

МЕТОДОЛОГИЯ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

УДК 550.8.013

ОЦЕНКА СТЕПЕНИ УЯЗВИМОСТИ ЗДАНИЙ ПРИ НАВОДНЕНИЯХ

© 2021 г. В. Н. Булова^{1,*}

¹ *Институт геоэкологии им. Е.М. Сергеева Российской академии наук (ИГЭ РАН),
Уланский пер., 13, стр. 2, Москва, 101000 Россия*

**E-mail: valentina_burova@mail.ru*

Поступила в редакцию 13.07.2021 г.

После доработки 27.07.2021 г.

Принята к публикации 30.07.2021 г.

Рассмотрены и проанализированы основные направления и нормативно-методические документы, связанные с оценками последствий от наводнений. Предложены дополнения к основной общепринятой классификации последствий от наводнений для различных типов зданий. Разработаны подходы к оценкам уязвимости объектов (зданий) от наводнений, основанные на использовании данных об изменении их балансовой стоимости при изменении физического состояния от воздействия на него водных масс. Для 7 различных типов зданий составлены диаграммы зависимости степени уязвимости от различных параметров интенсивности наводнений, предназначенные, в основном, для ориентировочных и массовых оценок возможных потерь от проявления наводнений. Разработанные подходы к оценкам уязвимости являются универсальными, оперативными и доступными.

Ключевые слова: *наводнения, уязвимость, параметры интенсивности, степень деформирования (разрушения), соотношение параметров интенсивности и степени уязвимости*

DOI: 10.31857/S0869780921050027

ВВЕДЕНИЕ

Наводнение — одно из самых распространенных природных стихийных бедствий, в результате затопления территорий приводящее к повреждению (разрушению) объектов экономики, сельскохозяйственных угодий и гибели людей. По повторяемости, площади распространения и суммарному среднегодовому материальному ущербу наводнения на территории Российской Федерации занимают первое место среди природных опасностей, а по количеству человеческих жертв и удельному материальному ущербу (приходящемуся на единицу пораженной площади) — второе место после землетрясений.

В России общая площадь земель, подвергающихся затоплениям при наводнениях, составляет около 5% территории страны. Потенциальная угроза затопления существует более чем для 40 крупных городов и нескольких тысяч других населенных пунктов [5]. Убытки, связанные с наводнениями, оцениваются примерно в 40 млрд руб. в год¹.

В последние десятилетия отмечается уверенная тенденция роста экстремальных наводнений, как в России, так и во всем мире [1, 8, 9, 11]. Наи-

большее количество наводнений зафиксировано в Дальневосточном и Северокавказском регионах России². В мире наводнениям наиболее подвержены страны Азии (Китай, Австралия, Индонезия и Филиппины)³. Весьма опасны наводнения и в США [8].

Такая ситуация привела к наращиванию информации о наводнениях, что спровоцировало увеличивающийся интерес к проблеме наводнений, связанный с оценками последствий от их

² О катастрофических дождях на черноморском побережье Краснодарского края — анализ ситуации. URL: <https://meteoinfo.ru/news/1-2009-10-01-09-03-06/5419-07072012>

³ Australian Storms and Floods: White Paper. “A land ... of droughts and flooding rains” // A special report by Zurich risk engineering, Australia & New Zealand. URL: https://www.zurich.com.au/content/dam/australia/general_insurance/risk_engineering.

Colorado flooding one month later: positive signs of recovery URL: <https://www.fema.gov/news-release/2013/10/11/colorado-flooding-one-month-later-positive-signsrecovery>.

NatCatSERVICE. Natural catastrophe know-how for risk management and research. URL: <http://natcatservice.munichre.com/?filter=eyJ5ZWYyRnJvbSI6MjAxNSwieWVhclRvIjoyMDE1fQ%3D%3D&type=1>.

Natural Disasters 2011. Bangkok: Thai Meteorological Department. URL: <https://www.tmd.go.th/en/downloads.php>.

ReliefWeb. Pakistan Floods: The deluge of disaster-facts & figures as of 15 September 2010 (report from Singapore Red Cross Society). URL: <https://reliefweb.int/report/pakistan/pakistan-floodsthe-deluge-disaster-facts-figures-15-september-2010>.

