

РИСК НАВОДНЕНИЙ: МЕТОДЫ ОЦЕНКИ И КАРТОГРАФИРОВАНИЯ

© 2012 г. А.В. Шаликовский

Восточный филиал ФГУП «Российский научно-исследовательский институт комплексного использования и охраны водных ресурсов», г. Чита

Ключевые слова: наводнения, опасность наводнений, ущерб от наводнений, оценка риска наводнений, зоны риска наводнений, картографирование наводнений.



В статье охарактеризованы различные подходы к оценке риска наводнений: вероятностный, балльный, через величину среднегодового или максимального ущерба, математическое ожидание вреда. Рассмотрены частные случаи расчета математического ожидания вреда и зонирования территорий в соответствующих показателях.

Введение

По данным Dartmouth Flood Observatory [1] за 1985–2011 гг. ущерб от наводнений в мире превысил 1,31 трлн долл. с числом погибших более 766 тыс. человек, что в среднем составляет 48,5 млрд долл. и 28,4 тыс. человек в год. При этом все показатели (число наводнений, их средняя продолжительность, ущерб, гибель людей) имеют явно выраженную тенденцию роста. В последние годы наводнения отмечаются даже в населенных пунктах, расположенных в пустынях Алжира и Саудовской Аравии. Следует отметить, что к наводнениям в США и Европейских странах принято относить «временное затопление поверхности земли, обычно не покрытой водой» [2]. Таким образом, при оценке последствий стихийных бедствий к наводнениям относят не только речные наводнения, но и затопление местности в результате цунами, разрушения плотин, схода селей, повреждения водонесущих коммуникаций и др.

Учитывая серьезность проблемы, исследованию наводнений во всем мире уделяется большое внимание. В последние годы в Российской Федерации также опубликовано значительное число работ в этом направлении.

Водное хозяйство России № 2, 2012

Водное хозяйство России

При этом авторы используют различные трактовки понятий «опасность» и «риск» наводнений и предлагают соответствующие подходы к их определению.

Интерес к данной проблеме возрос после принятия Федерального закона «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» [3], который установил, что здания и сооружения должны идентифицироваться по возможности «опасных природных процессов и явлений и техногенных воздействий на территории, на которой будут осуществляться строительство, реконструкция и эксплуатация здания или сооружения». При этом «идентификация ... должна проводиться в соответствии с районированием территории Российской Федерации по уровню опасности природных процессов и явлений, утвержденным уполномоченным федеральным органом исполнительной власти ...».

Действующая нормативная база не позволяет осуществлять районирование, предусмотренное данным законом. Некоторые нормы не только противоречивы, но, в ряде случаев, и абсурдны. Например [4] относит к «умеренно опасным» наводнения с «поражением» от 70 до 100 % площади территории при скорости потока от 25 до 40 м/с.

Возможные подходы к оценке риска

Термины «опасность» и «риск» в настоящее время понимаются по-разному. Однако для научных дискуссий, а тем более – разработки нормативных документов, эти термины должны быть определены однозначно.

Словарь современного русского литературного языка [5] определяет опасность как «способность причинить какой-либо вред», а стандарт [6] – как «источник потенциального вреда или ситуация с потенциальной возможностью нанесения вреда».

В отличие от «опасности», которая является качественным понятием, «риск» – количественная характеристика (численное значение опасности). Данный подход используется в теории управления рисками и закреплен многими международными стандартами для систематизации процесса «выявление опасностей – оценка риска – воздействие на риск».

Для оценки риска наводнений используется несколько подходов.

1. *Риск – вероятность или частота реализации опасности.* Наличие апробированных способов определения расчетных гидрологических характеристик обусловило наиболее широкое использование именно вероятностного описания риска наводнений. В этом случае риск равен вероятности затопления рассматриваемой точки местности. Реализация данного подхода заключается в нанесении границ зон затопления различной обеспеченности на карты местности. Однако при этом игнорируются другие факторы опас-

ности наводнений – глубина и скорость потока, продолжительность затопления.

Другими примерами использования данного подхода является оценка вероятности выхода воды на пойму и превышения критических отметок, установление повторяемости наводнений в пределах какой-либо территориальной единицы.

