

УДК 330.1:[504.056+556.166]

ИНТЕГРАЛЬНАЯ ОЦЕНКА РИСКОВ ОТ НАВОДНЕНИЙ В НИЗОВЬЯХ РЕКИ СЕЛЕНГА

Борисова Т.А.

*ФГБУН «Байкальский институт природопользования» Сибирского отделения
Российской академии наук (БИП СО РАН), Улан-Удэ, e-mail: tabor@binm.ru*

Статья содержит результаты анализа и оценки рисков вследствие наводнений в низовьях р. Селенга, предложены рекомендации проведения ряда мероприятий по их снижению и дальнейшему рациональному освоению территории. На начальном этапе обоснован полигон исследования, дана краткая характеристика и механизм прохождения стоковых наводнений, связанных с экстремальными уровнями воды в реке, заторных явлений, вызванных большим сопротивлением на водный поток. На основании официальной статистики с 1931 г. рассчитаны значения повторяемости от величины наводнений. С помощью пакета ArcGIS определены масштабы возможных затоплений, подтоплений прибрежных территорий, что позволило выявить земли разных категорий и перечень хозяйственных объектов в пределах зон поражения. В расчетах предполагаемого ущерба для территорий, объектов и населения от вредного воздействия вод использованы удельные показатели. Даны анализ, оценка экономического риска от наводнений для республики Бурятия. Предложены мероприятия по минимизации рисков негативного воздействия вод с обоснованием их целесообразности и рентабельности. Для крупных поселений предложена система защиты гидротехническими сооружениями (дамбы обвалования). Для поселений с низкими и отрицательными показателями эффективности – переселение жителей, проживающих в зонах затопления. Рассмотрена система обязательного страхования природных рисков и налоговых льгот, эффект которых заключается в получении определенных финансовых гарантий в случае чрезвычайной ситуации при снижении помощи государства. В итоге данная работа и полученные результаты являются объективной базой для совершенствования управления рисками наводнений и обеспечения безопасности жизнедеятельности.

Ключевые слова: наводнения, зоны затопления, повторяемость, оценка рисков, социально-экономические ущербы, защитные сооружения, экономическая эффективность, рациональное планирование территории

INTEGRATED ASSESSMENT OF RISKS FROM FLOODING IN LOWLANDS RIVER SELENGA

Borisova T.A.

*Federal State Budgetary Institution of Science Baikal Institute of Nature Management
Siberian branch of RAS (BINM SB RAS), Ulan-Ude, e-mail: tabor@binm.ru*

The article contains the results of analysis and risk assessment due to floods in the lower reaches of the river. Selenga, proposed recommendations for a number of measures to reduce them and further rational development of the territory. At the initial stage, a study ground was substantiated, a brief description and a mechanism for the passage of run-off floods associated with extreme water levels in the river, congestion caused by high resistance to water flow was given. Based on official statistics since 1931, indicators of repeatability and magnitude of flooding have been calculated. With the help of the ArcGIS package, the scale of possible flooding, coastal areas flooding was determined, which allowed revealing lands of different categories and a list of economic objects within the affected areas. In the calculations of the estimated damage to the territories, objects and population from the harmful effects of water used specific indicators. The analysis, assessment of economic risk from floods for the Republic of Buryatia are given. The proposed measures to minimize the risks of negative effects of water with a justification of their feasibility and profitability. For large settlements, a protection system has been proposed for hydraulic structures (embankment dams). For settlements with low and negative indicators of efficiency – resettlement of residents living in flood zones. The system of compulsory insurance of natural risks and tax benefits, the effect of which is to obtain certain financial guarantees in the event of an emergency while reducing state aid, is considered. As a result, this work and the results obtained are an objective basis for improving flood risk management and ensuring life safety.

