для получения обобщающих комплексных оценок опасности наводнений эффективен непараметрический метод многомерного анализа «PATTERN», широко используемый в экономико-географических исследованиях. Он основан на нормировании факторов опасных процессов по их наибольшим значениям и на определении весовых коэффициентов, учитывающих вклад каждого отдельного фактора в природную и социально-экономическую уязвимость территории. Результаты оценки опасности наводнений на уровне субъектов РФ подробно изложены в [2].



Рис. 2. Общий подход к оценке опасности гидрологических явлений на уровне субъектов РФ.

В климатических условиях России безопасность населения и хозяйства нередко лимитирована опасными ледовыми явлениями [3] (рис. 3). Ограничения природо- и водопользования под их воздействием связаны с повышением уровней воды и затоплением освоенной территории при заторах и зажорах; нарушением условий эксплуатации различных объектов; механическим воздействием льда на социальные и производственные объекты. Оценки потенциальной опасности ледовых явлений основываются на учете продолжительности осенне-зимних и весенних ледовых явлений, когда возникают максимальные затруднения при организации работ на реках. Их продолжительность равна разности между продолжительностью периода с ледовыми явлениями и периода ледостава. В пределах Европейской территории России (ЕТР) она может достигать до 50 и более дней. Еще один показатель опасности ледовых явлений − повторяемость формирования максимального годового уровня воды в период с ледовыми явлениями. На севере страны эта величина составляет 50 % и более, на юге – 5–10 %. Максимальные годовые уровни воды не всегда приводят к затоплению освоенных территорий. Их потенциальная угроза возрастает, если они наблюдаются в период весенних ледовых явлений.



Рис. 3. Классификация опасных ледовых явлений.

Обобщение имеющихся материалов показало, что ущербы от затопления освоенных территорий в период с ледовыми явлениями больше по сравнению с наводнениями в период открытого русла. Они возрастают при увеличении толщины льда перед вскрытием реки и повторяемости выхода воды на пойму − факторов, которые определяют возможные ледовые нагрузки на сооружения в пределах поймы и закономерно изменяются в пределах ЕТР. Влияние ледовых заторов на потенциальный ущерб от затопления освоенной местности зависит от вероятности затопления поймы в период образования затора и глубины затопления поймы при максимальном заторном уровне воды 1 % обеспеченности. Для построения карт характеристик ледового режима рек ЕТР, отражающих степень опасности для различных отраслей хозяйства, в работе использованы данные приблизительно по 200 гидрометрическим постам с периодом наблюдений 1970−2007 гг. (рис. 4–7).

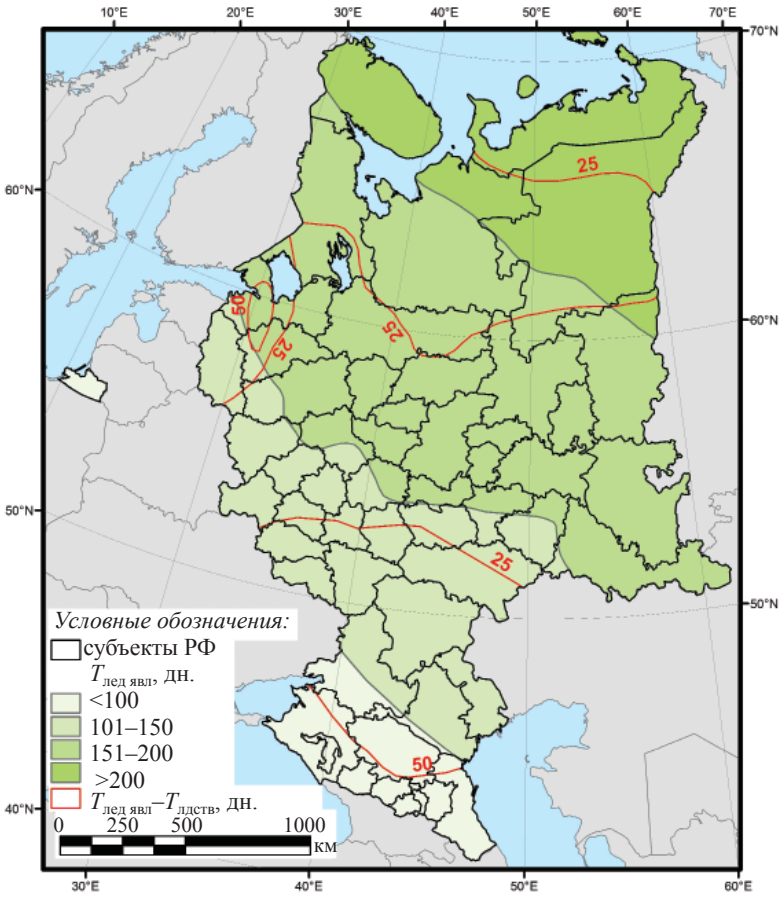


Рис. 4. Продолжительность периода с ледовыми явлениями на реках ЕТР: $T_{лед\ явл}$ – продолжительность ледовых явлений; $T_{лдств}$ – продолжительность ледостава, сут.

