

## ПРОГНОЗИРОВАНИЕ АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЙ НА ВОДОЕМАХ ТЕХНИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Миканович Д.С., Курский И.А., Казутин Е.Г.

*Цель.* Провести анализ статистических данных аварийных ситуаций на гидротехнических сооружениях, оценить их основные причины и последствия, сформулировать тематику для будущих исследований в области прогнозирования и предупреждения чрезвычайных ситуаций на гидротехнических сооружениях.

*Методы.* Теоретический анализ.

*Результаты.* Проведен анализ аварийных ситуаций на гидротехнических сооружениях водоемов технического назначения, изучены ранее проводимые исследования в области прогнозирования аварий на ограждающих конструкциях водоемов технического назначения, определена область научных интересов в части дальнейших исследований по прогнозированию и предупреждению чрезвычайных ситуаций, оценке устойчивости ограждающих конструкций водоемов технического назначения, разработки системы компенсирующих мероприятий по предупреждению чрезвычайных ситуаций на сооружениях данного типа.

*Область применения исследований.* Анализ аварий на гидротехнических сооружениях водоемов технического назначения позволит заложить основу для будущих исследований по разработке системы компенсирующих мер для предупреждения возникновения чрезвычайных ситуаций на водоемах технического назначения, «остановки» аварий на начальных этапах, а также для снижения последствий при возникновении подобных ситуаций.

*Ключевые слова:* гидротехнические сооружения, плотина, дамба, водоемы технического назначения, очистные сооружения, авария, коэффициент фильтрации, поверхностно-активные вещества, система компенсирующих мероприятий.

(Поступила в редакцию 6 мая 2025 г.)

### Введение

Гидротехнические сооружения (ГТС) являются неотъемлемой частью современной цивилизации, обеспечивая нас водой, электроэнергией, защитой от наводнений и создавая предпосылки для развития ключевых отраслей экономики, таких как сельское хозяйство, промышленность и транспорт. Однако аварии на ГТС могут иметь катастрофические последствия, оказывающие негативное влияние на окружающую среду и социально-экономическую стабильность.

Сбои в работе ГТС несут угрозу масштабных и многогранных разрушений, затрагивающих все аспекты жизни общества. Самым печальным последствием таких аварий становятся человеческие жертвы. Социальные последствия включают массовую эвакуацию, а также потерю имущества и необходимость переселения.

Последствия экономического ущерба ощущаются в колоссальных расходах на устранение разрушений – реконструкцию поврежденных дорог, мостов, энергетических инфраструктур и жилых строений.

Восстановление после таких аварий занимает годы, а некоторые экосистемы не возвращаются к исходному состоянию никогда, что делает профилактику и модернизацию ГТС критически важной задачей для глобальной безопасности.

### Основная часть

Точное количество гидротехнических сооружений в мире оценить сложно. По данным Международной комиссии по большим плотинам (ICOLD), в мире насчитывается около 62 339 крупных плотин. Крупные плотины характеризуются высотой более 15 м или объемом более 3 млн м<sup>3</sup> воды. В Китае насчитывается более 23 000 крупных плотин; США – около 9000; Индия, Бразилия, Япония – около 1000 единиц [1].

Малые плотины и дамбы, которые имеют высоту до 15 м, используются для ирригации, водоснабжения и защиты от наводнений. Общее количество таких сооружений по миру может достигать миллиона.

В Республике Беларусь насчитывается около 10 тыс. ГТС, в которые входят: водохранилища, образованные при строительстве дамб и плотин; гидроэлектростанции; каналы; судоходные шлюзы и различные водоемы технического назначения (очистные сооружения, пруды-охладители, хвостохранилища, водоемы для технологической воды).

На 2024 г. в Беларуси имелось 153 водохранилища, 85 из которых имеют площадь более 1 км<sup>2</sup>. Водохранилища расположены в бассейнах рек: Припять, Днепр, Западный Буг, Виляя, Западная Двина и Неман. Крупнейшие водохранилища Республики Беларусь изображены на рисунке 1 [2].