Keywords: flood, flood zone, the frequency, risk assessment, socio-economic damage, protective structures, economic efficiency, rational planning of the territory

В Стратегии национальной безопасности Российской Федерации в системе приоритетных целей и мер в области внутренней и внешней политики и устойчивого развития государства на долгосрочную перспективу немаловажное значение для населения и хозяйства и в целом государства имеют цели противодействия природным опасностям. Определяющие задачи направлены на развитие системы регулярного мониторинга опас-

ных природных процессов и явлений в окружающей среде, рациональное с точки зрения безопасности размещение хозяйственных и жилых объектов, строительство защитных сооружений. Решение данных задач и снижение ущербов от негативного воздействия опасных природных процессов и явлений, а также рациональное дальнейшее освоение территории с учетом природных опасностей возможно с позиций рисков [1].

Оценка рисков позволяет не только установить закономерности возникновения и развития опасных процессов разного генезиса в пространстве и времени, но и получить количественные показатели потенциальных потерь, пораженности земель разных категорий и населения при различных сценариях, что является объективной информационной базой для более эффективного управления и принятия стратегических решений.

Байкальский регион является ареной широкого проявления и развития целого ряда опасных природных процессов и явлений. Среди них наводнения на реках бассейна оз. Байкал, и в первую очередь на р. Селенга, относятся к весьма распространенным и разрушительным. Первые упоминания относятся к 1751 г. В летописях (архивы города) отмечается, что г. Верхнеудинск (ныне г. Улан-Удэ) был затоплен почти полностью. «...Немалое участие в подтоплении города принимала почвенная вода: вода в колодцах переполнилась и, выступая за края, заливала дворы, так, что задняя часть города, примыкающая к высокому песчаному увалу, окаймляющему город с северо-востока, была затоплена раньше, чем подошла вода из р. Селенги...» [2]. В прошлом столетии серия катастрофических наводнений зарегистрирована в 30-е, 70-е и 90-е гг.

Рассматривая территорию бассейна р. Селенга, следует отметить, что наиболее освоенной частью с высокой концентрацией населения и хозяйственных объектов является участок нижнего течения реки, в которую входят г. Улан-Удэ и большинство населенных пунктов в приустьевой ее части и дельте. Здесь наводнения представляют серьезную угрозу затоплений и подтоплений целого ряда поселений с колоссальными ущербами для Республики Бурятия. Ожидается, что последующие наводнения будут более катастрофичными вследствие интенсивной, отчасти стихийной застройки частного сектора вдоль реки на бывших землях сельскохозяйственного назначения без учета затопляемости. Кроме того, из-за сложной экономической ситуации большинство поселений в полной мере не защищено от данного опасного явления. Особенно остро стоит вопрос защиты от затоплений для города Улан-Удэ.

Полигоном для исследования определен участок нижнего течения р. Селенга от с. Кардон (выше г. Улан-Удэ) до ее устья.

Таким образом, целью данной статьи является интегральная оценка возможных негативных последствий вследствие наводнений в низовьях р. Селенга для предложений планирования территории и возможной защиты.

Материалы и методы исследования

Гидрологической информацией при изучении наводнений явились многолетние (с 1931 г.) данные максимальных уровней воды, расходов, скорости подъема и длительности стояния высоких отметок. В работе использованы данные по гидрологическим постам, справочники и статистические сборники по Республике Бурятия, картографический материал размещения в зонах поражения жилых домов, хозяйственных и промышленных объектов, численности и плотности населения. В процессе работы применены статистические методы обработки информации с помощью ГИС технологий [3, 4].

Методические приемы расчетов показателей рисков основаны на показателях опасности через параметр уязвимости, позволяющий определить физический риск или пораженность территории, хозяйственных объектов, населения (в физических величинах), который является основой для расчета экономического риска [2, 5].

Ожидаемый экономический ущерб определяется на перспективу как возможный (вероятный) ущерб от разового события по состоянию социального и экономического развития района при отсутствии защитных мероприятий. Расчеты ущербов выполнены по Методике оценки вероятностного ущерба от вредного воздействия вод и оценки эффективности осуществления превентивных водохозяйственных мероприятий [6]. К основным характеристикам последствий затопления относятся: численность населения, оказавшегося в зоне затопления; количество населенных пунктов и жилых домов, попавших в зону затопления; количество предприятий, протяженность автомобильных и железных дорог, линий электропередачи, связи и коммуникаций, объектов инфраструктуры, оказавшихся в зоне затопления [6]. Экономический риск определяется как возможный ущерб для населения и хозяйства от наводнений в год.

