



Основан в 2016 году

Выходит 4 раза в год

Научный журнал  
**Вестник**  
**Университета гражданской защиты**  
**МЧС Беларуси**  
**(Journal of Civil Protection)**  
**Том 8, № 1, 2024**

**Редакционная коллегия:**

*главный редактор:*

**Полевода**  
**Иван Иванович**

кандидат технических наук,  
доцент

*зам. главного редактора:*

**Гончаренко**  
**Игорь Андреевич**

доктор физико-математических наук,  
профессор

**Платонов**  
**Александр Сергеевич**

кандидат физико-математических  
наук, доцент

**Редакционный совет:**

Ковтун Вадим Анатольевич, доктор технических наук, профессор – председатель; Богданова Валентина Владимировна, доктор химических наук, профессор – зам. председателя; Акулов Артем Юрьевич, кандидат технических наук (Россия); Байков Валентин Иванович, доктор технических наук, старший научный сотрудник; Барановский Николай Викторович, кандидат физико-математических наук (Россия); Бирюк Виктор Алексеевич, кандидат технических наук, доцент; Бордак Сергей Сергеевич, кандидат военных наук; Волочко Александр Тихонович, доктор технических наук, профессор; Волянин Ежи, доктор технических наук, профессор (Польша); Иваницкий Александр Григорьевич, кандидат технических наук, доцент; Иванов Юрий Сергеевич, кандидат технических наук; Ильюшонок Александр Васильевич, кандидат физико-математических наук, доцент; Каван Степан, доктор технических наук (Чехия); Калач Андрей Владимирович, доктор химических наук, доцент (Россия); Камлюк Андрей Николаевич, кандидат физико-математических наук, доцент; Карпиленья Николай Васильевич, доктор военных наук, профессор; Кремень Маркс Аронович, доктор психологических наук, профессор; Кудряшов Вадим Александрович, кандидат технических наук, доцент; Кузьмицкий Валерий Александрович, доктор физико-математических наук, доцент; Лебедева Наталья Шамильевна, доктор химических наук, доцент (Россия); Лешенюк Николай Степанович, доктор физико-математических наук, профессор; Мурзич Игорь Константинович, доктор военных наук, профессор; Пасовец Владимир Николаевич, кандидат технических наук, доцент; Поздеев Сергей Валерьевич, доктор технических наук, профессор (Украина); Соколов Сергей Викторович, доктор технических наук, профессор (Россия); Тихонов Максим Михайлович, кандидат технических наук, доцент; Тур Виктор Владимирович, доктор технических наук, профессор; Фурманов Игорь Александрович, доктор психологических наук, профессор; Чень Цзяньго, доктор технических наук, профессор (Китай); Шарипханов Сырым Дюсенгазиевич, доктор технических наук (Казахстан).

Учредитель – Государственное учреждение образования  
«Университет гражданской защиты  
Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь»

Решением коллегии Высшей аттестационной комиссии № 18/8 от 9 декабря 2016 г.  
журнал включен в перечень научных изданий Республики Беларусь  
для опубликования результатов диссертационных исследований

Журнал зарегистрирован в Министерстве информации Республики Беларусь,  
свидетельство о регистрации № 1835 от 19 сентября 2016 г.

Журнал включен в перечень научных изданий Республики Беларусь для опубликования результатов диссертационных исследований по психологическим, техническим (по научным направлениям – безопасность в чрезвычайных ситуациях; пожарная и промышленная безопасность; гражданская оборона) и военным (по научному направлению – гражданская оборона) наукам.

С декабря 2023 г. журнал включен в российский перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук, по 5 научным специальностям отрасли технических наук: 1.3.17. Химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества, 2.10.1. Пожарная безопасность, 2.10.2. Экологическая безопасность, 2.10.3. Безопасность труда, 3.2.6. Безопасность в чрезвычайных ситуациях.

Ответственность за подбор и точность приведенных данных, а также за использование сведений, не подлежащих открытой публикации, несут авторы опубликованных материалов.

Статьи, поступающие для публикации в журнале, рецензируются.