Рисунок 1. – Крупнейшие водохранилища на территории Республики Беларусь

Аварии на водоемах технического назначения могут привести к выбросу загрязненных сточных вод в окружающую среду. Так, 9 октября 2019 г. в 20:12 на одном из резервуаров для хранения стоков производства химического предприятия ОАО «Полиэф» в Благовещенске (Республика Башкортостан) произошло разрушение участка стены (рис. 2). Около 8 т стоков разлилось на прилегающую территорию, загрязнив территории лесного массива, а также в реку Казмыша. Ущерб, нанесенный природным объектам, оценивается на сумму около 44 млн российских рублей (в ценах на 22 октября 2019 г.). В ходе технического осмотра разрушенного резервуара было определено, что причиной возникновения ЧС явилось неустранение дефектов, выявленных ранее<sup>1</sup>.

В Республике Беларусь за последнее десятилетие произошло 176 чрезвычайных ситуаций: природного характера – 107, техногенного характера без пожаров – 69 (рис. 3).

Так, 5 сентября 2017 г. произошла авария на очистных сооружениях свинокомплекса «Невеличи», расположенного на территории Дзержинского района. Прорыв сточных вод из очистных сооружений произошел в мелиоративный канал, расположенный поблизости.

Водоемы технического назначения созданы для определенных промышленных и технических нужд. Они могут использоваться для охлаждения, испарения, усреднения, отстаивания сточных вод, понижения уровня вод, очистки отходов производства. На территории Республики Беларусь насчитывается более 300 водоемов технического назначения.

Основные причины гидродинамических аварий: выработка технического ресурса; неблагоприятные погодные условия; перебои в электрообеспечении; человеческий фактор и сверхпроектная работа сооружений, при которой объем поступающих загрязнений больше рассчитанного, или сооружения не способны на очистку отдельных веществ и материалов.



Рисунок 2. – Последствия разрушения резервуара со стоками производства

<sup>1</sup> Следком Башкирии установил причины ЧП на АО «ПОЛИЭФ» // Рамблер/новости. – 2019. – 22 окт. – URL: <https://news.rambler.ru/other/43072118-sledkom-bashkirii-ustanovil-prichiny-chp-na-ao-polief/> (дата обращения: 20.03.2025).

В результате аварии произошла массовая гибель рыбы, обнаружено более 500 мертвых особей различного вида. В результате гибели рыбы сумма вреда составила более 17 тыс. белорусских рублей (в ценах на 11 сентября 2017 г.)<sup>2</sup> (рис. 4).

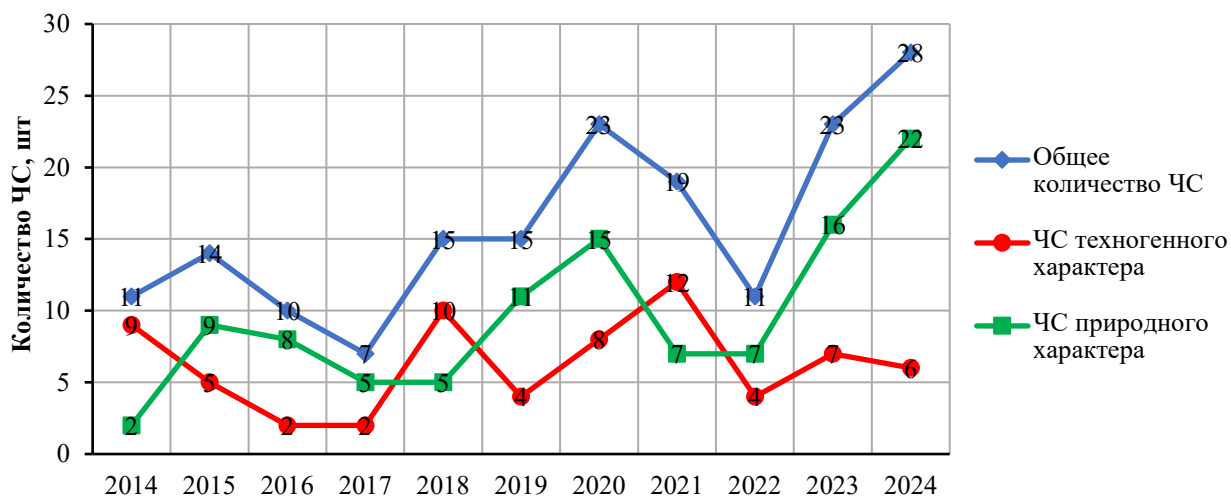


Рисунок 3. – Количество чрезвычайных ситуаций в Республике Беларусь за последние 10 лет