Предложенные мероприятия снижения рисков от негативного воздействия вод разработаны в соответствии с положениями федерального и республиканского законодательства.

Результаты исследования и их обсуждение

Механизм протекания наводнений. По генезису формирования наводнений выделяются стоковые, связанные с экстремальными расходами и уровнями воды в реке, а также заторные, вызванные большим сопротивлением на водный поток.

Заторные явления регистрируются на отдельных участках изгибов или сужений русел. Опасные участки, на которых периодически отмечаются заторы и вследствие чего повышение уровней воды выше критических отметок встречается на отдельных отрезках русла Селенги в районе с. Кардон – с. Вознесеновка, разъезд Мостовой – ст. Петуховка, с. Бурдуково – с. Острог, с. Ильинка и с. Мурзино (устьевая часть). В настоящее время данные наводнения своевременно прослеживаются и успешно предупреждаются. Поэтому в данных расчетах не учитываются.

Максимально опасны наводнения паводковые, формирующиеся за счет ливневых или затяжных дождей во второй половине лета. Экстремальные паводки слабо прогнозируемы, характеризуются масштабностью, т.е. повышением уровней воды на большинстве притоков (рек второго порядка). Так, в результате катастрофических паводков р. Селенга в 1971 и 1973 гг. было парализовано 10 районов республики Бурятия и г. Улан-Удэ. Наибольшие ущербы принесены городу и крупным поселениям (с. Сотниково, Ильинка, Кабанск, Тресково и др.) на участках нижнего течения и устьевой части реки.

Классификационными показателями опасности наводнений, необходимыми для расчетов рисков, являются показатели: повторяемости, величины наводнений (глубины затопления) и площади поражения. Величина наводнений рассчитывается как разница максимального подъема уровня воды над уровнем критическим (выход воды на пойму более 40 см). Превышение уровня воды в низовьях р. Селенга достигает 1–3 м. Так, на р. Селенга в 1936 г. – 246 см, 1940 г. – 245 см, 1973 – 207 см (рис. 1). Повторяе-

мость определяется как отношение числа лет с наводнениями уровней воды заданной вероятности превышения к числу лет рассматриваемого периода. На основании статистических данных за последние 100 лет определено, что повторяемость крупных паводков составляет 0,12 и небольших 0,2.

Продолжительность стояния высоких отметок во многом зависит от климатических условий данного времени: на р. Селенга она может достигать 38 суток (1936 г.), но в среднем составляет 20–25 дней. В устьевой части реки глубина затопления поймы небольшая (значительно ниже, чем в целом по бассейну) от 0,4 – более 1,2 м, что объясняется «распластыванием» воды по пойме. Однако длительность стояния высоких отметок может продолжаться 40–48 и более суток.

Моделирование зон затопления выполнено при помощи ArcGIS. Исходными данными для построения рельефа послужила цифровая модель рельефа. В качестве гидрологической информации использованы расчетные уровни воды в створах населенных пунктов, полученные с помощью кривых обеспеченностей уровней и расходов воды в гидрометрических постах на рассматриваемых водотоках (рис. 2).

Границы зон, полученные в ГИС-пакете, из растрового формата конвертированы в векторный [7, 8]. Установлено, что в результате наводнений площадь, подверженная затоплению и подтоплению, может достигать 910,4 км². Сравнение площадей зон затопления по бассейну р. Селенга показывает, что если в целом затоплению может подвергаться 3,4% прибрежных территорий, то в нижнем течении (низовье реки) Селенги эта цифра составляет 11,45% и дельте – 22,6%.

