

Оценка среднегодовалого ущерба по зависимостям, вытекающим из теории математической статистики.

Метод оценки: «Гидролого-экономическая модель вычисления среднегодовалого ущерба».

Указанная модель является частным случаем экономико-математической модели вычисления математического ожидания экономического параметра (в данном случае – ущерба), учитывающей различия математического понятия «вероятность» и применяемой в гидрологии термина «обеспеченность», которая является вероятностью превышения некоторой гидрологической величины.

Ущерб от наводнений зависит в первую очередь от максимального уровня воды, который является случайной величиной. Следовательно, ущерб также является случайной величиной, и поэтому для определения его статистических показателей следует использовать классическую схему статистических расчетов.

В [1, 2]* показано, что среднегодовым ущербом от наводнений является его математическое ожидание, величина которого должна определяться по формуле:

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

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

n – число расчетных значений обеспеченности паводка;

Y_i – ущерб от наводнения при p_i -ой обеспеченности максимального уровня воды.

Мероприятия:

1. Проект «Защита от затопления территории Южного округа г. Хабаровска на участке ул. Пионерская от Дендрария до ул. Союзной».

В проекте рассчитан ущерб от паводка 1%-ной обеспеченности (повторяемостью один раз в 100 лет), который составил 5,945 млрд. руб и был принят в качестве годового фактического ущерба (п. 1.3, с. 26). Он также был принят и в качестве предотвращенного среднегодовалого ущерба (п. 1.4, с. 27). То есть предполагается, что затопление с аналогичными параметрами должно наблюдаться ежегодно.

Для расчета по (1) следует знать величину ущерба для нескольких значениях обеспеченности уровня воды. Для обеспеченности 1% величина ущерба принята по проекту (5,945 млрд руб.), а для обеспеченностей 0,1%, 0,5%, 3%, 5% и 10% – экспертным путем (таблица 1, рисунок 1).

Таблица 1 – Значения ущерба при различных обеспеченностях уровня воды

Обеспеченность уровня, %	0,1	0,5	1	3	5	10
Ущерб, млрд руб.	16	11	5,945	1	0,1	0,001