Рисунок 4. – Последствия прорыва сточных вод на очистных сооружениях свиного комплекса

Рассматривая аварии на очистных сооружениях и водоемах технического назначения, можно сделать вывод, что подобные инциденты могут привести к экологической катастрофе, когда загрязнения и ядовитые стоки разливаются на огромные территории, заражая почву, водоемы, грунтовые воды и приводя к значительному материальному ущербу. Исходя из этого необходима разработка организационно-технических мероприятий, которые позволят предотвратить подобные инциденты или снизить их последствия.

Исходя из проведенного анализа литературных источников [3–8] установлено, что в Республике Беларусь проводились исследования по прогнозированию возникновения ЧС и оценке их последствий

на водоемах технического назначения. В ходе работы были обследованы эксплуатирующиеся ГТС на водоемах технического назначения, рассмотрен процесс фильтрации в теле грунтовых дамб (плотин) на них, описаны модели развития деформаций, а также проведена оценка факторов, которые могут повлиять на возникновение чрезвычайных ситуаций на подобных объектах.

В диссертационной работе Д.С. Микановича по прогнозированию возникновения чрезвычайных ситуаций на грунтовых подпорных сооружениях шламохранилищ [4] проведен анализ факторов, способствующих разрушению откосов дамб, а также разработана расчетная методика оценки вероятности возникновения гидродинамических аварий на сооружениях шламохранилищ. В ходе разработки методики было установлено, что коэффициент фильтрации в теле грунтовой дамбы (плотины) зависит от концентрации в ней поверхностно-активных веществ, тем самым увеличивает скорость прохождения жидкости через тело плотины (дамбы).

Авторы статьи [7] Е.В. Муравьева, Е.В. Арефьева, Д.О. Копытов, А.И. Шакирова для прогнозирования чрезвычайных ситуаций на ГТС рассматривают возможность применения

<sup>2</sup> Мор рыбы в реке в Дзержинском районе произошел из-за прорыва очистных сооружений свиного комплекса // БЕЛТА. – 2017. – 11 сент. – URL: <https://belta.by/incident/view/mor-ryby-v-reke-v-dzerzhinskoy-raione-proizoshel-iz-za-proryva-ochistnyh-sooruzhenij-svinokompleksa-265989-2017/> (дата обращения: 20.03.2025).



цепи Маркова. Уровни воды в гидротехнических сооружениях классифицированы на 5 категорий ( $\xi_1$ :  $\leq 142,5$  м – минимальный;  $\xi_2$ : 142,5–143,5 м – нормальный;  $\xi_3$ : 143,5–144 м – выше нормы;  $\xi_4$ : 144–145 м – критический;  $\xi_5$ :  $\geq 145$  м – недопустимый). На основе еженедельных замеров за 2019–2020 гг. построена матрица переходов между состояниями. Вероятности переходов рассчитаны нормированием частот. Прогноз на 2021 г. получен возведением матрицы переходов в квадрат ( $P^2$ ), что соответствует двухшаговому переходу. Модель показала погрешность 8 % при валидации на реальных данных. Подход применим для прогнозирования фильтрационных утечек и эрозионных процессов при наличии инструментального мониторинга.

Разработанные в ФГУП «НИИ ВОДГЕО»<sup>3</sup> Методические рекомендации по оценке риска аварий гидротехнических сооружений водохранилищ и накопителей промышленных отходов [8] предназначены для экспертной оценки риска аварий ГТС водохозяйственного и промышленного назначения при декларировании их безопасности, экспертизе декларации безопасности, страховании рисков аварий и формировании Российского регистра ГТС.