Полная или частичная перепечатка, размножение, воспроизведение или иное использование опубликованных материалов допускаются с обязательной ссылкой на журнал «Вестник Университета гражданской защиты МЧС Беларуси».

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

Контактные телефоны: +37517 340-53-93 (главный редактор)

+37517 341-32-99

Сайт Университета гражданской защиты: [www.ucsp.by](http://www.ucsp.by)

Email редакции: [vestnik@ucsp.by](mailto:vestnik@ucsp.by)

**ISSN 2519-237X (print)**

**ISSN 2708-017X (online)**

© Государственное учреждение образования  
«Университет гражданской защиты  
Министерства по чрезвычайным ситуациям  
Республики Беларусь», 2024

## СОДЕРЖАНИЕ

### **Материалы, применяемые в сфере предупреждения и ликвидации ЧС, производстве техники. Технологии их применения**

**Рева О.В., Врублевский А.В.** Гидрометаллургический синтез медных композитов в присутствии оксидов церия и ниобия для защиты аварийно-спасательного оборудования ..... 5

**Иванов И.Ю., Навроцкий О.Д., Доукешева Е.А.** Огнетушащая и пленкообразующая способность огнетушащих составов на основе фторированных поверхностно-активных веществ ..... 21

### **Технологии и программное обеспечение в сфере предупреждения и ликвидации ЧС, промышленной и пожарной безопасности**

**Штепа В.Н., Покорный С.Г., Муслимов Э.Н.** Подходы к созданию и использованию компьютерно-интегрированного комплекса мониторинга и прогнозирования рисков чрезвычайных ситуаций на объектах коммунально-промышленного водоотведения ..... 32

### **Промышленная безопасность. Повышение надежности технических объектов и оборудования. Охрана труда**

**Ковтун В.А., Короткевич С.Г.** Исследование ускорений, возникающих под действием инерционных нагрузок в конструкциях цистерн пожарных автомобилей при движении к месту ликвидации чрезвычайных ситуаций ..... 43

**Брайкова А.М., Саевич К.Ф., Базыльчук Т.А., Якубович М.Ю., Бондарев Д.В., Козорез А.С.** Анализ химического состава осадка корпуса скважинного электронасосного агрегата ..... 57

**Отока А.Г., Холодилов О.В.** Повышение безопасности железнодорожного крана ЕДК-2000 аварийно-восстановительного поезда путем своевременного выявления дефектов в пирамидальных опорных подставках ..... 70

### **Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Экологическая безопасность**

**Целых Е.Д., Скворцов Д.А., Ахтямов М.Х., Кузьмичев Е.Н.** Изменения оперативных индикаторных характеристик сердечно-сосудистой системы пожарных-спасателей, определяющих группу риска ..... 81

**Нахай Д.М., Байков В.И., Миканович Д.С.** Особенности подъема неньютоновских жидкостей в пористом материале ..... 98

### **Научное обеспечение гражданской защиты**

**Абдуллаев А.А., Колеснева И.П., Тихонов М.М.** Совершенствование методики оценки эффективности действий должностных лиц временного штаба управления ликвидацией аварийного разлива нефти в акватории Каспийского моря ..... 106

Правила предоставления статей ..... 116

## CONTENTS

### **Materials used for emergency prevention and elimination, as well as equipment production. Application technologies of these materials**

**Reva O.V., Vrublevskiy A.V.** Hydrometallurgical synthesis of copper composites in the presence of cerium and niobium oxides for protection of rescue equipment ..... 5

**Ivanov I.U., Navrotsky O.D., Doukesheva E.A.** Fire extinguishing and film-forming ability of fire extinguishing compositions based on fluorinated surfactants ..... 21

### **Technologies and software in the sphere of emergency prevention and elimination, industrial and fire safety**

**Shtepa V.N., Pokornyy S.G., Muslimov E.N.** Approaches to the creation and use of computer-integrated complex for monitoring and forecasting of emergency risks at municipal and industrial wastewater disposal facilities ..... 32