¹ Информационное агентство России ТАСС: Наводнения в России и ущерб от них. URL: <http://tass.ru/proisshestviya/662522>

проявления в различных сферах. В последние годы созданы комплексные методики оценок последствий от наводнений [1, 2], в которых предусматривается, что характеристика ущерба от наводнения должна включать в себя как природные характеристики процесса, так и социально-экономические составляющие оцениваемой территории. Социально-экономическая оценка включает определение количества населенных пунктов, охваченных воздействием наводнения, величину прямого материального ущерба и угрозу для жизни, характер прямого повреждения промышленных объектов и дорожной инфраструктуры, жилых зданий; размеры и структуру затопления освоенной территории; степень нарушения уклада жизни и производственной деятельности людей; необходимость эвакуации местных жителей; ухудшение экологической обстановки и другие характеристики в конкретных регионах. С учетом данных положений для всей территории России и некоторых ее регионов (Челябинская и Оренбургская области, Республика Башкортостан) выполнена оценка и составлены карты социально-экономической уязвимости [4, 6]. Такие оценки уязвимости проведены с использованием непараметрического метода PATTERN – Planning Assistance Through Technical Relevance Number – Помощь планированию посредством относительных показателей технической оценки.

Все большее внимание при изучении последствий от наводнений в последнее время уделяется изучению социальных последствий, связанных не только с человеческими жертвами и санитарными потерями, но и с общественными трансформациями в виде социально-психологического состояния [3, 10].

Несмотря на рост негативных последствий от наводнений, до сего времени нет не только надежных долгосрочных прогнозов их проявления, но и достоверных и общепринятых методик подсчета причиняемых ими ущербов и общепринятой концепции защиты.

В большинстве случаев учитывается прямой ущерб, связанный с непосредственным физическим контактом паводковых или дождевых вод с хозяйственными объектами, а величина ущерба, как правило, определяется затратами на восстановление хозяйства или текущей рыночной стоимостью разрушенных (или нарушенных) хозяйственных объектов. Таким же образом оценивается ущерб от нарушения или разрушения жилых построек и имущества, находящегося в них, а также от разрушения мостов, автомобильных и железных дорог, линий связи и электропередачи, газо- и нефтепроводов.

В перспективе, в силу ряда природных и антропогенных причин, ущербы, причиняемые наводнениями, будут расти, поэтому насущно необходимо усиление научно-исследовательских,

организационных и практических работ, направленных на уменьшение ущербов от наводнений.

Цель данной работы заключалась в выявлении основных сценариев развития наводнений, определении последствий их воздействия на различные типы зданий в виде степени их уязвимости на основе анализа фактических данных и имеющихся методических разработок по оценкам ущерба и классификаций (числовых и формально описательных) последствий от наводнений в пределах определенных регионов.

Такой подход позволяет осуществлять экспресс-оценку уязвимости отдельных типов зданий по ограниченному количеству показателей интенсивности наводнения, что в свою очередь дает возможность проведения своевременной оценки последствий и принятия защитных мер от данной опасности.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Характеристика объекта исследования

Наводнения (затопление территорий) происходят по разным причинам: половодье, ливневые дожди, прорыв плотин на гидротехнических объектах и т.п. Все негативные последствия наводнений происходят от взаимодействия водных масс с различными объектами. Механизмы такого взаимодействия и их последствия различаются и зависят от характеристики водных масс и реципиента (объекта). Водные массы в зависимости от источника (причины) наводнения представляют либо движущийся поток воды с определенной скоростью (мощностью), либо статические массы воды в течение определенного времени, находящиеся на определенном уровне.

Как правило, наибольшие потери происходят при прорыве плотины, дамбы или другого гидротехнического сооружения, либо при переливе воды через плотину из-за переполнения водохранилища. Затопление местности, расположенной ниже сооружения, осуществляется в этом случае внезапно, с приходом, так называемой волны прорыва (вытеснения, пропуска), высота которой может достигать нескольких десятков метров, а скорость движения – нескольких десятков м/с. Основным поражающим фактором наводнений – движущийся поток воды, который способен разрушить здание или сооружение, а также другие объекты (реципиенты) в результате механического воздействия (давления).