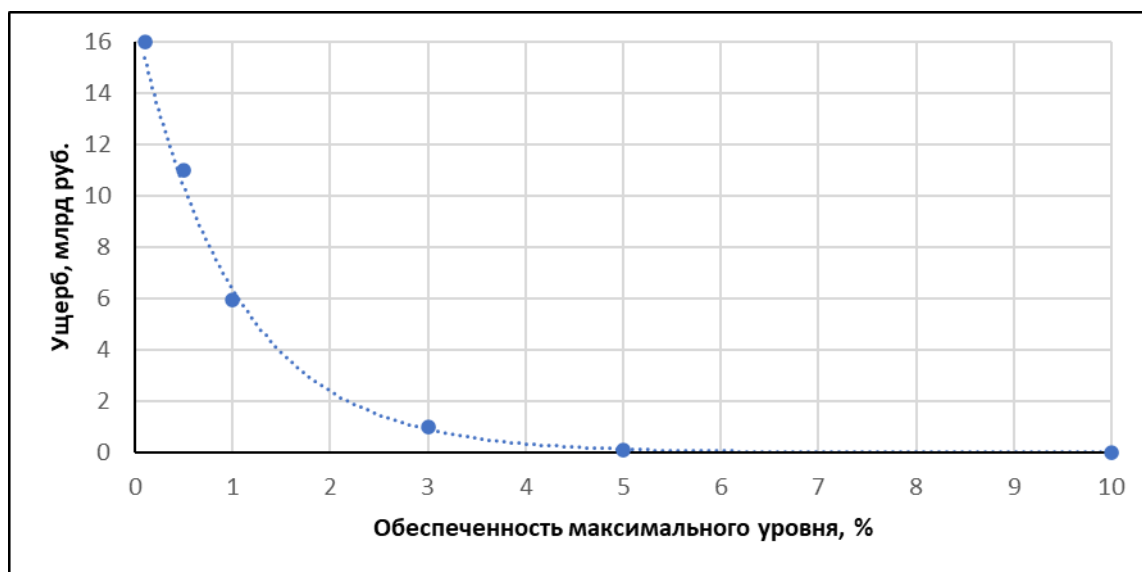


Рисунок 1 - Зависимость ущерба при различных обеспеченностях уровня воды

На рисунке 2 представлена гистограмма плотности распределения ущерба в интервалах на границах принятых обеспеченностей. Например, вероятность ущерба в диапазоне от 11 до 16 млрд руб. равна разности соответствующих обеспеченностей:

$$P = 0,5 - 0,1 = 0,4 \%$$

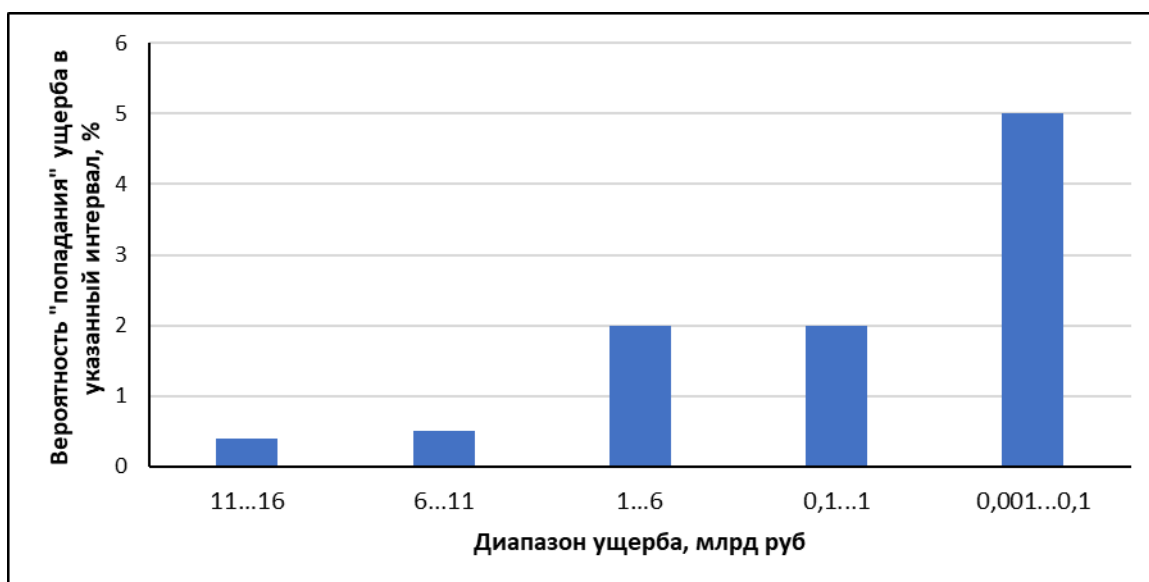


Рисунок 1 – Гистограмма плотности распределения ущерба

Среднегодовое значение ущерба (его математическое ожидание) по формуле (1) равно:

$$M(Y) = \frac{16 + 11}{2} \cdot \frac{0,5 - 0,1}{100} + \frac{11 + 5,945}{2} \cdot \frac{1 - 0,5}{100} + \frac{5,945 + 1}{2} \cdot \frac{3 - 1}{100} + \frac{1 + 0,1}{2} \cdot \frac{5 - 3}{100} + \frac{16 + 11}{2} \cdot \frac{0,5 - 0,1}{100} = 0,179 \text{ млрд руб.}$$

То есть, **среднегодовое значение ущерба**, вычисленный с учетом вероятности его нанесения **в 33 раза ниже**, чем ущерб повторяемостью 1 раз в 100 лет, принятый в расчетах по мероприятию **(5,945/0,179)**.