В методике приведены понятия риска и уязвимости. Так, риск аварий на гидротехнических сооружениях – вероятностная мера опасности, установленная для гидротехнического сооружения определенной уязвимости в виде возможных потерь. Уязвимость – свойство гидротехнических сооружений терять способность к выполнению заданных функций в результате негативных воздействий [8].

В методических рекомендациях оценки риска представляют собой вероятностные меры опасности, устанавливаемые для ГТС в виде возможных потерь за определенное время в экономической, социальной и экологической сферах. Комплексной характеристикой объекта становится оценка суммарного риска, позволяющая произвести сравнительную оценку ситуации с позиций возможных потерь для существующих или проектируемых объектов. Оценка риска основывается на результатах контроля и анализа факторов безопасности, наиболее существенных для данного сооружения, и условий его эксплуатации.

Под факторами безопасности понимают количественные и качественные характеристики состояния сооружения, природных воздействий и ожидаемого ущерба аварии или разрушения гидротехнических сооружений.

Понятие риска является универсальной количественной мерой потенциальной опасности. Переходя к количественным оценкам опасности, уязвимости, риска, следует иметь в виду, что каждое из них является достаточно сложной функцией многих переменных. Для получения количественных характеристик указанных понятий необходимо определить полный набор таких факторов. Их объединение по совокупностям будем называть показателями (показателями уязвимости, опасности, риска). В зависимости от величин показателей строится градация по степеням опасности, уязвимости, риска. Такой подход позволяет работать уже с довольно ограниченным числом переменных и выполнять количественную оценку, которую можно назвать интегральной.

Методические рекомендации содержат: интегральную оценку опасности аварии ГТС; интегральную оценку уязвимости ГТС; интегральную оценку риска аварии ГТС; примеры расчета риска аварий на ГТС.

Интегральная оценка опасности аварии ГТС производится по четырем основным показателям, каждый из которых оценивается и ранжируется по степени опасности: опасность превышения природных нагрузок и воздействий; обоснованность и соответствие проектных решений нормам; соответствие проекту конструкции, эксплуатации и материалов; возможные последствия и ущерб при аварии. После оценки ГТС по всем показателям производится расчет интегрального коэффициента опасности.

Интегральная оценка уязвимости ГТС производится на основе анализа трех основных показателей, каждый из которых оценивается по четырем уровням: состояние сооружения; организация эксплуатации; готовность к чрезвычайной ситуации. На основе значений показателей рассчитывается коэффициент уязвимости.

Интегральная оценка риска аварий на ГТС производится на основе произведения предыдущих рассчитанных коэффициентов опасности и уязвимости. Полученный коэффициент риска аварии ГТС интерпретируется с табличными данными:  $\leq 0,15$  – малый риск

<sup>3</sup> Федеральное государственное унитарное предприятие «Ордена Трудового Красного Знамени комплексный научно-исследовательский и конструкторско-технологический институт водоснабжения, канализации, гидротехнических сооружений и инженерной гидрогеологии "НИИ ВОДГЕО"».

(нормальная безопасность); 0,15–0,30 – умеренный риск (пониженная безопасность, требуются плановые меры); 0,30–0,50 – большой риск (неудовлетворительная безопасность, нужен срочный ремонт/замена оборудования); 0,50 – аварийная ситуация (эксплуатация запрещена до устранения угроз). Физическим смыслом коэффициента риска аварий ГТС является доля от риска, который имеет место на ГТС при наиболее неблагоприятных сочетаниях показателей опасности.

Следует отметить, что в проведенных исследованиях и методических рекомендациях отсутствуют инженерные решения, позволяющие исключить разрушение аварийных дамб (плотин) и минимизировать последствия возможных аварийных ситуаций, что может являться темой дальнейших научных исследований.

