

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ МАКСИМАЛЬНОГО ВРЕДА ПРИ АВАРИЯХ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ

Качаев А.Е.

*Всероссийский научно-исследовательский институт систем орошения и
сельхозводоснабжения «Радуга», Коломна, Россия*

Ключевые слова: гидротехническое сооружение, максимальный вред, методика расчета вреда, Ростехнадзор, промышленная безопасность, вероятностный анализ рисков, совершенствование нормативной базы.

Аннотация. В статье рассматриваются методологические проблемы применения новой методики оценки максимального вреда от аварий гидротехнических сооружений, утвержденной Приказом Ростехнадзора от 15.11.2024 №347. В ходе исследования на основе формально-юридического, сравнительно-правового и статистического методов, а также методологии планирования эксперимента выявлены системные недостатки документа: неопределенность исходных данных, неполнота учета экологических и экономических факторов, использование жестко фиксированных коэффициентов без учета региональной и демографической дифференциации, отсутствие механизма актуализации стоимостных показателей и процедур независимой экспертизы результатов. Предложен комплекс научно обоснованных мер по совершенствованию методики, включающий введение дифференцированных поправочных коэффициентов, переход к пообъектной оценке основных фондов, включение блока экологического ущерба, внедрение механизма региональной индексации и использование вероятностного подхода на основе имитационного моделирования Монте-Карло.

IMPROVING THE METHODOLOGY FOR ASSESSING MAXIMUM DAMAGE IN HYDRAULIC STRUCTURE ACCIDENTS

Kachaev A.E.

*All-Russian Research Institute of Irrigation Systems and Agricultural Water Supply
“Raduga”, Kolomna, Russia*

Keywords: hydraulic engineering, maximum harm, harm calculation methodology, Rostekhnadzor, industrial safety, probabilistic risk analysis, improvement of the regulatory framework.

Abstract. This article examines the methodological challenges of applying a new methodology for assessing the maximum damage from hydraulic structure accidents, approved by Rostekhnadzor Order No. 347 dated November 15, 2024. Using formal legal, comparative legal, and statistical methods, as well as an experimental design methodology, the study identified systemic shortcomings in the document, including uncertainty in the initial data, incomplete consideration of environmental and economic factors, the use of rigidly fixed coefficients without regard for regional and demographic differentiation, and the lack of a mechanism for updating cost indicators and procedures for independent review of the results. A set of scientifically based measures for improving the methodology is proposed, including the introduction of differentiated correction factors, a transition to a per-object assessment of fixed assets, the inclusion of an environmental damage section, the implementation of a regional indexation mechanism, and the use of a probabilistic approach based on Monte Carlo simulation modeling.

Введение. Обеспечение безопасности гидротехнических сооружений (ГТС) представляет собой одну из ключевых задач в системе промышленной

безопасности Российской Федерации. В соответствии с частью девятой статьи 10 Федерального закона от 21 июля 1997г. №117-ФЗ «О безопасности гидротехнических сооружений», оценка возможного вреда от аварий ГТС является обязательным элементом декларирования безопасности и служит основой для принятия управленческих решений, определения размеров страховых выплат и планирования предупредительных мероприятий [1].

Приказом Ростехнадзора от 15 ноября 2024г. №347 утверждена новая Методика определения оцененного в рублях размера максимального вреда, который может быть причинен жизни, здоровью физических лиц, окружающей среде, имуществу физических и юридических лиц при аварии гидротехнического сооружения.

Актуальность исследования обусловлена следующими факторами:

- согласно разъяснениям Ростехнадзора, методика включена в перечень нормативных правовых актов, содержащих обязательные требования, соблюдение которых проверяется при осуществлении государственного контроля в области безопасности ГТС;

- результаты оценки по методике определяют размер страховых выплат, объем финансового обеспечения гражданской ответственности владельцев ГТС, а также обоснованность инвестиций в мероприятия по повышению безопасности;

- точность прогноза последствий аварий ГТС напрямую влияет на эффективность планирования эвакуационных мероприятий, оценку достаточности резервов материальных ресурсов и адекватность компенсационных механизмов для пострадавшего населения [2];

- применяемые в методике подходы, основанные на фиксированных коэффициентах и усредненных показателях, не в полной мере учитывают многообразие гидрологических, географических, демографических и экономических условий субъектов Российской Федерации, что создает риски систематического занижения или завышения размеров вреда [3].

Цель исследования – выявление методологических недостатков новой методики оценки максимального вреда от аварий ГТС и разработка научно обоснованных предложений по ее совершенствованию.

Методы исследования. В исследовании использован комплекс научных методов:

1. Формально-юридический анализ – для исследования структуры методики, терминологического аппарата и порядка применения расчетных алгоритмов [3].