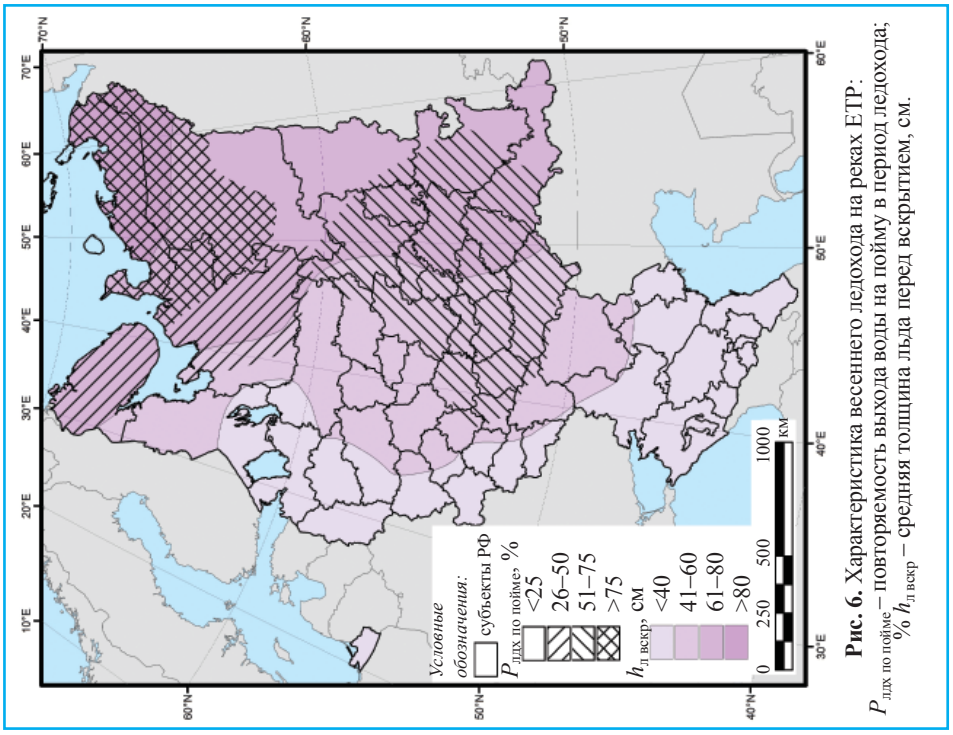


Рис. 6. Характеристика весеннего ледохода на реках ЕТР:
$P_{\text{ддх по пойме}}$ – повторяемость выхода воды на пойму в период ледохода;
$h_{\text{л вскр}}$ – средняя толщина льда перед вскрытием, см.