### Заключение

Таким образом, в результате проведенных исследований установлено, что при оценке риска возникновения чрезвычайных ситуаций на ГТС водоемов технического назначения проводится анализ двух взаимосвязанных аспектов: оценка рисков аварий и моделирование процессов разрушения конструкций. В рамках первого направления разрабатываются методики прогнозирования вероятности возникновения критических ситуаций. Для этого применяются вероятностно-статистические модели, учитывающие совокупность факторов: выработка технического ресурса; неблагоприятные погодные условия; перебои в электрообеспечении; человеческий фактор и ненормативная работа сооружений. В ходе рассмотрения моделей разрушения разрабатываются лабораторные установки, на которых рассматриваются возможные сценарии протекания аварийной ситуации. Однако, несмотря на детализацию научных работ, отсутствует рассмотрение компенсирующих мероприятий, которые являются научным интересом для будущих исследований с целью создания полноценной системы по предупреждению чрезвычайных ситуаций на ГТС. Система компенсирующих мероприятий может состоять из комплекса превентивных и аварийных мероприятий, которые основываются на ранее полученных данных по оценке причин, последствий аварий и влияния концентраций различных веществ в жидкости на устойчивость ограждающих конструкций водоемов технического назначения. Данная система позволит предупредить возникновение ЧС на водоемах технического назначения, предотвратить аварию уже на начальных этапах процессов, способствующих разрушению конструкций, а также уменьшить последствия при возникновении подобной ситуации.

### ЛИТЕРАТУРА

1. World Register of Dams: General Synthesis // ICOLD CIGB. – URL: [https://www.icold-cigb.org/GB/world\\_register/general\\_synthesis.asp](https://www.icold-cigb.org/GB/world_register/general_synthesis.asp) (date of access: 20.03.2025).
2. Власов, Б.П. Водохранилища / Б.П. Власов, О.В. Кадацкая // Белорусская энциклопедия. – URL: <https://belarusenc.by/belarus/detail-article.php?ID=4626#h1> (дата обращения: 20.03.2025).
3. Оценить состояние гидротехнических сооружений на водоемах технического назначения с целью предупреждения чрезвычайных ситуаций: отчет о НИР (заключ.) / Университет гражданской защиты Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь; рук. С.М. Пастухов; исполн.: Д.С. Миканович, Г.И. Касперов, В.Е. Левкевич [и др.]. – Минск, 2018. – 130 с. – № ГР 20163549.
4. Миканович, Д.С. Прогнозирование возникновения чрезвычайных ситуаций на грунтовых подпорных сооружениях шламохранилищ Республики Беларусь: дис. ... канд. тех. наук: 05.26.02 / Д.С. Миканович. – Минск, 2019. – 212 л.
5. Левкевич, В.Е. Сценарии возникновения аварийных ситуаций на шламохранилищах и очистных сооружениях Республики Беларусь / В.Е. Левкевич, Д.С. Миканович, А.В. Врублевский // Вестник Командно-инженерного института МЧС Республики Беларусь. – 2013. – № 1 (17). – С. 24–31. – EDN: SNEIQZ.
6. Миканович, Д.С. Результаты лабораторных исследований по определению коэффициента фильтрации песчаных грунтов с целью оценки безопасной эксплуатации гидротехнических сооружений шламохранилищ / Д.С. Миканович, В.Е. Левкевич // Пожарная и аварийная безопасность: материалы Междунар. науч.-практ. конф., Иваново, 26–27 нояб. 2015 г. / ФГБОУ ВО «Иванов. пожар.-спас. акад. ГПС МЧС России». – Иваново, 2015. – С. 377–379.
7. Муравьева, Е.В. Прогнозирование чрезвычайной ситуации на гидротехнических сооружениях / Е.В. Муравьева, Е.В. Арефьева, Д.О. Копытов, А.И. Шакирова // Известия Самарского научного

- центра Российской академии наук. – 2021. – Т. 23, № 5(103). – С. 82–89. – DOI: 10.37313/1990-5378-2021-23-5-82-89. – EDN: LQTLWQ.
8. Методические рекомендации по оценке риска аварий гидротехнических сооружений водохранилищ и накопителей промышленных отходов: согласовано МЧС РФ 14.08.2001 № 9-4/02-644 // КонсультантПлюс: справочная правовая система. – URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_256358/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_256358/) (дата обращения: 20.03.2025).