### **Industrial safety. Improving the reliability of technical facilities and equipment. Labor protection**

**Kovtun V.A., Korotkevich S.G.** Research of accelerations arising under the action of inertial loads in the structures of fire truck tanks when moving to the place of emergency liquidation ..... 43

**Braikova A.M., Saevich K.F., Bazylchuk T.A., Yakubovich M.Yu., Bondarev D.V., Kozorez A.S.** Chemical composition analysis of sediment on the casing of well-bore electric pump unit ..... 57

**Otoka A.G., Kholodilov O.V.** Improving the safety of the EDK-2000 emergency recovery train railway crane by timely detecting defects in the pyramidal support stands ..... 70

### **Safety in emergencies. Ecological safety**

**Tselykh E.D., Skvortsov D.A., Akhtyamov M.H., Kuzmichev E.N.** Changes in operational indicator characteristics of the cardiovascular system of firefighter-rescuers defining the risk group ..... 81

**Nakhay D.M., Baykov V.I., Mikanovich D.S.** Peculiarities of lifting of non-Newtonian fluids in porous material ..... 98

### **Scientific support of civil defense**

**Abdullaev A.A., Kolesneva I.P., Tikhonov M.M.** Improving the methodology of evaluating the effectiveness of the actions of officials of temporary control headquarters for emergency oil spill elimination in the Caspian water area ..... 106

Rules of submitting articles for publication ..... 116

## ПОДХОДЫ К СОЗДАНИЮ И ИСПОЛЬЗОВАНИЮ КОМПЬЮТЕРНО-ИНТЕГРИРОВАННОГО КОМПЛЕКСА МОНИТОРИНГА И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ РИСКОВ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ НА ОБЪЕКТАХ КОММУНАЛЬНО-ПРОМЫШЛЕННОГО ВОДООТВЕДЕНИЯ

Штепа В.Н., Покорный С.Г., Муслимов Э.Н.

*Цель.* Проанализировать и обосновать функциональные задачи практического использования компьютерно-интегрированного комплекса мониторинга и прогнозирования рисков чрезвычайных ситуаций на объектах коммунально-промышленного водоотведения.

*Методы.* Системный анализ и функциональное моделирование информационных систем.

*Результаты.* Подтверждена актуальность и перспективность внедрения информационных систем оценки состояния водоотведения с задачей прогнозирования рисков чрезвычайных ситуаций. Построен полный поточный граф компьютерно-интегрированного комплекса, проанализированы матрицы путей и вспомогательная матрица, что позволило выделить его подсистемы. Обоснованы функциональные задачи компьютерно-интегрированного комплекса мониторинга и прогнозирования рисков чрезвычайных ситуаций на объектах коммунально-промышленного водоотведения в рамках концепта «Цифровой водоканал». Разработаны подходы по включению комплекса в единую государственную систему контроля водных объектов с предотвращением (недопущением) негативных последствий действия чрезвычайных ситуаций.

*Область применения исследований.* Цифровизация водопроводно-канализационных хозяйств. Инновационные решения противодействия чрезвычайным ситуациям.

*Ключевые слова:* противодействие чрезвычайным ситуациям, водоотведение, информационные системы, цифровизация, водные объекты, экологическая безопасность.

(Поступила в редакцию 13 ноября 2023 г.)

### Введение

В соответствии с резолюцией Генеральной Ассамблеи Организации Объединенных Наций от 25 сентября 2015 г. № 70/1 «Преобразование нашего мира: повестка дня в области устойчивого развития на период до 2030 года» одной из целей устойчивого развития является обеспечение наличия и рационального использования водных ресурсов и санитарии для всех. По данным государственного водного кадастра, в 2020 г. изъятие поверхностных вод и добыча подземных вод в Республике Беларусь составили 1326 млн м<sup>3</sup>, в том числе из поверхностных водных объектов – 529 млн м<sup>3</sup>, из подземных вод – 797 млн м<sup>3</sup>. Анализ водопользования за последние пять лет показал, что в целом есть тенденция к его снижению: объем добычи (изъятия) вод сократился на 8,6 %, в том числе подземных вод – на 2,6 %.