2. Сравнительно-правовой метод – для сопоставления с предшествующей методикой (приказ № 516 от 10.12.2020).

3. Метод математического моделирования – для верификации адекватности расчетных формул при варьировании исходных параметров [4].

4. Методология планирования эксперимента – для выявления критических факторов, оказывающих наибольшее влияние на итоговую оценку вреда [5].

Результаты и их обсуждение. Проведенный анализ позволил выявить системные недостатки методики по следующим направлениям.

1. Неопределенность исходных данных. Методика не конкретизирует порядок получения исходных данных (площадь затопления, глубина, скорость потока, численность населения в зоне поражения), что создает возможность для манипуляций результатами. Отсутствие единых справочных материалов для типовых ГТС и гидрологических условий приводит к несопоставимости результатов расчетов для разных объектов.

2. Неполнота учета факторов. В методике недостаточно полно учитываются движимое имущество, находящееся в зоне затопления; экологические последствия (вред водным биоресурсам, долгосрочное загрязнение почв и водных объектов); экономические последствия в виде упущенной выгоды (приостановка деятельности предприятий).

3. Укрупненный подход к стоимостной оценке ущерба. Использование усредненных показателей стоимости основных фондов на единицу территории субъекта РФ без учета отраслевой и территориальной дифференциации приводит к грубым ошибкам. Особенно критично это для субъектов с неравномерным распределением промышленных объектов и инфраструктуры.

4. Фиксированные коэффициенты без учета вариативности условий. Применение жестко закрепленных коэффициентов степени вреда ($K_1 = 0,9$, $K_2 = 0,7$, $K_3 = 0,3$, $K_4 = 0,1$) для различных зон разрушений не учитывает возрастную структуру населения, фактор времени суток и сезонности, эффективность систем оповещения и эвакуации.

5. Отсутствие механизма актуализации стоимостных показателей. В методике не предусмотрен обязательный пересмотр стоимостных параметров с учетом региональной инфляции и изменения рыночной конъюнктуры, что ведет к неадекватности расчетов с течением времени.

6. Сложность применения для малых ГТС. Методика излишне сложна для ГТС IV класса опасности, создавая избыточную административную нагрузку на эксплуатирующие организации.

7. Отсутствие процедур независимой экспертизы. Не предусмотрены механизмы обжалования результатов расчета и проведения независимой экспертизы в спорных случаях.

На основе выявленных недостатков предлагается комплекс мер по совершенствованию методики:

1. Разработка нормативного справочника исходных данных. Предлагается утвердить отраслевой справочник со значениями гидрологических параметров, плотности населения и стоимостных показателей для типовых условий, с обязательным использованием данных натурных обследований и гидродинамического моделирования.

2. Введение дифференцированных коэффициентов. Предлагается модифицированный коэффициент степени вреда здоровью, определяемый по формуле:

$$K_i^* = K_i \cdot \alpha_{\text{возр}} \cdot \beta_{\text{эвак}} \cdot \gamma_{\text{время}} \cdot \delta_{\text{сезон}}, \quad (1)$$

где K_i – базовый коэффициент из методики; $\alpha_{\text{возр}}$ – демографический коэффициент (для зон с высокой долей детей – 1,1-1,2); $\beta_{\text{эвак}}$ – коэффициент

эффективности эвакуации (0,7-0,9 при наличии системы оповещения); $\gamma_{\text{время}}$ – коэффициент времени суток (ночное время – 1,2); $\delta_{\text{сезон}}$ – сезонный коэффициент (для туристических объектов – до 1,5 в пиковый сезон).

3. Переход к объектной оценке основных фондов рекомендуется осуществлять через дифференцированный подход по формуле (2), где для крупных объектов используется балансовая стоимость $C_{\text{баланс}}$, для прочих – кадастровая $C_{\text{кадастр}}$:

$$I_{\text{ос}} = \sum_{j=1}^m C_{\text{баланс}}^j \cdot K_{\text{утраты}}^j + \sum_{k=1}^n C_{\text{кадастр}}^k \cdot K_{\text{утраты}}^k, \quad (2)$$

4. Введение блока экологического ущерба позволит уточнить величину экологического ущерба по формуле:

$$I_{\text{экол}} = I_{\text{вод}} + I_{\text{био}} + I_{\text{зем}}, \quad (3)$$

где $I_{\text{вод}}$ – ущерб водному объекту; $I_{\text{био}}$ – ущерб рыбным запасам; $I_{\text{зем}}$ – ущерб почвам.