2. *Риск – максимальный ущерб, который может быть причинен при возникновении неблагоприятного события.* Возможный максимальный ущерб является основным показателем риска техногенных наводнений и широко применяется при декларировании безопасности ГТС и страховании ответственности их собственников. Этот показатель, оцененный для территориальной единицы, также важен для обоснования необходимых резервов на чрезвычайные случаи.

3. *Риск – среднесуточный фактический ущерб.* Среднесуточный ущерб достаточно широко используется в качестве меры опасности стихийных бедствий. На его основе удобно осуществлять крупномасштабное районирование риска наводнений: от континентов и государств до муниципальных образований.

К недостаткам этого подхода в первую очередь следует отнести нестабильность оценок – после каждого катастрофического наводнения среднесуточный ущерб резко изменяется. Например, три крупнейших наводнения в мире нанесли ущерб около 620 млрд долл. (более 47 % ущерба за 27 лет во всем мире) и после каждого из них показатели ущерба в соответствующих странах возрастали многократно.

Кроме этого, ущербы различных лет очень сложно привести к некоторому единому эквивалентному уровню. Эта проблема наиболее актуальна для Российской Федерации, где за последние 20 лет кардинально изменились все аспекты формирования ущерба от наводнений.

Во-первых, значения ущерба следует приводить к единому уровню цен. Наиболее простым способом является перевод ущерба в доллары США [7], что сопряжено со значительными ошибками, т. к. до 90-х годов XX в. курс рубля к доллару являлся значительно заниженным, а в дальнейшем далеко не всегда отражал реальную инфляцию. Например, за последние 12 лет рост потребительских цен составил 4,75 раза, цен на недвижимость – в 5 раз, а курс колебался в небольшом диапазоне.

Во-вторых, для получения актуальных оценок необходимо учитывать происходящие изменения в использовании паводкоопасных территорий. Сложность решения данной задачи заключается в возможности использования только экспертных оценок.

4. *Бальные оценки риска.* Данный подход основан на установлении качественной градации уровня риска в зависимости от нескольких факторов

опасности наводнений. При этом рассматриваются либо их различные сочетания, либо производится вычисление параметра, от значения которого устанавливается уровень риска.

Наиболее ярким примером этой группы методов является вычисление «магнитуды» в зависимости от продолжительности наводнения, площади пострадавшего региона и класса, который, в свою очередь, определяется значениями ряда параметров [1]. Бузин В.А. [8] предлагает оценивать риск в зависимости от превышения максимального уровня над уровнем выхода воды на пойму и повторяемости таких выходов. Аналогичные методы используются многими авторами, но в большинстве случаев имеются такие сочетания учитываемых факторов опасности, при которых результаты начинают противоречить смыслу рассматриваемого явления.

5. *Риск – математическое ожидание вреда.* Зарубежные специалисты по опасным природным явлениям считают основоположником данного подхода Rowe W.D., который отмечал, что «риск – это вероятностные потери, определяемые умножением вероятности негативного события на величину возможного ущерба от него» [9]. В настоящее время на этом определении основана вся система международных и российских стандартов по управлению рисками: «риск – сочетание вероятности события и его последствий» [10]. Таким образом, под риском наводнений следует понимать величину вреда (в натуральных или экономических показателях) различной повторяемости или его математическое ожидание.

Отдельные аспекты определения математического ожидания вреда от наводнений

В зависимости от поставленной задачи и пространственных границ оцениваемого объекта можно выделить различные подходы к вычислению математического ожидания вреда от наводнений.

Рассмотрим простейший случай: на горизонтальном участке земли выращивается культура, не переносящая затопления. В этом случае вероятность затопления участка и полной гибели урожая равна обеспеченности максимального уровня воды, соответствующего отметке рассматриваемой территории. Следовательно, для данного случая имеем:

$$M(Y) = C \cdot p_{\text{зат}} / 100, \quad (1)$$

где $M(Y)$ – математическое ожидание ущерба;

C – стоимость оцениваемого объекта;

$p_{\text{зат}}$ – обеспеченность уровня затопления, %.