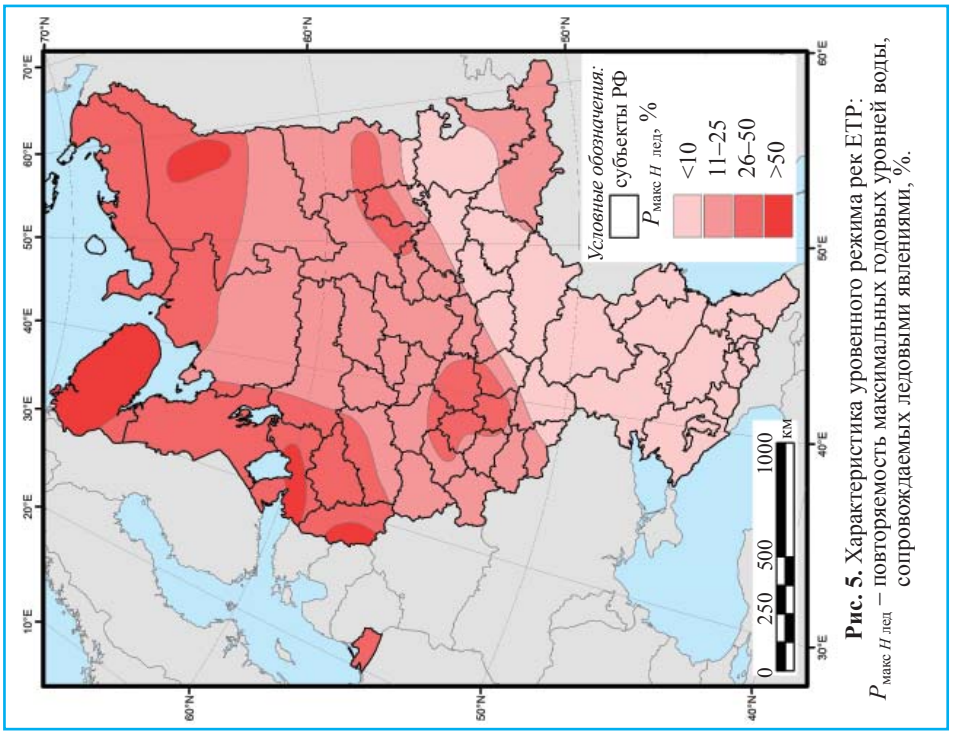


Рис. 5. Характеристика уровенного режима рек ЕТР:
$P_{\text{макс } H \text{ лед}}$ – повторяемость максимальных годовых уровней воды, сопровождаемых ледовыми явлениями, %.

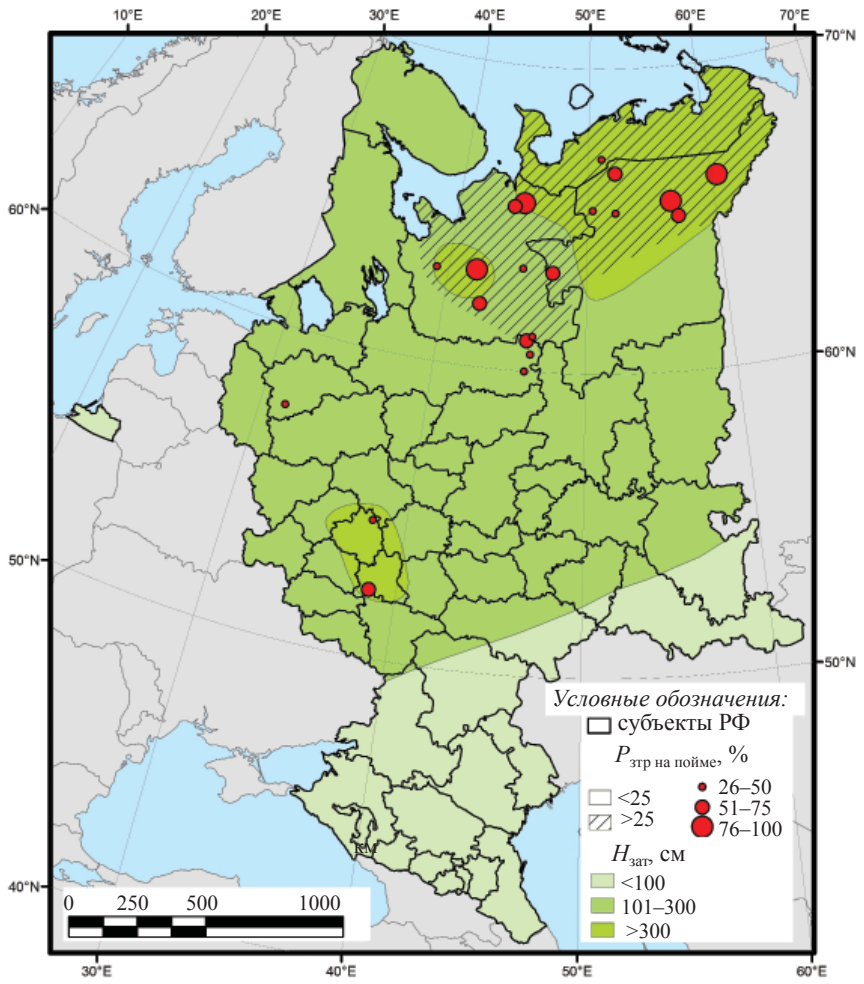


Рис. 7. Характеристика заторов на реках ЕТР: $P_{зтр\ на\ пойме}$ – вероятность затопления поймы при заторе, %; $H_{зат}$ – превышение наивысшего заторного уровня воды 1 % обеспеченности над поймой, см (по данным В.А. Бузина, 2004 [4]).

Для интегральной оценки опасности ледовых явлений могут быть привлечены данные о численности находящегося в зоне проявления опасных гидрологических процессов населения и количестве крупных населенных пунктов, наличии социальных и производственных объектов на берегах рек, их назначении и т. д. Пример такой оценки приведен для севера Европейской территории России в [3].

Оценка негативного воздействия вод на население и хозяйство для отдельных участков рек

Интегральные оценки опасности гидрологических явлений позволяют сравнивать регионы между собой, однако при переходе на локальный уровень требуются более детальные методы исследований, позволяющие учесть особенности водного и ледового режима конкретного участка реки.