Здания и (или) другие сооружения, периодически попадающие в зону затопления и находящиеся значительное время во взаимодействии с водными массами, значительно усугубляют потери капитальности: гнилью повреждается дерево; отваливается штукатурка; выпадают кирпичи; подвергаются коррозии металлические конструк-

ции; из-за размыва и утраты прочностных свойств грунта под фундаментом в результате его взаимодействия с водой (возможны размывы и разжижение грунта), происходит неравномерная осадка зданий и, как следствие, появляются трещины. Уязвимость в данном случае пропорциональна времени воздействия, как однократного, так и повторного (несколько раз за определенный период времени). Опыт показывает, что при сравнительно частых затоплениях (1 раз в 3–4 года) срок между капитальным ремонтом кирпичного здания уменьшается на 15 лет, а стоимость ремонта обходится в 3 раза дороже. После каждого значительного затопления балансовая стоимость деревянного здания падает на 5–10%, а шоссейных и железных дорог – на 8–12%. Из-за неравномерной осадки грунта происходят частые размывы канализационных и водопроводных труб, электрических, телевизионных и телеграфных кабелей и пр.

Прямой и косвенный ущерб от наводнений обычно находятся в соотношении 70% и 30%. В настоящей работе рассматриваются подходы к оценке степени уязвимости объектов (различных зданий), непосредственно определяющие прямой ущерб от наводнений.

Как правило, достижение той или иной степени повреждения (разрушения) объекта происходит при выполнении условия вида:

$$g(a, b, c \dots) > g_{ik}^{kp},$$

где g – критериальная функция, характеризующая силу опасного процесса; g_{ik}^{kp} – критическое значение критериальной функции для i -й степени разрушения (повреждения) объекта k -го типа; a, b, c – значения параметров, характеризующих разрушительную силу опасного процесса, в частности, для наводнений это может быть глубина, скорость потока, удельная энергия потока, время взаимодействия водных масс с объектом и т.д.

В определенных случаях для объекта (j) на основании предварительных исследований между характерными значениями параметров a, b, c может быть установлена связь вида:

$$a = f(b) = n_j b^{r_j},$$

где n_j и r_j – коэффициенты.

В частности, такая зависимость может быть установлена между характерной скоростью (u) и характерной глубиной (h) объекта. Следовательно, критерий разрушения i -й степени для объекта j может быть выражен следующим образом:

$$u > u_{ij},$$

где u_{ij} – критическое значение скорости для объекта j , при которой возникает i -я степень его разрушения.

Оценка уязвимости зданий при наводнениях

Ущерб, связанный с разрушением объектов и сооружений при наводнениях, оцениваемый через степень разрушения (поражения) объектов, выражается в соответствии с существующими в настоящее время методическими документами в терминах функциональных, натуральных и стоимостных критериев⁴ [3, 4, 7].

Принято различать следующие степени разрушения:

– слабое разрушение – разрушение, при котором объект продолжает функционировать, несмотря на разрушение отдельных второстепенных элементов и необходимость их ремонта; непосредственный ущерб объекту находится ориентировочно в пределах до 10% первоначальной стоимости объекта;

– среднее разрушение – разрушение, вследствие которого объект временно перестает функционировать; значительные разрушения второстепенных элементов или умеренные деформации основных (несущих) элементов, требующие проведения капитального ремонта объекта; трудозатраты на восстановление находятся ориентировочно в пределах 10–50% стоимости объекта;

– сильное разрушение – разрушение, при котором объект перестает функционировать; имеются значительные деформации и разрушения основных элементов, требующие проведения перестройки для восстановления объекта; трудозатраты на восстановление превышают ориентировочно 50% стоимости объекта.

Анализ существующих нормативно-методических документов и фактических данных позволил составить сводную таблицу соотношения критических значений параметров интенсивности наводнений, при которых происходит изменение физического состояния объекта (7 различных типов зданий), относящиеся к определенной степени разрушения (табл. 1).

При оценках уязвимости объектов, на наш взгляд, также целесообразно дополнительно ввести категории:

– полного разрушения (коллапс), при которой теряется 100% стоимости объекта, т.е. здания не подлежат восстановлению, требуется новое строительство;

⁴ Методика определения размера вреда, который может быть причинен жизни, здоровью физических лиц, имуществу физических и юридических лиц в результате аварии гидротехнического сооружения (за исключением судоходных и портовых гидротехнических сооружений). Утв. приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 29 марта 2016 года № 120. URL: <https://docs.cntd.ru/document/573191717>

Таблица 1.