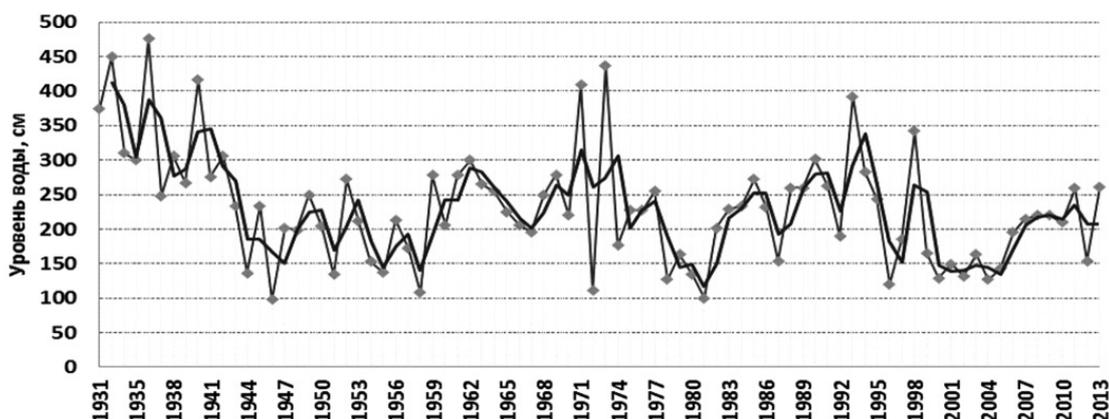


Рис. 1. Динамика максимальных уровней воды р. Селенга (гидрологический пост Улан-Удэ)