Обобщение пространственно-временной изменчивости основных факторов и характеристик наводнений, опасных ледовых явлений на севере ЕТР показало [5], что одним из самых проблемных является участок р. Сухоны и Малой Северной Двины от г. Великий Устюг до г. Котласа. В бассейнах северных рек, в т. ч. Северной Двины, ежегодно привлекаются значительные силы и материальные средства для предотвращения и ликвидации последствий наводнений в период весеннего половодья, часто сопровождающегося заторами льда. Ущерб во время наводнения 1998 г. составил, например, для Великоустюгского района три годовых районных бюджета. В г. Красавино в 2005 г. во время половодья пострадали жители почти 300 домов. Негативное воздействие вод на этом участке отмечено не только в период весеннего половодья, но и в осенний период. В 2006 г. во время осенне-зимнего паводка произошел подмыв левобережной опоры Котласского автомобильного моста. Для ликвидации последствий осенне-зимнего паводка Архангельской областью было израсходовано 12,5 млн руб. В 2013 г. из-за двух заторов льда было отмечено рекордное повышение уровня воды в районе г. Красавино почти на 8,5 м; г. Великого Устюга – на 8 м.

Большинство наводнений в г. Великий Устюг за всю историю наблюдений имело заторный характер. Заторы, влияющие на максимальные уровни воды у г. Великий Устюг, обычно формируются на протяженном перекатном участке ниже узла слияния р. Сухоны и Юга; реже на самой Сухоне выше впадения р. Юг. Это происходит в годы, когда р. Юг вскрывается одновременно или раньше Сухоны. Протяженность крупных заторов составляет нередко 10–20 км. Продолжительность существования заторов колеблется от нескольких часов до 3–5 дней. Учитывая чрезвычайную важность оценки опасности гидрологических явлений на данной территории проведено комплексное исследование водного режима и русловых процессов р. Северная Двина на участке от г. Великий Устюг до г. Котлас для разработки научно обоснованных рекомендаций по предотвращению вредного воздействия вод. Для решения поставленной задачи потребовалось провести разнообразные гидрологические, картографические, экономико-географические исследования (рис. 8).

Отдельное внимание уделено анализу многолетнего и современного водного режима исследуемых рек, а также комплексу гидрологических



Рис. 8. Структура научно-исследовательских работ.

расчетов уровней и расходов воды различной обеспеченности и генезиса, которые легли в основу дальнейшего математического моделирования и разработки мероприятий по снижению негативного воздействия вод. Проведенный анализ фондовых материалов за последние 60 лет позволил установить основные статистически значимые тренды гидролого-климатических характеристик, в той или иной мере влияющих на характер прохождения весеннего половодья.

В условиях климатических изменений особенности ледового режима Северной Двины носят сложный характер. Особенно заметно в последние годы изменение времени установления ледостава. Иногда ледостав устанавливается на месяц и более позже средних многолетних сроков, при этом сроки появления льда меняются мало. Это связано с низкими расходами воды в период появления льда и неустойчивым температурным режимом в ноябре (возвращением положительных температур), обусловливающим формирование снегодождевых паводков. В сложившихся условиях все чаще наблюдаются длительные периоды замерзания, сопровождающиеся образованием зажоров и заканчивающиеся установлением ледостава при высоких уровнях воды. В настоящее время можно говорить о значительно возросшей значимости зажорных явлений в предледоставный период на формирование ледовых заторов в период вскрытия рек и, соответственно, на максимальные уровни воды при прохождении половодья.

Существует опасная и важная тенденция изменения ледового режима в период ледостава, которая не выражается количественно. Это вскрытие рек в зимний период. Последнее зимнее вскрытие в декабре 2006 – январе 2007 гг. сопровождалось образованием заторов и резкими подъемами уровня воды. Были подтоплены дороги, в г. Котлас началось разрушение укрепления мостового перехода. Возможно, что повторяемость катастрофических зимних вскрытий в условиях современного климата увеличится. Если оценивать эффективность превентивных работ на качественном уровне, то анализ многолетних колебаний максимальных заторных уровней за последние десятилетия не позволяет говорить о положительном эффекте. Можно говорить о снижении интенсивности заторных явлений на отдельных перекатах в районе г. Великий Устюг (Шабурный, Голодаевские, Аристовские). Если рассматривать морфологически сложные участки, где кроме общего снижения пропускной способности русла важную роль в формировании заторов играет его морфология (узел слияния р. Сухоны и Юга, Нижний Бобровниковский-Даниловский перекат, система перекатов в районе Приводинской излучины (Кобыльниковские, Ярокурский, Вотлажемские, Новинский перекаты)), то практика проведения превентивных мероприятий не позволяет говорить об их достаточной эффективности (рис. 9). Ледовые заторы на них формируются практически ежегодно и только в случае благоприятных климатических условий (малая толщина и слабая прочность ледового покрова, невысокая волна половодья и затяжной характер снеготаяния, разновременное прохождение ледохода на р. Сухоне и Юге) половодье на Северной Двине проходит без значительных ущербов.