В то же время в Республике Беларусь сброс сточных вод (СВ) осуществляется преимущественно в поверхностные водные объекты<sup>1</sup>. Его доля составляет 89,8 % от общего объема сброса сточных вод в окружающую среду. При этом за последние пять лет данный показатель снизился на 1,3 % и составляет 1034,5 млн м<sup>3</sup>, из них 1018,2 млн м<sup>3</sup> – в водотоки. В структуре сточных вод наибольший объем занимают нормативно очищенные сточные воды – 692,5 млн м<sup>3</sup>, или 66,9 % от объема сброса сточных вод в поверхностные водные объекты. Сброс недостаточно очищенных сточных вод в поверхностные водные объекты в 2020 г. составил 2,7 млн м<sup>3</sup>, или 0,3 % от общего объема сброса сточных вод в поверхностные

<sup>1</sup> Водный кодекс Республики Беларусь от 30 апреля 2014 г. № 149-3 [Электронный ресурс] // Информационно-правовая система ЭТАЛОН-ONLINE: etalonline.by. – Режим доступа: <https://etalonline.by/document/?regnum=Hk1400149>. – Дата доступа: 12.11.2023.

водные объекты. Для организации сброса сточных вод в окружающую среду применяется 2741 очистное сооружение (ОС), из них на 319 проводится искусственная биологическая очистка с выпуском в поверхностные водные объекты. К 2025 г. планируется обеспечить 79,3 % населения централизованными системами водоотведения (канализации).

При этом системы водоотведения коммунально-промышленных объектов относятся к критической инфраструктуре, поскольку в результате возможных чрезвычайных ситуаций (ЧС) создаются условия для техногенных загрязнений территорий, развития болезней и эпидемий с потенциальным катастрофическим воздействием на людей и окружающую среду. В соответствии с внутренними нормативными документами предприятий водопроводно-канализационных хозяйств допускаются следующие жесткие временные интервалы в нарушении их работы: не более 8 ч (суммарно) в течение одного месяца, 4 ч одновременно (в том числе при аварии) [1].

Поэтому обоснованно и крайне актуально создать компьютерно-интегрированный комплекс мониторинга и прогнозирования рисков чрезвычайных ситуаций на объектах коммунально-промышленного водоотведения (КИК МиПРЧСВ) с задачей превентивного выявления первой стадии ЧС (начального накопления отклонений от нормального состояния или процесса) и интегрировать его в систему общегосударственного экологического мониторинга водных ресурсов.

### Основная часть

**Анализ современных научно-практических разработок.** Международная стратегия уменьшения опасности бедствий ООН (UNISDR) определяет управление рисками стихийных бедствий как систематический процесс использования управленческих решений, организационных ресурсов, операционных умений и навыков внедрения, стратегий, политик и совершенствования способности к реакции, направленный на уменьшение негативного воздействия опасности и возможности стихийных бедствий [1; 2].

При этом в современных условиях развития промышленной инфраструктуры городов более высокая степень очистки может потребоваться при сбросе больших расходов сточных вод в маломощные или уже сильно загрязненные водоемы, для которых нельзя рассчитывать на их самоочищающуюся способность и которые нередко являются источниками централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения. В мире, по сути, достигнут технический и практический предел классической очистки, основанной на традиционных технологических решениях для очистных станций. Таким образом, системы биологической очистки сточных вод должны обеспечивать более глубокое удаление биогенных элементов, поэтому остро стоит вопрос о внедрении современных технологий и методов интенсификации работы ОС с целью более глубокой редукации загрязнителей СВ (особенно по соединениям азота и фосфора).

Вопросам разработки систем информационного обеспечения управления в различных отраслях, в том числе для управления водными ресурсами, посвящен ряд работ отечественных и зарубежных авторов: Р.З. Хамитова, М.А. Шахраманьяна, В.В. Кульбы, В.И. Данилова-Данильяна, В.Г. Пряжинской, М.В. Болгова, Б.Г. Ильасова, В.И. Васильева, Н.И. Юсуповой, Р. Аблера, Э. Кодда, Р. Томлинсона, Д. Мэйдмента, Ш. Шекхара, М. Эгенхофера.