Тип здания**	Степень разрушения*											
	слабая				средняя				сильная			
	h , м	u , м/с	b , балл	t , час	h , м	u , м/с	b , балл	t , час	h , м	u , м/с	b , балл	t , час
1	1–3	2	7.5	48	1–2	1.5	6.5	24	0–1	0.5–1	5.5	12
2	3–3.5	2	7.5	48	2.5	1.5	6.5	24	1	1	5.5	12
3	3.5	2	7.5	7.2	2.5	1.5	6.5	48	1–2	1	5.5	24
4	4	2.5	8	150	3	2	7	100	2	1	6	50
5	4–6	3	9	240	3–4	2.5	8	170	2.5	1.5	6	50
6	7.5	4	9	–	6	3	8	–	3	1.5	6	–
7	12	4	11	–	9	3	10	–	4	1.5	9	–

* h – глубина затопления, u – скорость потока, b – зона разрушения, характеризующаяся определенной энергией потока воды, выраженной в баллах, t – время затопления.

**Тип здания: 1 – сборные деревянные жилые дома, 2 – деревянные дома (1–2 этажа), 3 – легкие бескаркасные постройки (1–2 этажа), 4 – кирпичные дома (1–2 этажа), 5 – кирпичные дома (4 этажа и более), 6 – каркасные панельные, 7 – бетонные и железобетонные.

Таблица 2. Соотношение степени разрушения и уязвимости объектов (зданий, сооружений)

Степень разрушения	Уязвимость, дол. ед.	Описание разрушений
Незначительная	менее 0.1	Отсутствие заметных повреждений во всех элементах объекта
Слабая	0.1–0.3	Разрушение отдельных второстепенных элементов. Функционирование не нарушено
Средняя	0.3–0.5	Значительные разрушения второстепенных элементов или деформации основных. Временное прекращение функционирования
Сильная	0.5–0.7	Разрушение основных элементов. Остается возможность восстановления
Очень сильная	более 0.7	Полное разрушение, не подлежащее восстановлению

– отсутствие заметных повреждений во всех элементах здания, характеризующуюся как “безопасность”.

Таким образом, анализируются 5 степеней оценки последствий взаимодействия водных масс (наводнений) с объектами (зданиями), которые необходимо соотносить с их уязвимостью. Совершенно очевидно, что при потере 100% стоимости объекта (или тотальном разрушении) уязвимость равна 1; при отсутствии видимых деформаций она практически отсутствует, а ее значение приближается к 0.

В различных методиках оценку ущерба от воздействия природных опасностей на объекты экономики степень повреждения (разрушения) предлагается определять через стоимость восстановления объекта. Степень разрушения зданий и сооружений можно соотносить с трудозатратами на восстановление нормального функционирования поврежденных, разрушенных объектов, изменениями сроков капитального ремонта, балансовой стоимостью сооружения и т.п. Основываясь на том (предположив), что существует прямая

связь между физическими потерями (уязвимостью) в виде повреждения определенного количества элементов объекта и материальными затратами на их восстановление, и приняв, что 10% от балансовой стоимости объекта соответствуют физической уязвимости, равной 0.1, можно составить таблицу соответствия степеней разрушения и уязвимости (табл. 2).

РЕЗУЛЬТАТЫ

Предложенные в табл. 1 и 2 соотношения параметров интенсивности наводнений со степенью деформирования (разрушения) зданий были использованы в качестве основополагающих при оценке степени уязвимости отдельных типов зданий. В настоящей работе, оценки уязвимости проводились при следующих основных граничных условиях:

1) процесс определенной интенсивности не имеет территориальной привязки;