Следует отметить, что проведение превентивных мероприятий и провоцирование преждевременного ледохода в условиях недостаточного ослабления структуры ледяного покрова в начальный период снеготаяния нередко приводит к ухудшению ситуации на расположенных ниже участках. Аналогичная ситуация наблюдается при прорыве уже сформировавшихся заторов, в результате чего ледовые поля смещаются вниз по течению, где забивают русло на еще не вскрывшихся участках, приводя нередко к катастрофическим подъемам уровней воды. Такая ситуация сложилась весной 2013 г.: спровоцированный взрывными работами прорыв затора в районе д. Демьяново привел к формированию гораздо более мощного затора в районе Пускинской излучины, где лед не был подготовлен к вскрытию. Максимальные уровни воды в районе г. Красавино превысили исторический максимум 1914 г., что привело к катастрофическому затоплению города.

Для решения поставленных задач потребовалось провести экспедиционные работы в осенний, весенний и летний периоды, включающие обследование населенных пунктов, гидротехнических сооружений, геодезические и гидрологические работы, собрать социально-экономическую информацию по оценке ущерба и стоимости защитных сооружений.

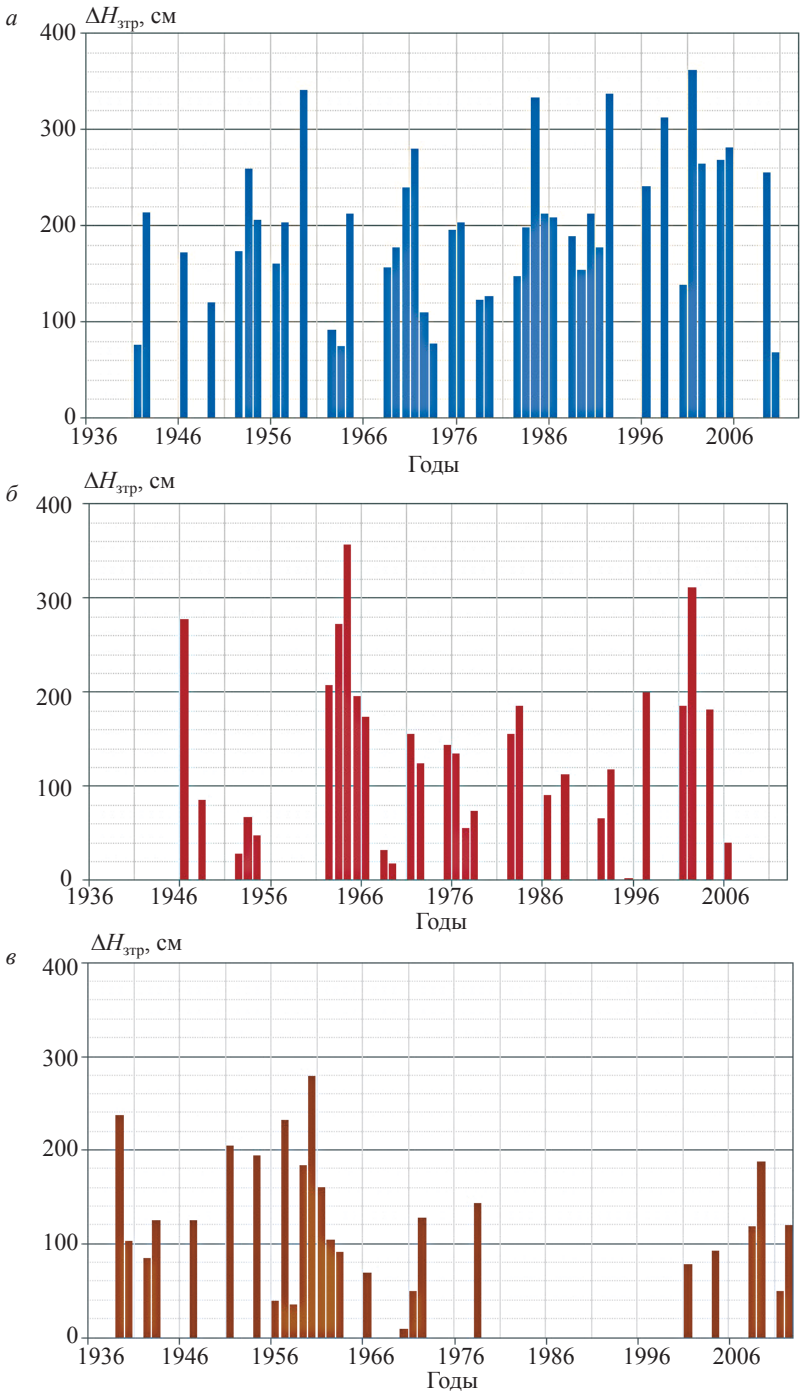


Рис. 9. Изменение величины заторной составляющей уровня воды р. Сухоны в районе г. Великого Устюга (*а*), Малой Северной Двины в районе д. Медведки (*б*) и г. Котласа (*в*).