Задача несколько усложняется, если рассматриваемая территория не го-

ризонгальная и ее отдельные фрагменты затапливаются при разных значениях обеспеченности уровня:

$$M(Y) = \sum_{i=1}^{n-1} C \frac{(S_i + S_{i+1})}{2 \cdot S_{\text{общ.}}} \cdot \frac{|p_i - p_{i+1}|}{100}, \quad (2)$$

где n – число расчетных значений обеспеченности;

S_i и S_{i+1} – площадь затапления, соответственно, при значениях обеспеченности максимальных уровней p_i и p_{i+1} ;

$S_{\text{общ.}}$ – общая площадь оцениваемой территории.

Учитывая, что произведение стоимости на удельную площадь затапления является ущербом, зависимость (2) можно представить в более общем виде:

$$M(Y) = \sum_{i=1}^{n-1} \frac{(Y_i + Y_{i+1})}{2} \cdot \frac{|p_i - p_{i+1}|}{100}. \quad (3)$$

На практике зависимость (3) может использоваться преимущественно для определения математического ожидания вреда в натуральных показателях (если вместо экономического ущерба рассматривать площадь затапления, протяженность дорог и т. д.). Другим направлением ее применения является оценка риска по данным о фактических ущербах. При этом сохраняются те же проблемы, что и при расчете среднееголетнего ущерба, но в то же время расчет математического ожидания может быть выполнен на основе более короткого ряда. В качестве примера на рис. 1 представлены

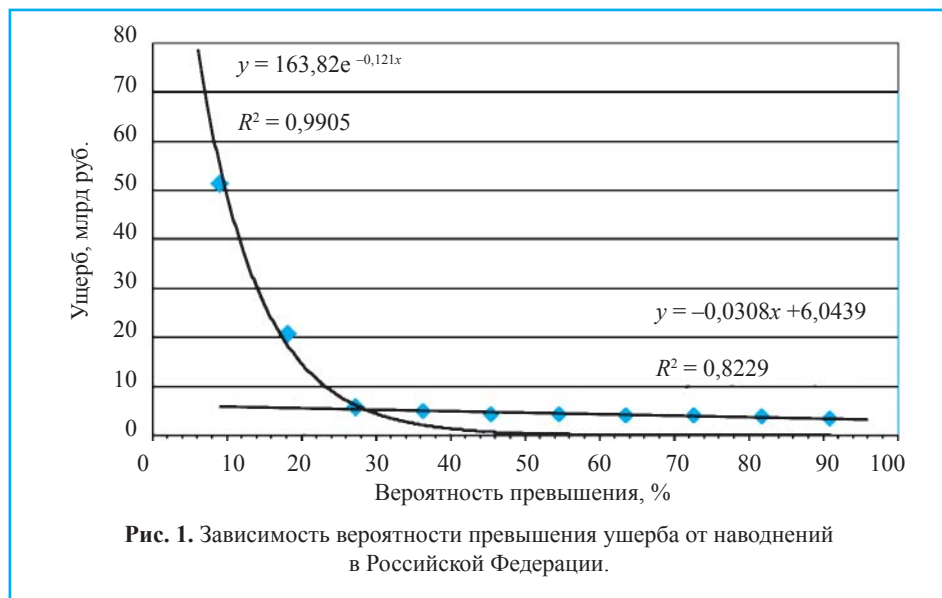


Таблица 1. Статистические показатели ущерба от наводнений в Российской Федерации, млрд руб. (в ценах 2011 г.)

Показатель	Значение
Среднегодовой ущерб	10,6
Математическое ожидание ущерба	15,9
Ущерб повторяемостью 1 раз в 10 лет	48,9
Ущерб повторяемостью 1 раз в 20 лет	89,5
Ущерб повторяемостью 1 раз в 100 лет	145,2

результаты обработки данных об ущербе от наводнений в Российской Федерации за последние 10 лет, приведенные к ценам 2011 г. В отличие от аналогичных результатов, представленных в [11], аппроксимация выполнена составной функцией.

Как видно из табл. 1, математическое ожидание ущерба превышает его среднегодовое значение в 1,5 раза. В то же время полученные результаты являются заниженными в связи с неполнотой оценок фактического ущерба – как правило, не учитывается вред урожаю и строениям на садовых участках, от остановок производства и др. Рассматриваемый период также отмечался невысокой интенсивностью наводнений. Например, среднегодовой ущерб от наводнений только в двух субъектах (Приморском крае и Читинской области) за 1989–1991 гг. в нынешних ценах составлял 56 млрд руб.