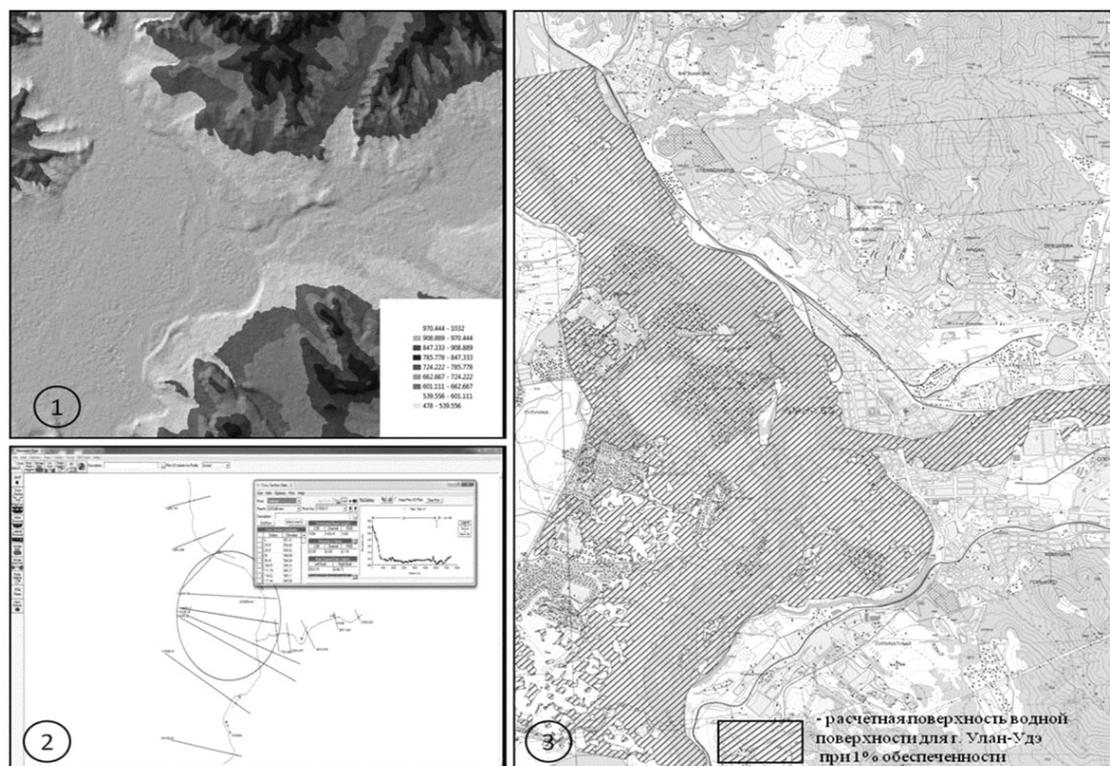


Рис. 2. Пример моделирования зоны затопления: 1 – цифровая модель рельефа в формате TIN; 2 – фрагмент подготовленных геометрических данных для расчета и представление профиля русла и поймы реки; 3 – расчетная зона затопления в пределах участка исследования

Оценка рисков негативных последствий. Картографическое отображение и совмещение слоев использования земель позволило оценить масштабы негативного воздействия вод и определить перечень объектов. В зону затопления попадают земли сельскохозяйственного назначения, земли поселений и промышленности, лесного фонда.

Вследствие особых природно-климатических условий наиболее продуктивными сельскохозяйственными землями являются прибрежные участки пойм реки. Периодическому затоплению подвергаются 38,4 тыс. га прибрежных территорий, занятых сельскохозяйственными угодьями. В разрезе структуры земель преобладают пастбища, составляющие 23,0 тыс. га; пашни – 7,9 тыс. га и сенокосы – 7.6 тыс. га.

36 населенных пунктов, том числе г. Улан-Удэ подвергаются периодическому затоплению. В зонах затопления проживают 50274 человек. 17 поселений (6496 чел.) находятся в устьевой части реки. В категории земель населенных пунктов затапливается 40,3 тыс. га, из которых 3378,3 га под хозяйственными объектами (жилые дома, промышленные предприятия, коммуни-

кации и инженерные сооружения). Количество объектов составляет 32399, из них в границах города 24488.

Расчеты проведены в соответствии с методикой на 2007 г. При расчетах использованы удельные показатели, применен территориальный коэффициент, учитывающий природно-климатические условия Республики Бурятия. Индексация стоимости ущерба к 2017 г. приведена с использованием индексов-дефляторов и индексов цен производителей по видам экономической деятельности [9].

Результаты показывают, что суммарный прямой социально-экономический ущерб от разового события на рассматриваемой территории достигает 95,9 млрд руб. Из них потери для сельскохозяйственной отрасли в недополучении продукции составляют 30,2 млрд руб. Возможный экономический ущерб для хозяйственных объектов оценивается 64,0 млрд руб., для населения – 1,7 млрд руб. Наибольшие ущербы наводнения приносят г. Улан-Удэ, что составляет около 60% от общего объема.

Используя показатель повторяемости наводнений, определяется экономический

риск. Таким образом, в год ущерб для республики могут достигать 11,5 млрд руб. при общем объеме доходов в Бурятии (в цифрах 2018 г.) 47,7 млрд рублей, из которых на мероприятия по защите населения и территории от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера всего предусматривается 0,3% (149,2 млн руб.), причем только за счет республиканских средств. Кроме того, отдельные мероприятия по защите от затопления и берегообрушения заложены в разделе «Водное хозяйство», но их объем также незначителен (216,1 млн руб.). В целом же компенсация ущерба от катастрофических наводнений осуществляется преимущественно за счет бюджетных финансовых резервов РФ.