В процессе анализа русловых деформаций, обработки полевых материалов, создания отдельных блоков базы данных применяли возможности реализованной в настоящее время в МГУ инновационной системы доступа к пространственным данным со спутников дистанционного зондирования «Геопортал МГУ». За время экспедиционных исследований оформлено 72 акта обследования населенных пунктов и 22 акта обследования гидротехнических сооружений. Основной информационный материал был собран в процессе выполнения комплекса инженерно-гидрометеорологических изысканий. Они были проведены в период с 10 мая по 7 июня 2013 г. и включали инженерно-геодезические, гидрографические, гидрологические работы. Полученные материалы позволили создать основу для построения цифровой модели рельефа исследуемого участка, используемой в дальнейшем для гидродинамического моделирования.

Составление карты руслового рельефа масштаба 1:25 000 в Балтийской системе высот было выполнено впервые для всего исследуемого участка. Нивелировка морфостворов в пределах населенных пунктов, а также определение пространственных и высотных отметок современных гидротехнических сооружений, линейных коммуникаций, бровок размываемых берегов и т.д. существенно уточнили современную ситуацию, обновив существующие картографические материалы. Проведенные комплексные гидрологические работы позволили получить новые сведения о распределении расходов воды в пределах 34 гидрологических створов. При этом было проведено две серии измерений при различных уровнях (в середине мая и в начале июня), что позволило использовать эти данные не только для дальнейшего руслового анализа, но и при калибровке математической модели. Получены материалы о стоке взвешенных наносов рек Северной Двины, Сухоны и Юга (взято более 180 проб воды на мутность), отобрано более 270 проб донного грунта и проведен их гранулометрический анализ.

Проведенные комплексные гидрологические работы позволили получить новые сведения о современном состоянии русла Северной Двины и устьевых участков ее притоков – рек Сухоны и Юга. Результаты полевых работ, подготовленный и собранный картографический материал позволили дать оценку современным темпам и направленности русловых процессов на всем исследуемом участке. Негативное воздействие русловых процессов на приречные территории рассмотрено в свете многолетних переформирований русла, для чего проведен анализ разновременного картографического материала. Удалось выявить основные тенденции горизонтальных русловых деформаций, их интенсивность и направленность.

Места расположения зон эрозии и аккумуляции, установленные с помощью ретроспективного анализа, были сопоставлены с данными проведенного рекогносцировочного обследования. На эрозионно-опасные участки в

пределах населенных пунктов разработаны прогнозы переработки берегов на расчетный период 5, 10, 25 лет.

Отдельным направлением исследований стал социально-экономический блок, направленный на оценку современного состояния хозяйственной освоенности приречных районов Северной Двины и оценку ущербов от негативного воздействия вод. По результатам натурных наблюдений и информации органов исполнительной власти составлен перечень объектов экономики и ЖКХ, подверженных негативному воздействию вод, проведены расчеты вероятностного ущерба от природных явлений и стоимости защитных сооружений, дана оценка экономической эффективности рекомендуемых противопаводковых мероприятий.

Одним из основных результатов работы стала адаптированная и откалиброванная по материалам полевых изысканий 2013 г. двумерная гидродинамическая модель русла р. Северной Двины и устьевых участков р. Сухоны и Юга от г. Великого Устюга до г. Котлас, протяженностью около 90 км [6]. Созданная модель русла позволила детально рассмотреть различные гидрологические сценарии прохождения весеннего половодья (1 и 5 % обеспеченности, в том числе с учетом заторной составляющей). В результате подготовлена серия карт зон затопления с детальной информацией о распределении глубин и скоростей течения в пределах пойменно-руслового комплекса на всем исследуемом 90 км участке (рис. 10). Результаты проведенных модельных расчетов легли в основу рекомендаций и предложений по гидротехнической защите противопаводковыми дамбами населенных пунктов, оценки их возможной эффективности и соотношения величин возможного предотвращенного ущерба и капиталовложений в строительство. Промоделированы сценарии изменения гидравлических характеристик водного потока (уровней воды, скоростного поля потока) при сооружении защитных дамб в районе Великого Устюга и Красавино.