В большинстве случаев при наводнении наблюдается «неполное повреждение» объекта, характеризуемое его уязвимостью $\varphi = U/C$. Таким образом, имеем

$$M(Y) = \sum_{i=1}^{n-1} C \frac{(\varphi_i + \varphi_{i+1})}{2} \cdot \frac{|p_i - p_{i+1}|}{100}. \quad (4)$$

Уязвимость зависит от параметров объекта и значений факторов опасности конкретного наводнения в рассматриваемой точке (глубины и скорости потока, продолжительности затопления и др.). В связи с этим во многих странах мира проводятся исследования, направленные на установление зависимостей относительного ущерба для различных видов имущественных объектов. Например, в программном комплексе HAZUS-MH (Федеральное агентство по чрезвычайным ситуациям, США) используется более 900 таких зависимостей [12].

Разработанный автором подход [13] несколько отличается от традиционного, т. к. направлен на решение не только прогностических задач, но и на

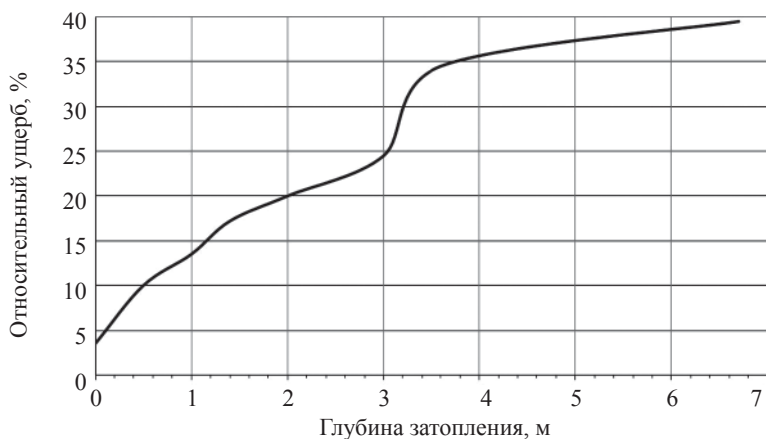


Рис. 2. Стандартная зависимость ущерба от глубины затопления.

зонирование опасных территорий. Для возможности зонирования показатель риска не должен зависеть от характера и интенсивности использования участков местности, не являться натуральным и обладать относительным постоянством. Этим условиям удовлетворяет математическое ожидание ущерба некоторому «эталонному» объекту, выраженное в долях его стоимости или процентах. Данная величина одновременно является и математическим ожиданием уязвимости эталонного объекта. В качестве эталонного объекта нами принято одноэтажное каменное облегченное здание в совершенно удовлетворительном состоянии, зависимость ущерба которому представлена на рис. 2.

Моделирование может быть выполнено как с использованием зависимости (3), так и методом статистических испытаний. В том и другом случае для различных значений обеспеченности максимального уровня предварительно вычисляется распределение глубин затопления и относительного ущерба по территории (рис. 3).

Таким образом, математическое ожидание ущерба конкретному объекту составляет

$$M(Y) = C \cdot K \cdot M(y)_{\text{этал.}} \quad (5)$$

где $K = \varphi/\varphi_{\text{этал.}}$ – поправка, учитывающая различие в уровне уязвимости рассматриваемого и эталонного объекта; $M(y)_{\text{этал.}}$ – математическое ожидание ущерба эталонному объекту в относительных показателях (для соответствующей точки местности).