С целью снижения ущерба проведен анализ возможностей минимизации рисков от негативного воздействия вод. В первую очередь рассмотрена система защиты, как самая надежная мера, и рассчитана рентабельность мероприятий. Показатель экономической эффективности складывается из недопущенных ущербов от негативного воздействия вод при наводнениях. Оценка проведена в соответствии с Методикой [6]. Оптимальным является выполнение мероприятий, где значение показателя положительное и составляет не менее 1,1. Расчеты данного параметра показали, что проведение защитных мероприятий целесообразно не для всех поселений. Высокие значения экономической эффективности (до 10,8) связаны со значительными размерами причиненных ущербов в границах крупных поселений или небольшими затратами на ремонтные работы. Для примера, для г. Улан-Удэ показатель составляет 7,6; пос. Кабанск – 5,4; пос. Ильинка – 10,8 и др. В границах данных поселений (каждого) разработана индивидуальная система защиты. Так, для защиты города целесообразным является строительство дамбы обвалования протяженностью более 22 км с берегоукреплением около 10 км (левобережная часть). Плановое расположение дамбы определено, исходя из топографических условий и очертаний берегов рек. Высота определена из расчета уровня воды в условиях стеснения. Для правобережной части предусматривается капитальный ремонт двух существующих дамб (центр города и участок городских очистных сооружений) и берегоукрепительных сооружений. Дополнительно предлагается расчистка проток и дноуглубление на отдельных участках основного русла. Следует отметить, что техническая система защиты от наводнений предполагает вливание значительных финансовых ресурсов государства, причем

не только предусмотренных для строительства, но и в дальнейшем для безаварийного содержания гидротехнических сооружений.

Для большинства небольших поселений рассматриваемой территории показатель рентабельности проведения системы защиты от наводнений определен как весьма низкий, т.е. мероприятия оцениваются как неэффективные. Например, в н.п. Бурдуково под затопление попадает 3 жилых дома; Старое Татаурово – 12 домов с приусадебными постройками и т.д. Значение эффективности проведения защитных мероприятий составляет 0,34 и 0,79 соответственно. В качестве минимизации негативных последствий здесь предложено переселение жителей, проживающих в зонах затопления. Данный вариант является предпочтительнее, но также требует серьезного государственного участия. (Такие расчеты не проводились.)

Одним из альтернативных инструментов снижения природных рисков является разработка экономического механизма [10, 11]. Введение и развитие системы обязательного страхования природных (наводнений) рисков и формирование страхового фонда, а также разработка налоговых льгот позволит уменьшить финансовую нагрузку на государство и предоставить определенные финансовые гарантии отдельным отраслям хозяйства и населению в случае чрезвычайной ситуации. При этом важной составляющей является учет степени опасности территории (повторяемости наводнений), стоимости объекта и недополученной продукции.

Сформированная нормативная база страхования от рисков сегодня рассматривается в основном в двух направлениях – страхование недвижимости физических и юридических лиц и агрострахование. Безусловно, ущербы свидетельствуют, что наиболее рискованная отрасль – сельскохозяйственная, где большая часть наиболее продуктивных земель периодически подвергается затоплению. В принятом Федеральном Законе «О государственной поддержке в сфере сельскохозяйственного страхования» (ст. 8) предусматривается оказание государственной поддержки при страховании рисков утраты (гибели) урожая сельскохозяйственной культуры, в том числе урожая многолетних насаждений, утраты (гибели) посадок многолетних насаждений в результате воздействия, в том числе наводнений. Однако система агрострахования пока не получила достаточно широкого развития. Еще более сложная ситуация отмечается по страхованию имущества граждан. Здесь вскрывается целый спектр проблем,

который свойственен для нашего государства, и в первую очередь несознательность и неготовность граждан, полагающихся на государство и «авось», а также несовершенство самого механизма страхования.

Но в современных экономических условиях страхование от негативного воздействия процессов или явлений природного характера должно стать наиболее эффективным инструментом управления рисками. Совершенствование механизма компенсации ущерба возможно при условии взаимодействия государства и страхового общества.

Выводы

С целью совершенствования механизма управления рисками наводнений на р. Селенга и обеспечения безопасности необходимо базироваться на достоверной информации возможных масштабов затопления и негативных последствий.

Детализированное изучение условий формирования и характера протекания наводнений на рассматриваемой территории, основанное на вероятностно-площадном подходе с использованием современных инструментов ГИС-технологий, позволило определить значения повторяемости при расчетных уровнях воды заданной вероятности превышения и площади затоплений, выявить земли разных категорий и хозяйственные объекты, что явилось объективной базой для расчетов возможных ущерба.