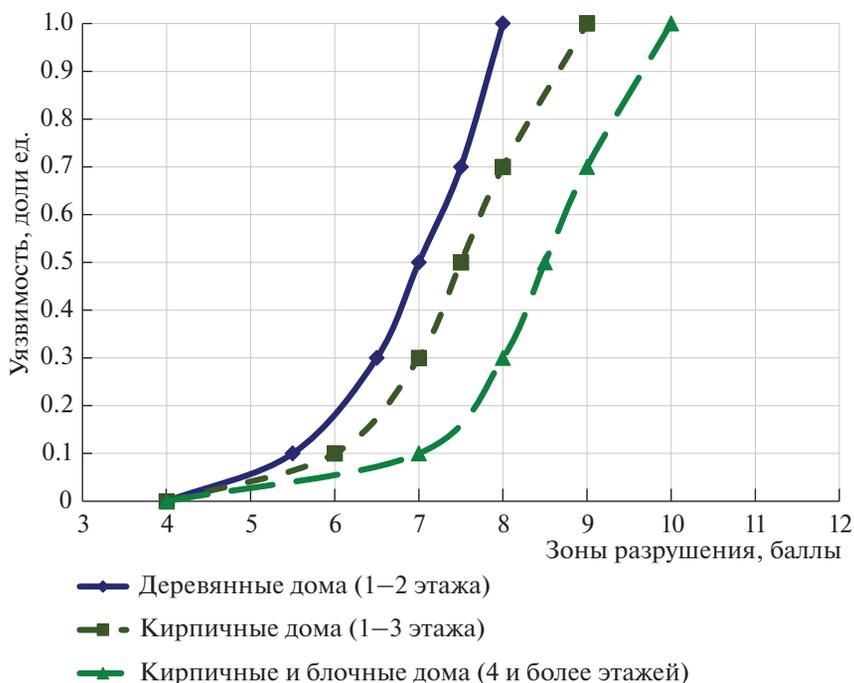


Рис. 1. Уязвимость различных типов зданий в зависимости от зоны разрушения, характеризующейся определенным значением энергии потока воды.

2) вероятность реализации события равна единице (т.е. рассматривается пессимистический сценарий развития события);

3) объект – это жилое здание с различными конструктивными характеристиками.

Всего было рассмотрено 7 типов зданий: 1 – сборные деревянные жилые дома; 2 – деревянные дома (1–2 этажа); 3 – легкие бескаркасные постройки (1–2 этажа); 4 – кирпичные дома (1–2 этажа); 5 – кирпичные дома (4 этажа и более); 6 – каркасные панельные; 7 – бетонные и железобетонные.

Таблицы предназначены, в основном, для ориентировочных и массовых оценок, так как не учитывают разброс параметров устойчивости в пределах одного типа объектов и влияние различных местных условий. Эти параметры независимы друг от друга и представляют некоторые фиксированные комбинации параметров потока из множества возможных критических комбинаций. Если *все параметры*, характеризующие интенсивность наводнения, превышают (или не превышают) приведенные в табл. 1 значения, то это является однозначным критерием разрушения (или не разрушения) тому или иному типу объектов. В противном случае, когда какой-то из параметров не соответствует этому положению, определение устойчивости системы остается весьма неоднозначным. Поэтому можно либо подбирать другие сочетания критических значений параметров, либо построить кривые уязвимости для различ-

ных типов сооружений в зависимости от отдельных параметров с учетом соотношения степени разрушения с уязвимостью.

Используя имеющиеся характеристики интенсивности наводнений для различных типов зданий, отвечающих разной степени деформирования (разрушения) (см. табл. 1 и 2), и соответствие между изменением балансовой стоимости и уязвимостью, были составлены диаграммы степени уязвимости от различных параметров интенсивности наводнений (рис. 1–3).

По приведенным выше таблицам и кривым уязвимости для различных типов сооружений в зависимости от отдельных параметров интенсивности процесса можно определять значения уязвимости без учета особенностей состояния конкретного сооружения. В действительности, экспериментальные исследования свидетельствуют о том, что однотипные здания в результате воздействия на них опасности определенного генезиса и определенной интенсивности имеют, тем не менее, различные степени повреждения. Такие различия обусловлены различиями в величине физического износа конкретных сооружений, качества выполнения строительных работ при их возведении, прочностными свойствами строительных материалов и множеству других факторов случайного характера. Поэтому следует еще раз отметить, что полученные зависимости уязвимости от параметров интенсивности наводнения характерны для типового здания без учета факто-