**Прогнозирование аварийных ситуаций на водоемах технического назначения**  
**Forecasting emergency situations at technical reservoirs**

---

**Миканович Дмитрий Станиславович**

кандидат технических наук, доцент

Государственное учреждение образования  
«Университет гражданской защиты  
Министерства по чрезвычайным ситуациям  
Республики Беларусь», заместитель  
начальника университета по учебной работе

Адрес: ул. Машиностроителей, 25,  
220118, г. Минск, Беларусь

Email: dmikanovich@list.ru

SPIN-код: 1516-9648

---

**Dmitriy S. Mikanovich**

PhD in Technical Sciences, Associate Professor

State Educational Establishment «University  
of Civil Protection of the Ministry for Emergency  
Situations of the Republic of Belarus»,  
Deputy Chief of the University  
for Academic Affairs

Address: Mashinostroiteley str., 25,  
220118, Minsk, Belarus

Email: dmikanovich@list.ru

ORCID: 0000-0002-3560-1741

---

**Курский Иван Александрович**

Государственное учреждение образования  
«Университет гражданской защиты  
Министерства по чрезвычайным ситуациям  
Республики Беларусь», кафедра пожарной  
безопасности, преподаватель

Адрес: ул. Машиностроителей, 25,  
220118, г. Минск, Беларусь

Email: ikursky911@yandex.by

---

**Ivan A. Kurskiy**

State Educational Establishment «University  
of Civil Protection of the Ministry for Emergency  
Situations of the Republic of Belarus»,  
Chair of Fire Safety, Lecturer

Address: Mashinostroiteley str., 25,  
220118, Minsk, Belarus

Email: ikursky911@yandex.by

ORCID: 0009-0009-3851-3294

---

**Казутин Евгений Геннадьевич**

кандидат технических наук

Государственное учреждение образования  
«Университет гражданской защиты  
Министерства по чрезвычайным ситуациям  
Республики Беларусь», кафедра пожарной  
аварийно-спасательной техники, профессор

Адрес: ул. Машиностроителей, 25,  
220118, г. Минск, Беларусь

Email: EKazutin@tut.by

---

**Evgeniy G. Kazutin**

PhD in Technical Sciences

State Educational Establishment «University  
of Civil Protection of the Ministry for Emergency  
Situations of the Republic of Belarus»,  
Chair of Fire Rescue Equipment,  
Professor

Address: Mashinostroiteley str., 25,  
220118, Minsk, Belarus

Email: EKazutin@tut.by

ORCID: 0009-0008-1498-6284

DOI: <https://doi.org/10.33408/2519-237X.2025.9-4.562>EDN: <https://elibrary.ru/PJJCLP>**FORECASTING EMERGENCY SITUATIONS AT TECHNICAL RESERVOIRS****Mikanovich D.S., Kurskiy I.A., Kazutin E.G.**

*Purpose.* To analyze statistical data on emergency situations at hydraulic structures, assess their main causes and consequences, and formulate the topics for future research in the field of forecasting and preventing emergency situations at hydraulic structures.

*Methods.* Theoretical analysis.

*Findings.* An analysis of emergency situations at hydraulic structures of technical reservoirs has been carried out, previously conducted research in the field of accident prevention on enclosing structures of technical reservoirs has been studied, the field of scientific interests has been identified in terms of further research in the field of emergency prevention and assessment of stability of enclosing structures of technical reservoirs, and the development of a system of compensating measures to prevent emergencies at structures of this type.

*Application field of research.* The analysis of accidents at hydraulic structures of technical reservoirs will lay the foundation for future research in order to develop a set of compensatory measures to prevent emergencies at technical reservoirs, «stop» accidents at the initial stages, and reduce the consequences of such situations.

*Keywords:* hydraulic structures, dam, embankment, technical reservoirs, sewage treatment plants, accident, filtration coefficient, surfactants, system of compensating measures.