5. Механизм актуализации стоимостных показателей необходимо связать формулой для индексации:

$$C_{\text{текущ}}^{\text{рег}} = C_{\text{баз}}^{\text{рег}} \cdot \prod_{t=1}^T (1 + i_{\text{рег}}^t)_{\text{возр}} \cdot K_{\text{отрасл}}, \quad (4)$$

где $i_{\text{рег}}^t$ – региональный индекс потребительских цен; $K_{\text{отрасл}}$ – отраслевой корректирующий коэффициент.

6. Упрощенная процедура для малых ГТС. Разработать упрощенный порядок расчета для ГТС IV класса опасности либо установить пороговые значения, ниже которых обязательная оценка не требуется.

7. Внедрение вероятностного подхода. Рекомендуется использовать методологию планирования эксперимента и имитационное моделирование Монте-Карло для перехода от детерминистской точечной оценки к вероятностному распределению возможного ущерба, что позволит определять, например, 95-й процентиль – величину вреда, которая с 95% вероятностью не будет превышена.

Выводы. Новая методика оценки максимального вреда при авариях ГТС (Приказ №347 от 15.11.2024) представляет собой значительный шаг вперед по сравнению с предшествующим нормативным актом, однако сохраняет ряд системных недостатков методологического характера. Ключевые проблемы методики связаны с использованием фиксированных коэффициентов, усредненных стоимостных показателей, неполнотой учета факторов вреда и отсутствием механизмов актуализации исходных данных.

Научное совершенствование методики должно идти по пути дифференциации расчетных параметров с учетом региональных, демографических, отраслевых и сезонных особенностей, а также внедрения элементов вероятностного анализа рисков. Предложенные формулы и подходы позволяют повысить точность, адекватность и справедливость оценки максимального вреда, обеспечивая более обоснованное принятие управленческих решений в области безопасности гидротехнических сооружений и защиты населения от последствий возможных аварий.

Список литературы

1. Качаев А.Е., Турапин С.С. Особенности реконструкции земляных плотин мелиоративных систем // Наука и мир. – 2024. – №3. – С. 6-10. – doi.org/10.26526/2307-9401-2024-3-6-10.
2. Orekhova T.N., Prokopenko V.S., Okushko V.V., Kachaev A.E. The rotating layer mechanics of polydisperse particles in the continuous action pneumatic mixers // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2019, vol. 698(2), p. 022023. doi.org/10.1088/1757-899X/698/2/022023.
3. Качаев А.Е., Севостьянов В.С. Расчёт траектории и скорости движения частицы измельчаемого материала по поверхности рабочего элемента дезинтегратора // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2012. – №2. – С. 56-59.
4. Качаев А.Е., Орехова Т.Н., Окушко В.В., Шестаков Ю.Г. Механика взвешенного слоя с полидисперсными частицами в пневмосмесителях непрерывного действия // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2020. – №3. – С. 121-127. – doi.org/10.34031/2071-7318-2020-5-3-121-127.
5. Orekhova T.N., Nosov O.A., Prokopenko V.S., Kachaev A.E. Complex modeling of technological processes in pneumatic mixers for production of dry construction mixtures // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2018, vol. 327, p. 022084. doi.org/10.1088/1757-899X/327/2/022084.

References

1. Kachaev A.E., Turapin S.S. Features of reconstruction of earth dams of melioration systems // Science and the World. 2024, no. 3, pp. 6-10. doi.org/10.26526/2307-9401-2024-3-6-10.
2. Orekhova T.N., Prokopenko V.S., Okushko V.V., Kachaev A.E. The rotating layer mechanics of polydisperse particles in the continuous action pneumatic mixers // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2019, vol. 698(2), p. 022023. doi.org/10.1088/1757-899X/698/2/022023.
3. Kachaev A.E., Sevostyanov V.S. Calculation of the trajectory and speed of movement of a particle of crushed material along the surface of the working element of a disintegrator // Bulletin of the Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. 2012, no. 2, pp. 56-59.
4. Kachaev A.E., Orekhova T.N., Okushko V.V., Shestakov Yu.G. Mechanics of a suspended bed with polydisperse particles in continuous pneumatic mixers // Bulletin of the Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. 2020, no. 3, pp. 121-127. doi.org/ 10.34031/2071-7318-2020-5-3-121-127.
5. Orekhova T.N., Nosov O.A., Prokopenko V.S., Kachaev A.E. Complex modeling of technological processes in pneumatic mixers for production of dry construction mixtures // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2018, vol. 327, p. 022084. doi.org/10.1088/1757-899X/327/2/022084.

Качаев Александр Евгеньевич – кандидат технических наук, заведующий отделом и старший научный сотрудник отдела эксплуатации гидромелиоративных систем и гидротехнических сооружений

doctor_cement@mail.ru

Kachaev Aleksandr Evgenievich – candidate of technical sciences, head of Department and senior researcher in the Department of operation of irrigation systems and hydraulic engineering structures

Received 26.06.2026