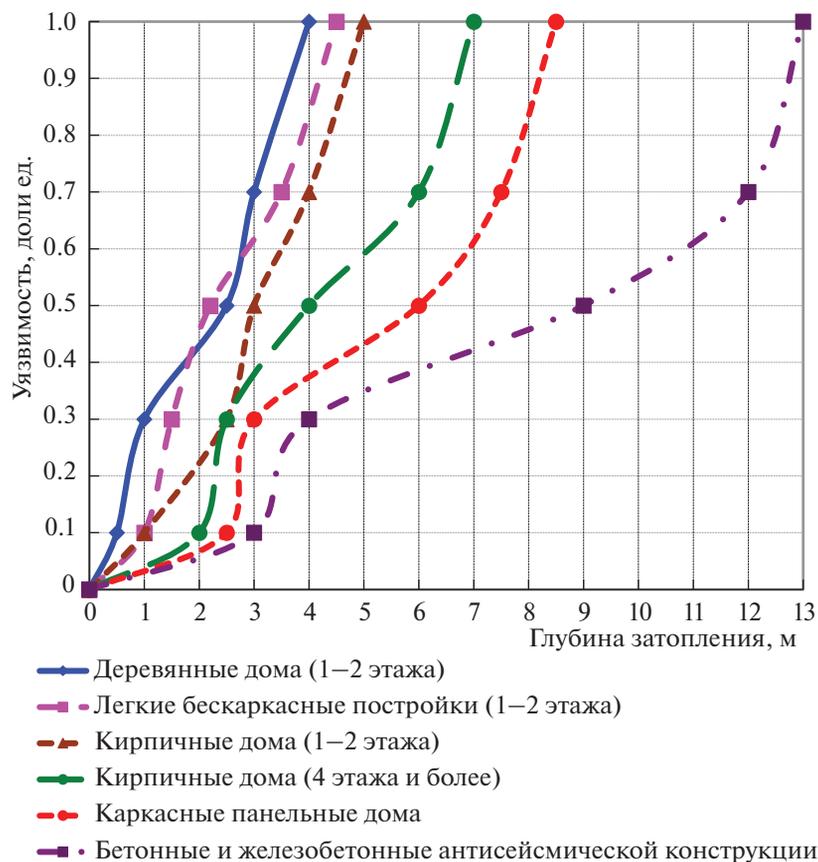


Рис. 2. Уязвимость различных типов зданий в зависимости от глубины затопления.

ров случайного характера, в том числе и временного, связанного с износом здания. Таким образом, можно предположить, что полученные данные характерны для зданий с минимальным коэффициентом износа, с вероятностью реализации события с характерными параметрами интенсивности приблизительно равной 1.

Использование составленных диаграмм для предварительной оценки возможных потерь можно рассмотреть на следующем примере. Допустим известно, что по прогнозным данным, уровень воды в реке, на берегу которой расположен поселок городского типа, во время половодья поднимется на 3 м выше его нормативного значения. При этом в зону затопления попадут 50 одно-двухэтажных домов, с различными конструктивными характеристиками (табл. 3).

Таблица 3. Характеристика зданий в зоне затопления

№ п/п	Тип здания	Кол-во	Степень уязвимости (см. рис. 2)
1	Сборные деревянные жилые дома (1–2 этажа)	20	0.70
2	Легкие бескаркасные постройки (1–2 этажа)	20	0.65
3	Кирпичные дома (1–2 этажа)	10	0.50

Согласно диаграмме (см. рис. 2), степень уязвимости зданий, расположенных в зоне затопления, будет иметь соответствующие значения: сборные деревянные жилые дома – 0.70; легкие бескаркасные постройки – 0.65 и кирпичные дома – 0.50. Таким образом, ущерб, причиненный каждому типу здания, будет пропорционален значению стоимости здания, умноженному на степень уязвимости:

$$U = C_y C,$$

где U – ущерб, руб.; C_y – степень уязвимости, C – стоимость здания.

Экспресс оценка общего ущерба от затопления домов в результате наводнения, имеет следующий вид:

$$U_o = 20 \cdot 0.70 \cdot C_1 + 20 \cdot 0.65 \cdot C_2 + 10 \cdot 0.50 \cdot C_3,$$

где C_1 , C_2 и C_3 – стоимость каждого типа зданий.