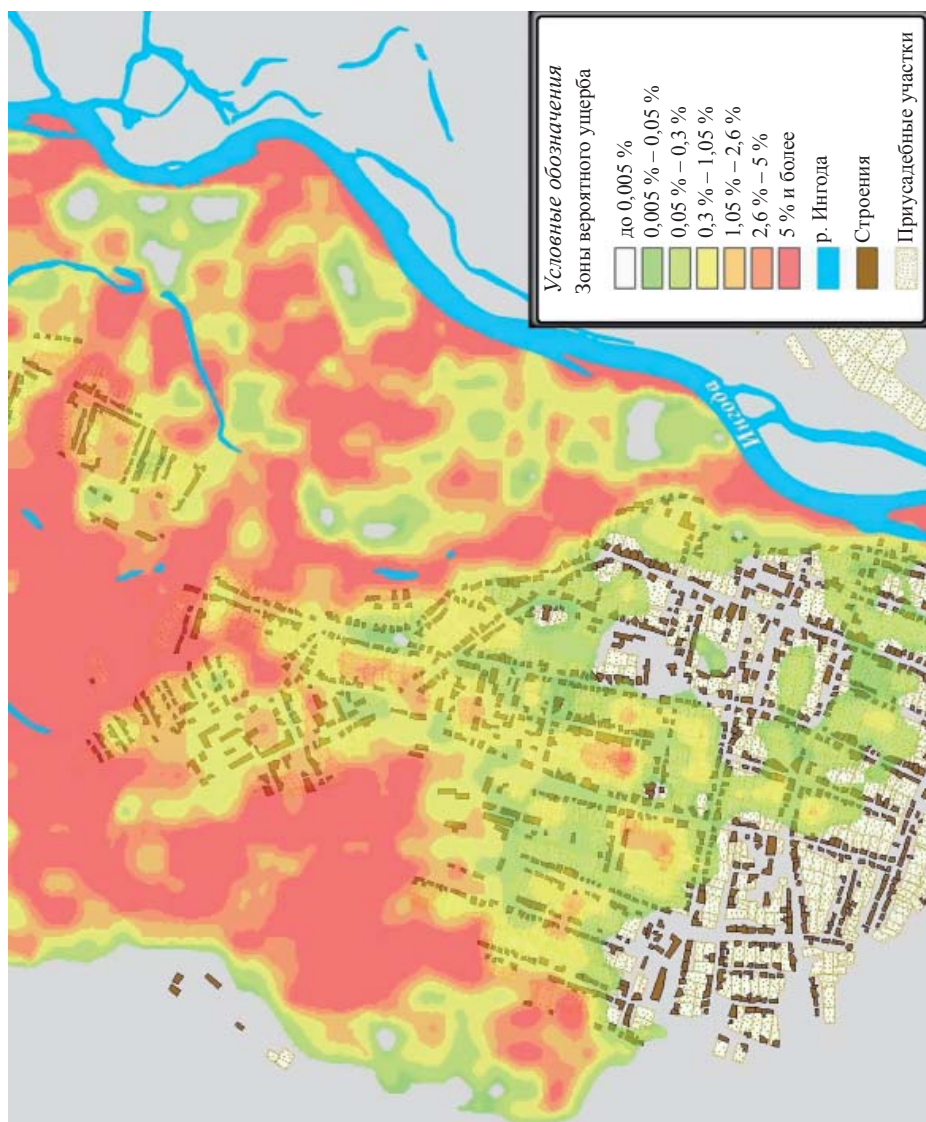


Рис. 3. Зонирование территории с. Улеы (Забайкальский край) в относительных показателях математического ожидания ущерба эталонному объекту.

Таблица 2. Поправочный коэффициент K_1 , зависящей от качественных признаков зданий [14]

Качественное состояние	Класс здания					
	I	II	III	IV	V	VI
Отличное	0,90	1,00	1,20	1,50	1,80	2,10
Хорошее	0,82	0,90	1,10	1,35	1,60	2,00
Совершенно удовлетворительное	0,77	0,85	1,00	1,15	1,40	1,90
Удовлетворительное	0,75	0,80	0,95	1,05	1,45	2,05
Неудовлетворительное	0,75	0,85	1,00	1,10	1,70	2,30
Совершенно неудовлетворительное	0,78	0,90	1,10	1,25	1,95	2,70

Для зданий поправка K зависит от ряда параметров

$$K = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3, \quad (6)$$

где K_1 – поправка, определяемая в зависимости от класса здания и его состояния (табл. 2);

K_1 и K_2 – соответственно, поправки на высоту цоколя и этажность.

Поправки K_2 и K_3 определяются, соответственно, по формулам:

$$K_2 = 0,45 + (1,4 - d)^{2,7}, \quad (7)$$

$$K_3 = \frac{1}{0,4 + 0,6 \cdot n}, \quad (8)$$

где d – высота цоколя, м (при $d > 1,4$ $K_2 = 0,45$); n – число этажей здания.