По данным проекта (п.1, с.28) коэффициент экономической эффективности капитальных вложений в защитные мероприятия от паводков (наводнений) (\mathcal{E}^H) равен 1,7, что **в 58 раз превышает** коэффициент экономической эффективности, рассчитанный из среднегодового ущерба в размере 0,179 млрд. руб **(1,7/0,029)**.

$$\mathcal{E}^H = \frac{Y_{пр}^H - I^H}{K^H} = \frac{0,179 - 0,076}{3,54} = 0,029.$$

В результате капитальные вложения средств в мероприятие, предусмотренное проектной документацией, являются недостаточно экономически эффективными, так как на каждый вложенный рубль капитальных вложений приходится менее 3 копеек/год ликвидируемого ущерба.

Срок окупаемости капитальных вложений от вредного воздействия вод ($T_{ок}^H$) определяется отношением капитальных вложений к предотвращенному

среднегодовому ущербу ($Y_{\text{пр}}^{\text{н}}$) за вычетом эксплуатационных издержек на содержание и обслуживание объектов инженерной защиты ($I^{\text{н}}$):

$$T_{\text{ок}}^{\text{н}} = \frac{K^{\text{н}}}{Y_{\text{пр}}^{\text{н}} - I^{\text{н}}} = \frac{3,54}{0,179 - 0,076} = 34 \text{ года.}$$

По данным проекта (п.2, с.28) срок окупаемости капитальных вложений в мероприятия по строительству защитной дамбы в Южном округе г. Хабаровска на участке ул. Пионерская от Дендрария до ул. Союзной - 2,0 года, **что в 17 раз меньше** срока окупаемости рассчитанного из среднегодового ущерба в размере 0,179 млрд. руб (34/2).

2. Проект «Реконструкция защитных гидротехнических сооружений с. Ленинское Ленинского района ЕАО».

В проекте рассчитан максимально возможный ущерб, который возможен при аварии защитных дамб (2,651 млрд. рублей). Он же принят в качестве среднегодового ущерба (п. 12, с. 26), то есть предполагается, что аварии ГТС происходят ежегодно. В результате установлено, что реконструкция сооружений окупается быстрее чем за 1 год, а коэффициент экономической эффективности $\mathcal{E}_{\text{н}}=1,17$ (п. 3.1, с. 7).

На самом деле, авария рассматриваемых ГТС возможна в случае, если уровень паводка превышает отметку гребня дамб, то есть вероятность затопления равна обеспеченности максимального уровня, соответствующего отметке гребня дамбы в наиболее неблагоприятном месте.

В представленном разделе проекта отсутствуют сведения о фактической надежности существующих ГТС. Поэтому если условно принять, что отметка гребня соответствует паводку 5%-ной обеспеченности, то из формулы 1 следует:

$$M(Y) = 2,651 \cdot \frac{5}{100} = 0,133 \text{ млрд руб.}$$

То есть, **среднегодовой ущерб**, вычисленный с учетом вероятности аварии ГТС 5% **в 20 раз ниже**, чем ущерб повторяемостью 1 раз в 100 лет.

В этом случае экономическая эффективность равна:

$$\mathcal{E}^H = \frac{y_{\text{пр}}^H - И^H}{K^H} = \frac{132,531 - 169,319}{2116,487} = -0,017.$$

То есть инвестиции не окупаются, так как принятые эксплуатационные издержки (169 млн руб./год) превышают среднегодовой ущерб.

Без учета эксплуатационных затрат:

$$\mathcal{E}^H = \frac{y_{\text{пр}}^H - И^H}{K^H} = \frac{132,531 - 0}{2116,487} = 0,063 \text{ (срок окупаемости - 16 лет).}$$

*[Список литературы]:

1. Шаликовский А. В. Риск наводнений: методы оценки и картографирования // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2012. № 2. С. 68–78.
2. Shalikovskiy A., Kurganovich K. Flood hazard and risk assessment in Russia // Natural Hazards. 2017. Vol. 88. No. S1. P. 133–147.