Установлено, что площадь затопления достигает 910,4 км², из которых 38,4 тыс. га – земли сельскохозяйственного назначения; 40,3 тыс. га – земли поселений. В зоне поражения размещены 36 поселений, в том числе г. Улан-Удэ, где приблизительно более 50 тыс. чел. В результате выполненных оценочных операций экономический риск от наводнений на рассматриваемой территории составляет около 11,5 млрд руб. в год.

Для снижения рисков от наводнений предложен ряд экономических, организационно-административных и инженерно-технических мероприятий. Разработанные противопаводковые мероприятия по реконструкции существующих, строительства новых защитных дамб с обоснованием их эффективности и рентабельности являются основанием для целевого финансирования.

Рассмотренные возможности экономических механизмов налоговых льгот и системы страхования могут дать определенные финансовые гарантии отдельным отраслям хозяйства и населению в случае чрезвычайной ситуации.

Исследование проведено в рамках проекта № 18-45-030020 «Интегральная оценка рисков от наводнений на реках бассейна оз. Байкал» при поддержке РФФИ и Республики Бурятия.

Список литературы

1. Указ Президента Российской Федерации от 31.12.2015 г. № 683 «О Стратегии национальной безопасности Российской Федерации» (в соответствии с федеральными законами от 28 декабря 2010 г. № 390-ФЗ «О безопасности» и от 28 июня 2014 г. № 172-ФЗ) [Электронный ресурс]. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_191669/942772dce30cfa36b671bcf19ca928e4d698a928/ (дата обращения: 19.12.2018).
2. Борисова Т.А. Природно-антропогенные риски в бассейне оз. Байкал. Новосибирск: Изд-во «Гео», 2013. 126 с.
3. Данилов-Данильян В.И., Гельфан А.Н., Мотовилов Ю.Г., Калугин А.С. Катастрофическое наводнение 2013 года в бассейне реки Амур: условия формирования, оценка повторяемости, результаты моделирования // Водные ресурсы. 2014. Т. 4. № 2. С. 111–123. DOI: 10.7868/S0321059614020059.
4. Алексеевский Н.И., Юмина Н.М. Многолетние изменения максимальных уровней воды на нижнем Амуре // Водные ресурсы. 2018. Т. 45. № 1. С. 3–14. DOI: 10.7868/S0321059618010030.
5. Оценка и управление природными рисками. Тематический том / Под ред. А.Л. Рогозина. М.: Издательская фирма «КРУК», 2003. 320 с.
6. Методика оценки вероятностного ущерба от вредного воздействия вод и оценки эффективности осуществления превентивных водохозяйственных мероприятий. М.: ФГУП «ВИЭМС», 2006. 97 с.
7. Kauffeldt A., Wetterhall F., Pappenberger F., Salamon P., Thielen J. Technical review of large-scale hydrological models for implementation in operational flood forecasting schemes on continental level. Environmental Modelling & Software. 2016. vol. 75. no. 1. P. 68–76. DOI: 10.1016/j.envsoft.2015.09.009.
8. Бешенцев А.Н., Цибудеева Д.Ц. Геоинформационная оценка регионального водопользования в бассейне оз. Байкал // Водные ресурсы. 2018. Т. 45. № 1. С. 93–99. DOI: 10.1134/S0097807818010050.
9. Статистический сборник № 08-05-04. Производство валового регионального продукта за 2011–2015 гг. Улан-Удэ, 2017. 99 с.
10. Порфирьев Б.Н. Экономические последствия катастрофического наводнения на Дальнем Востоке в 2013 г. // Регион: экономика и социология. 2015. № 3 (87). С. 257–272. DOI: 10.15372/REG20150911.
11. Добровольский С.Г., Истомина М.Н. К разработке концепции «Управления ущербами» от наводнений в Российской Федерации // Стратегия гражданской защиты: проблемы и исследования. 2016. Т. 6. № 1 (10). С. 30–36.