Изложенный подход позволяет оценить риск для отдельных объектов недвижимости как непосредственно с ГИС-модели, так и с карт зонирования (что особенно актуально для развития страхования). В перспективе он и может использоваться для оценки риска в пределах отдельных территорий. Это будет возможно после перехода от используемой в настоящее время остаточной к рыночной стоимости недвижимости.

Заключение

Нерационально районировать всю территорию Российской Федерации по уровню опасности наводнений, что предусмотрено Федеральным законодательством [3]. Такое районирование может быть выполнено только с

очень грубыми допущениями, при которых в одну категорию будут попадать вместе с поймами рек и прилегающие горные массивы. Также следует отметить, что даже катастрофическое затопление не может привести к заметным последствиям на территориях, не используемых людьми. Поэтому, на наш взгляд, данная задача должна решаться поэтапно.

В первую очередь следует разработать нормативные документы, устанавливающие принципы идентификации территорий, подверженных угрозе наводнений, и их зонирования.

На основании разработанных норм необходимо выделить соответствующие территории населенных пунктов с установлением для них ряда численных показателей для определения приоритетности зонирования.

На этапе непосредственного зонирования должны быть разработаны карты двух видов: для возможности регулирования хозяйственного использования территории и в экономических показателях риска (для развития страхования и решения других прогностических задач).

Карты для регулирования хозяйственного использования паводкоопасных территорий должны учитывать не только вероятность затопления, но как минимум, – и возможную глубину затопления [13]. Наиболее перспективным подходом к зонированию в экономических показателях является использование математического ожидания ущерба, что позволяет совмещать в одном показателе одновременно как значение ущерба, так и его вероятность.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Brakenridge G.R.* Global Active Archive of Large Flood Events. Dartmouth Flood Observatory. University of Colorado. 2012. URL: <http://floodobservatory.colorado.edu/Archives/index.html>
2. Directive 2007/60/EC on the assessment and management of flood risks. European Parliament. 2007. URL: http://ec.europa.eu/environment/water/flood_risk/
3. Федеральный закон от 30 дек. 2009 г. № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» // Российская газета от 31 дек. 2009 г. № 255.
4. СНиП 22-01-95. Геофизика опасных природных воздействий. М.: ГП ЦПП, 1996. 9 с.
5. Словарь современного русского литературного языка. М.: АН СССР, 1959. Т. 8. С. 882.
6. ГОСТ Р 51901.1-2002. Менеджмент риска. Анализ риска технологических систем. М.: Изд-во стандартов, 2002. 28 с.
7. *Таратунин А.А.* Наводнения на территории Российской Федерации. Екатеринбург: Изд-во РосНИИВХ, 2008. 432 с.
8. *Бузин В.А.* Опасные гидрологические явления. СПб: РГГМУ, 2008. 223 с.
9. *Rowe W.D.* An anatomy of risk. New York: John Wiley Interscience, 1977. 488 p.
10. ГОСТ Р 51897-2002. Менеджмент риска. Термины и определения. М.: Изд-во стандартов, 2002. 12 с.
11. *Шаликовский А.В.* Методология управления водохозяйственными рисками, обусловленными экстремальными гидрологическими явлениями // Водное хозяйство России. 2011. № 6. С. 24–32.

12. HAZUS-MH Flood Loss Estimation Methodology. II. Damage and Loss Assessment / Scawthorn C. et al. // Nat. Hazards Rev. 2006. 7. P. 72–81.
13. Шаликовский А.В. Оценка риска наводнений и зонирование паводкоопасных территорий // Водное хозяйство России. 2006. № 4. С. 27–35.
14. Шаликовский А.В. Водные и водохозяйственные риски: анализ проблемы, концептуальные основы страхования. Екатеринбург: Изд-во РосНИИВХ, 2003. 100 с.

Сведения об авторе:

Шаликовский Андрей Валерьевич, к. т. н., доцент, заместитель директора, Восточный филиал ФГУП «Российский научно-исследовательский институт комплексного использования и охраны водных ресурсов (ВостокНИИВХ), 672039, г. Чита-39, ул. Алекзаводская, 30; e-mail: vostokniivh@mail.ru