Среди причин аварий на очистных сооружениях исследователями [2; 3] выделяются: – некорректное проектирование: девиация общей нагрузки (колебания качественного и количественного состава) поступающих сточных вод относительно среднесуточной и среднечасовой нагрузки (например, отсутствие подготовки СВ на локальных ОС у потребителей водных ресурсов); неправильно рассчитанная мощность и характеристики оборудования, очистные сооружения не справляются с нагрузкой и выходят из строя; отсутствие учета особых климатических условий района, в котором находится объект;

– некачественное отношение к планированию, обслуживанию и ремонту ОС: для продолжительной и эффективной работы очистных сооружений требуется должное обслуживание всех узлов систем очистки;

– нештатные ситуации природного и техногенного характера: сюда относятся залповые поступления загрязнителей, наводнения, землетрясения и прочие катаклизмы.

В то же время на интенсивность возникновения аварийных ситуаций сетей водоотведения оказывают влияние многие причины и факторы, тесно связанные между собой [4; 5]: качественные показатели сточной жидкости, попадающей в сети; материал трубопроводов; диаметр и толщина стенки труб; негерметичность трубопроводов; нарушение стыковых соединений труб, деформация тела труб; геология; наличие и агрессивность грунтовых вод; срок эксплуатации; глубина заложения; динамические нагрузки на трубопровод; гидравлический режим работы сети водоотведения; образование осадка на внутренней поверхности трубопроводов; засорение сетей водоотведения.

Среди созданных информационных решений можно выделить городскую систему поддержки принятия решений (UDSS) [6] – управление водными ресурсами, где используются датчики, подключенные к инструментальным средствам для сбора данных о параметрах использовании воды. Информация о приборах и средствах записывается по беспроводной сети и отправляется в приложение UDSS на мобильном устройстве пользователя.

В Российской Федерации функционирует автоматизированная информационная система государственного мониторинга водных объектов (АИС ГМВО) – программный продукт, использование которого осуществляется с целью обеспечения процедуры управления водными ресурсами, а также государственного контроля и надзора за их использованием и охраной [7]. В своем роде АИС ГМВО – это интеграция информационных ресурсов в области мониторинга водных объектов.

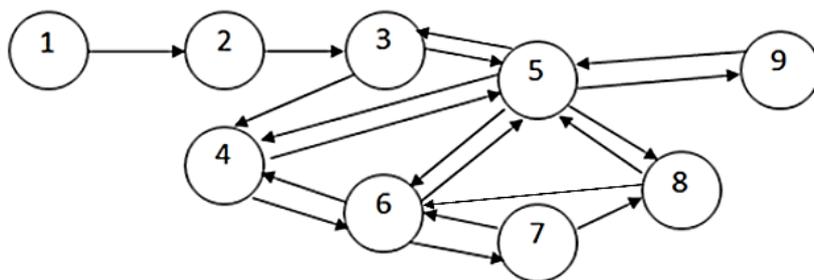
Автоматизированная информационная система «Государственный водный реестр» (АИС ГВР) [7] представляет собой единое информационное пространство, содержащее сведения об имеющихся водных объектах, водопользователях и инфраструктуре. АИС ГВР позволяет автоматически формировать выписки из ГВР, выборки и отчеты. Автоматизированная система «Водопользование» является модулем АИС ГВР. С ее помощью автоматизируются процессы деятельности Федерального агентства водных ресурсов в части предоставления права пользования водными объектами.

Международный программный продукт Aquastat [6] собирает, анализирует и распространяет данные по странам о водопользовании с акцентом на орошаемом земледелии в Африке, Азии, Латинской Америке и странах Карибского бассейна. Цель такой системы – поддерживать развитие сельского хозяйства и сельских районов через рациональное использование водных и земельных ресурсов путем предоставления наиболее точной информации в последовательной и стандартизированной форме.

Вместе с тем существующие научно-прикладные разработки не рассматривают системы водоотведения и водные объекты как единый информационный комплекс, что не позволяет реализовывать прогнозирование рисков ЧС; существующие решения функционируют по принципу постдействия: реагируют на уже сложившуюся негативную ситуацию, что крайне опасно для окружающей природной среды и людей.