Рассмотренные выше методы предотвращения негативного воздействия вод основываются на капитальном гидротехническом вмешательстве в естественные процессы водного и руслового режима. Они сопряжены со значительными экологическими рисками и требуют полноценных проектных проработок. Не столь эффективными, но более экономичными и «мягкими» для приречных экосистем являются мероприятия, направленные на снижение заторной составляющей во время прохождения волны весеннего половодья. Генетический анализ формирования максимальных уровней на участке р. Северной Двины от г. Великого Устюга до г. Котласа указывает на важную роль морфологии русла, определяющей места образования ледовых заторов [7]. Параметры предлагаемых дноуглубительных прорезей носят рекомендательный характер и требуют более детального проектного обоснования. Однако в целом такие габариты позволят достичь необходимых результатов

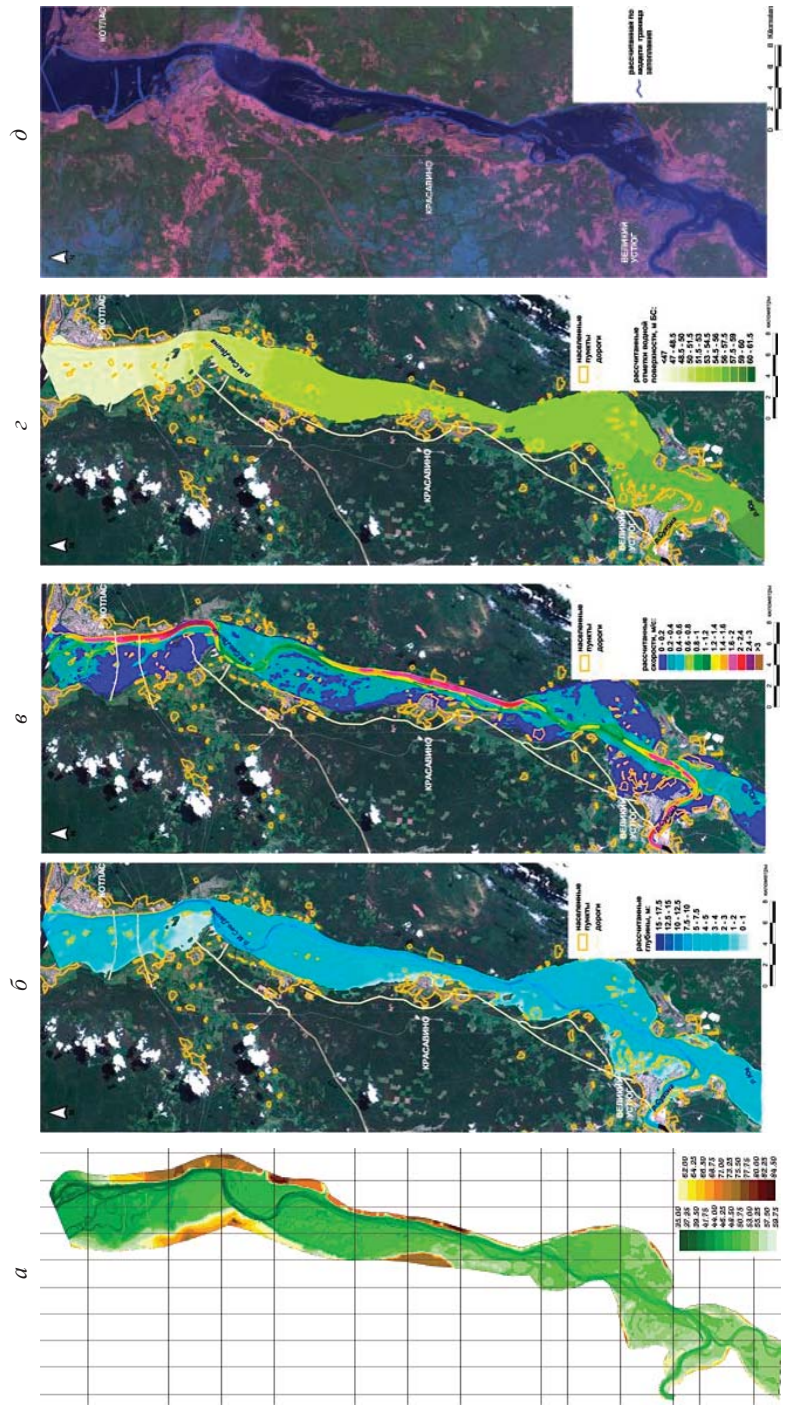


Рис. 10. Высотные отметки (*а*), рассчитанные на основе модели «Flood» глубины (*б*), скорости течения (*в*), отметки водной поверхности (*г*) Северной Двины при 1 % уровнях воды стокового генезиса, сопоставление полученных на основе моделирования и фактических границ затопления пойм в период весеннего половодья по данным космического снимка (*д*).