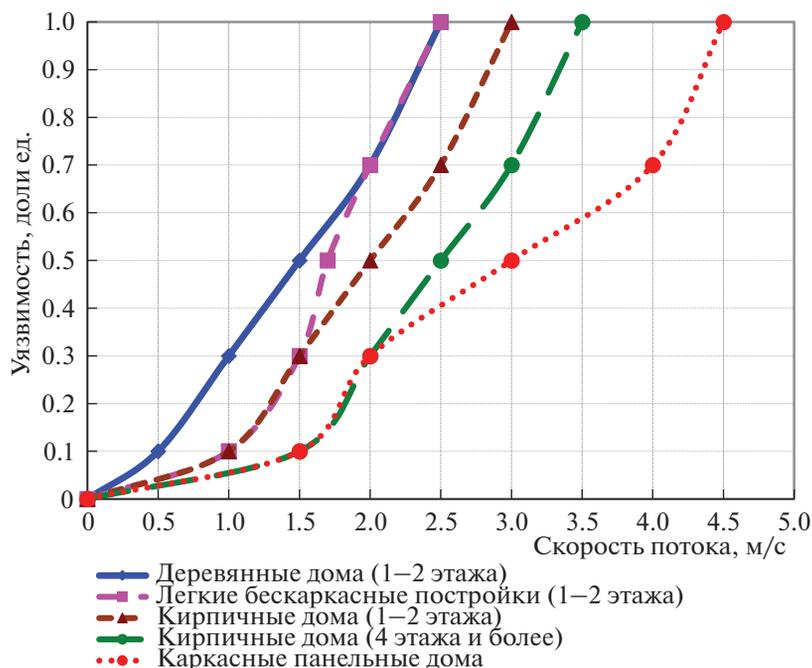


Рис. 3. Уязвимость различных типов зданий в зависимости от скорости потока воды.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложенные диаграммы зависимости степени уязвимости для отдельных типов зданий от определенных параметров интенсивности наводнения позволяют оперативно произвести предварительные расчеты потерь от наводнений в различных регионах страны с использованием минимальной информации об источнике и реципиенте исследуемой опасности.

Оперативность, универсальность и доступность такого подхода к оценке уязвимости и ущербов способствует быстрому реагированию соответствующих служб и принятию своевременных решений для смягчения последствий от проявления наводнений.

Статья подготовлена в рамках выполнения государственного задания и плана НИР по теме № г.р. АААА-А19-119021190077-6.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеевский Н.И., Магрицкий Д.В., Колтерманн П.К. и др. Наводнения на Черноморском побережье Краснодарского края // Водные ресурсы. 2016. Т. 43. № 1. С. 3–17.
2. Бабурин В.Л., Горячко М.Д., Земцов С.П. и др. Оценка социально-экономических рисков и ущербов от опасных гидрологических явлений (на примере Славянского района Краснодарского края) // Гео-риск. 2015. № 3. С. 45–53.
3. Бондарев В.П., Болховитинова Ю.А. Социальные последствия катастрофических наводнений // Вестник Московского университета. Серия 5. География. 2019. № 5. С. 21–29.
4. Гладкевич Г.И., Терский П.Н., Фролова Н.Л. Оценка опасности наводнений на территории Российской Федерации / Водное хозяйство России. 2012. № 2. С. 29–45.
5. Малик Л.К. Факторы риска повреждения гидротехнических сооружений. Проблемы безопасности. М.: Наука, 2005. 354 с.
6. Падалко Ю.А. Социально-экономическая уязвимость населения и хозяйства регионов Российской части бассейна р. Урал от наводнений // Успехи современного естествознания. Науки о Земле. 2016. № 12. С. 439–444.
7. Печенин С.А., Розов А.Л., Новокшенов Л.В. Методика оценки ущерба при наводнениях. С.-Пб.: В/ч 70170. 1992.
8. Экстремальные гидрологические ситуации / Отв. ред. Н.И. Коронкевич, Е.А. Барабанова, И.С. Зайцева. М.: ООО «Медиа-ПРЕСС», 2010. 464 с.
9. Blöschl G., Hall J., Parajka J. et al. Changing Climate Shifts Timing of European Floods // Science. 2017. V. 357. № 6351. P. 588–590.
10. Box P., Bird D., Haynes K., King D. Shared responsibility and social vulnerability in the 2011 Brisbane flood // Natural Hazards. 2016. Т. 81 (3). P. 1549–1568.
11. Frolova N.L., Kireeva M.B., Magritckiy D.V. et al. Hydrological Hazards in Russia: Origin, Classification, Changes and Risk Assessment // Natural Hazards. 2017. V. 8.