(The date of submitting: May 6, 2025)

**REFERENCES**

1. *World Register of Dams: General Synthesis*. ICOLD CIGB. Available at: [https://www.icold-cigb.org/GB/world\\_register/general\\_synthesis.asp](https://www.icold-cigb.org/GB/world_register/general_synthesis.asp) (accessed: March 20, 2025).
2. Vlasov B.P., Kadatskaya O.V. Vodokhranilishcha [Water reservoirs]. *Belarusian Encyclopedia*. Available at: <https://belarusenc.by/belarus/detail-article.php?ID=4626#h1> (accessed: March 20, 2025). (rus)
3. Pastukhov S.M., Mikanovich D.S., Kasperov G.I., Levkevich V.E. [et al.] *Otsenit' sostoyaniye gidrotekhnicheskikh sooruzheniy na vodoemakh tekhnicheskogo naznacheniya s tsel'yu preduprezhdeniya chrezvychaynykh situatsiy* [To assess the condition of hydraulic structures of technical reservoirs in order to prevent emergencies]: report (final). University of Civil Protection of the Ministry of Emergency Situations of the Republic of Belarus. Minsk, 2018. 130 p. State registration No. 20163549. (rus)
4. Mikanovich D.S. *Prognozirovaniye vozniknoveniya chrezvychaynykh situatsiy na gruntovykh podpornykh sooruzheniyakh shlamokhranilishch Respubliki Belarus'* [Forecasting the occurrence of emergency situations at underground retaining structures of sludge storage facilities of the Republic of Belarus]: PhD tech. sci. diss.: 05.26.02. Minsk, 2019. 212 p. (rus)
5. Levkevich V.E., Mikanovich D.S., Vrublevskiy A.V. *Stsenarii vozniknoveniya avariynykh situatsiy na shlamokhranilishchakh i ochistnykh sooruzheniyakh Respubliki Belarus'* [Scenarios of emergency situations at sludge storage facilities and sewage treatment plants of the Republic of Belarus]. *Vestnik Komandno-inzhenernogo instituta MChS Respubliki Belarus*, 2013. No. 1 (17). Pp. 24–31. (rus). EDN: SNEIQZ.
6. Mikanovich D.S., Levkevich V.E. *Rezultaty laboratornykh issledovaniy po opredeleniyu koeffitsienta fil'tratsii peschanykh gruntov s tsel'yu otsenki bezopasnoy ekspluatatsii gidrotekhnicheskikh sooruzheniy shlamokhranilishch* [Results of laboratory studies to determine the filtration coefficient of sandy soils in order to assess the safe operation of hydraulic structures of sludge storage facilities]. *Proc. of Intern. scientific-practical conf. «Fire and emergency safety», Ivanovo, November 26–27, 2015*. Ivanovo Fire Rescue Academy of the State Fire Service of EMERCOM of Russia, 2015. Pp. 377–379. (rus)
7. Murav'eva E.V., Aref'eva E.V., Kopytov D.O., Shakirova A.I. *Prognozirovaniye chrezvychaynoy situatsii na gidrotekhnicheskikh sooruzheniyakh* [Forecasting emergencies at hydraulic structures]. *Izvestia of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*, 2021. Vol. 23, No. 5(103). Pp. 82–89. (rus). DOI: 10.37313/1990-5378-2021-23-5-82-89. EDN: LQTLWQ.
8. *Metodicheskie rekomendatsii po otsenke riska avariyy gidrotekhnicheskikh sooruzheniy vodokhranilishch i nakopiteley promyshlennykh otkhodov* [Methodological recommendations for assessing the risk of accidents at hydraulic structures of reservoirs and industrial waste storage facilities]: approved by the EMERCOM of Russia on August 14, 2001 No. 9-4/02-644. Konsul'tantPlyus: legal reference system. URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_256358/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_256358/) (accessed: March 20, 2025). (rus)

Copyright © 2025 Mikanovich D.S., Kurskiy I.A., Kazutin E.G.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.