без изменения гидролого-морфологических процессов в русле. Увеличение объемов расчистки русла чревато значительными перестройками в гидравлике водного потока, существенными посадками меженного уровня, началу трансформации сформировавшейся за столетия системой плес-перекатных систем и формированием новых перекатных участков, которые могут создать новые очаги формирования заторов.

Опыт борьбы с негативными последствиями прохождения весеннего половодья на реках России показывает, что комплексный анализ предледоходных условий, корректный средне- и краткосрочный прогноз гидрометеорологической обстановки, грамотное проведение превентивных мероприятий позволяют управлять гидрологическими и русловыми процессами и в значительной мере минимизировать социально-экономический ущерб на приречных территориях. Конечно, экстремальные гидрологические явления, возникающие при редких, а иногда уникальных сочетаниях природных факторов, всегда возможны, особенно в условиях низкой антропогенной зарегулированности водного режима в бассейнах рек. Это подтверждает печальный опыт 2013 г. как в бассейне Северной Двины (на примере максимального за весь период наблюдений затопления г. Красавино), так и в более масштабном порядке – события в Дальневосточном регионе РФ (на примере аномального по масштабам наводнения в бассейне Амура). Вероятность таких гидрологических сценариев следует учитывать всегда, особенно в условиях глобальных климатических изменений.

Однако на практике приходится ежегодно решать вопросы обеспечения безопасности на приречных территориях в менее экстремальных условиях. И здесь следует обратить внимание на необходимость внедрения более рациональных организационных и управленческих методов предотвращения негативного воздействия вод.

Выводы

В зависимости от масштаба рассматриваемой территории для оценки опасности гидрологических явлений могут быть использованы как комплексные методики балльных оценок, учитывающие самые различные факторы природной опасности и социально-экономической уязвимости, являющиеся составляющими природного риска, так и подробные гидрологические, картографические и социально-экономические исследования формирования опасного процесса и возникающего от него ущерба. Пример решения такого рода задачи приведен для приречных территорий Северной Двины от узла слияния р. Сухоны и Юга до впадения р. Вычегды. Тщательный анализ современных тенденций изменения гидрологического и руслового режима, использование ГИС-технологий и методов

математического моделирования затопления пойменно-русловых комплексов позволил актуализировать предложения по предотвращению затопления населенных пунктов и провести их критическую оценку, разработать рекомендации по целому ряду направлений, грамотное сочетание которых позволяет подготовить единую программу по снижению негативного воздействия вод на население и хозяйство.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Безопасность России. Правовые, социально-экономические и научно-технические аспекты. Анализ рисков и управление безопасностью. М.: МГОФ «Знание», 2008. 672 с.
2. *Гладкевич Г.И., Терский П.Н., Фролова Н.Л.* Оценка опасности наводнений на территории Российской Федерации // Водное хозяйство России. 2012. № 2. С. 29–45.
3. *Агафонова С.А., Фролова Н.Л.* Влияние ледового режима рек севера Европейской территории России на гидроэкологическую безопасность в условиях изменения климата // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. 2009. № 4. С. 55–61.
4. *Бузин В.А.* Заторы льда и заторные наводнения на реках. СПб.: Гидрометеоиздат, 2004. 203 с.
5. *Агафонова С.А., Фролова Н.Л.* Особенности ледового режима рек бассейна Северной Двины / Водные ресурсы. 2006. Т. 33. № 6. С. 1–9.
6. *Беликов В.В*. Совершенствование методов и технологий прикладного численного моделирования в гидравлике открытых потоков: дис. … д-ра техн. наук. М. 2005. 373 с.
7. Русловые процессы и водные пути на реках бассейна Северной Двины / под ред. Р.С. Чалова. М.: ООО «Журнал РТ», 2012. 492 с.

Сведения об авторах:

Фролова Наталья Леонидовна, д-р географ. наук, профессор, кафедра гидрологии суши, географический факультет, Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, 119991, Москва, ГСП-1, Ленинские горы, МГУ; e-mail: frolova_nl@mail.ru

Агафонова Светлана Андреевна, канд. географ. наук, младший научный сотрудник, кафедра гидрологии суши, географический факультет, Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, 119991, Москва, ГСП-1, Ленинские горы, МГУ; e-mail: sv_andreevna@mail.ru

Завадский Александр Сергеевич, канд. географ. наук, старший научный сотрудник, научно-исследовательская лаборатория эрозии почв и русловых процессов, географический факультет, Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, 119991, Москва, ГСП-1, Ленинские горы, МГУ; e-mail: az200611@rambler.ru

Крыленко Инна Николаевна, канд. географ. наук, научный сотрудник, кафедра гидрологии суши, географический факультет, Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, 119991, Москва, ГСП-1, Ленинские горы, МГУ; e-mail: krylenko_i@mail.ru