SPECIFIC FEATURES IN ASSESSING VULNERABILITY OF BUILDINGS UPON FLOODS

V. N. Burova^{a, #}

^a *Sergeev Institute of Environmental Geoscience, Russian Academy of Sciences,
Ulanskii per., 13, str. 2, Moscow, 101000 Russia*

[#] *E-mail: valentina_burova@mail.ru*

The paper considers and analyzes the main directions in investigation as well as the regulatory and methodological documents related to assessing the consequences of floods. Supplements are proposed to the principal commonly recognized classification of flood consequences for various types of buildings. The approaches are developed to assessing the vulnerability of engineering structures (buildings) to floods based on the use of data on changes in the book value of an object when its physical condition changes due to the water impact. For seven different types of buildings, vulnerability diagrams were built for different flood intensity parameters. These diagrams are mainly intended for indicative and general estimates of possible losses from floods. The developed approaches to vulnerability assessment appear to be universal, quick and easily available.

Keywords: *floods, vulnerability, intensity parameters, degree of deformation (destruction), the ratio of intensity parameters to the degree of vulnerability*

REFERENCES

1. Alekseevskii, N.I., Magritskii, D.V., Koltermann, P.K., et al. *Navodneniya na Chernomorskom poberezh'e Krasnodarskogo kraia* [Floods on the Black Sea coast of the Krasnodar krai]. *Water resources*, 2016, vol. 43, no. 1, pp. 3–17. (in Russian)
2. Baburin, V.L., Goryachko, M.D., Zemtov, S.P., et al. *Otsenka sotsial'no-ekonomicheskikh riskov i ushcherbov ot opasnykh gidrologicheskikh yavlenii (na primere Slavyanskogo rayona Krasnodarskogo kraia)* [Assessment of socio-economic risks and damages from dangerous hydrological phenomena (by the example of the Slavyansky district of the Krasnodar krai)]. *Georisk*, 2015, no. 3, pp. 45–53. (in Russian)
3. Bondarev, V.P., Bolkhovitinova, Yu.A. *Sotsial'nye posledstviya katastroficheskikh navodnenii* [Social consequences of catastrophic floods]. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 5. Geografiya*, 2019, no. 5, pp. 21–29. (in Russian)
4. Gladkevich, G.I., Terskii, P.N., Frolova, N.L. *Otsenka opasnosti navodnenii na territorii Rossiiskoi Federatsii* [Assessment of flood hazard on the territory of the Russian Federation]. *Vodnoe khozyaistvo Rossii*, 2012, no. 2, pp. 29–45. (in Russian)
5. Malik, L.K. *Factory riska povrezhdeniya gidrotekhnicheskikh sooruzhenii. Problemy bezopasnosti* [Risk factors for damage to hydraulic structures. Security problems]. Moscow, Nauka, 2005, 354 p. (in Russian)
6. Padalko, Yu.A. *Sotsial'no-ekonomicheskaya uyazvимость naseleniya i khozyaistva regionov Rossiiskoi chasti basseina r. Ural ot navodnenii* [Socio-economic vulnerability of the population and economy of the regions of the Russian part of the Ural River basin from floods]. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya. Nauki o Zemle*, 2016, no. 12, pp. 439–444. (in Russian)
7. Pechenin, S.A., Rozov, A.L., Novokshenov, L.V. *Metodika otsenki ushcherba pri navodneniyakh* [Methodology for assessing damage during floods]. St. Petersburg, V/ch 70170, 1992. (in Russian)
8. *Ekstremal'nye gidrologicheskie situatsii* [Extreme hydrological situations]. N.I. Koronkevich, E.A. Barabanova, I.S. Zaitseva, Eds. Moscow, Media-PRESS Publ., 2010, 464 p. (in Russian)
9. Blöschl, G., Hall, J., Parajka, J., et al. Changing climate shifts timing of European floods. *Science*, 2017, vol. 357, no. 6351, pp. 588–590.
10. Box, P., Bird, D., Haynes, K., King, D. Shared responsibility and social vulnerability in the 2011 Brisbane flood. *Natural Hazards*, 2016, vol. 81 (3), pp. 1549–1568.
11. Frolova, N.L., Kireeva, M.B., Magritckiy, D.V. et al. Hydrological hazards in Russia: origin, classification, changes and risk assessment. *Natural Hazards*, 2017, vol. 88, no. 1, pp. 103–131.