**Системный анализ компьютерно-интегрированного комплекса мониторинга и прогнозирования рисков чрезвычайных ситуаций на объектах коммунально-промышленного водоотведения.** На основе технологического анализа [8–10] составлен полный поточный граф информационно-аналитического продукта, который бы позволил превентивно противодействовать ЧС в геоэкосистемах, где вершинами являются его функциональные элементы, а дугами – связи между ними.

На основе полного поточного графа (рис. 1) составляем матрицу путей (табл. 1). Если на графе есть путь любой длины из вершины  $i$  в вершину  $j$ , то на пересечении  $i$ -й строки и  $j$ -го столбца ставится 1, в противном случае – 0.



1 – абоненты системы водоотведения; 2 – модуль импактного мониторинга, промежуточного хранения и передачи данных; 3 – информационно-аналитический модуль обработки результатов импактного мониторинга; 4 – интеллектуальный модуль прогнозирования параметров сети водоотведения, 5 – защищенная база данных (знаний) процессов водоотведения; 6 – программно-аппаратный комплекс автоматизированной системы управления технологическими процессами очистных сооружений; 7 – очистные сооружения; 8 – аккредитованная лаборатория; 9 – внешние системы (например: ГИС, оповещения о ЧС, облачные сервисы)

Рисунок 1. – Полный поточный граф КИК МиПРЧСВ

На основе матрицы путей  $P$  строится вспомогательная матрица  $S$  (табл. 2), элементы которой вычисляются по формуле  $s_{ij} = p_{ij}p_{ji}$ .

Таблица 1. – Матрица путей  $P$

|                          |   | Номер вершины графа, $j$ |   |   |   |   |   |   |   |   |
|--------------------------|---|--------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|
|                          |   | 1                        | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| Номер вершины графа, $i$ | 1 | 1                        | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
|                          | 2 | 0                        | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
|                          | 3 | 0                        | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
|                          | 4 | 0                        | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
|                          | 5 | 0                        | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |
|                          | 6 | 0                        | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
|                          | 7 | 0                        | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 |
|                          | 8 | 0                        | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 |
|                          | 9 | 0                        | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |

Таблица 2. – Вспомогательная матрица  $S$

|                          |   | Номер вершины графа, $j$ |   |   |   |   |   |   |   |   |
|--------------------------|---|--------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|
|                          |   | 1                        | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| Номер вершины графа, $i$ | 1 | 1                        | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
|                          | 2 | 0                        | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
|                          | 3 | 0                        | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
|                          | 4 | 0                        | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
|                          | 5 | 0                        | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |
|                          | 6 | 0                        | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
|                          | 7 | 0                        | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 |
|                          | 8 | 0                        | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 |
|                          | 9 | 0                        | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |

Анализ матрицы  $S$  позволяет определить элементы, входящие в состав системы. Если в  $i$ -й строке имеется только один ненулевой элемент  $s_{ii}$  (на главной диагонали), то такой элемент обоснованно считать отдельной подсистемой. На основе анализа матрицы путей  $P$  и полного поточного графа  $S$  КИК МиПРЧСВ можно сделать вывод, что все выделенные подсистемы, входящие в такой комплекс, обладают признаками сложной структуры с возможностью очерчения отдельных подкомплексов.

На более детальном проектировании последних необходимо акцентировать внимание при дальнейших исследованиях повышения экологической устойчивости и управляемости водоотведения коммунально-промышленных объектов.

**Функциональные задачи компьютерно-интегрированного комплекса мониторинга и прогнозирования рисков чрезвычайных ситуаций на объектах коммунально-промышленного водоотведения.** При создании КИК МиПРЧСВ необходимо акцентировать внимание на процессы (рис. 2): получения данных о параметрах водоотведения, в том числе от экспертов предметной области; преобразования данных в информацию; формирования моделей, например, имитационного и продукционного типа; создания прогнозов с дальнейшей передачей их лицам, принимающим решения; итерационности (цикличности) и адаптивности работы КИК МиПРЧСВ.

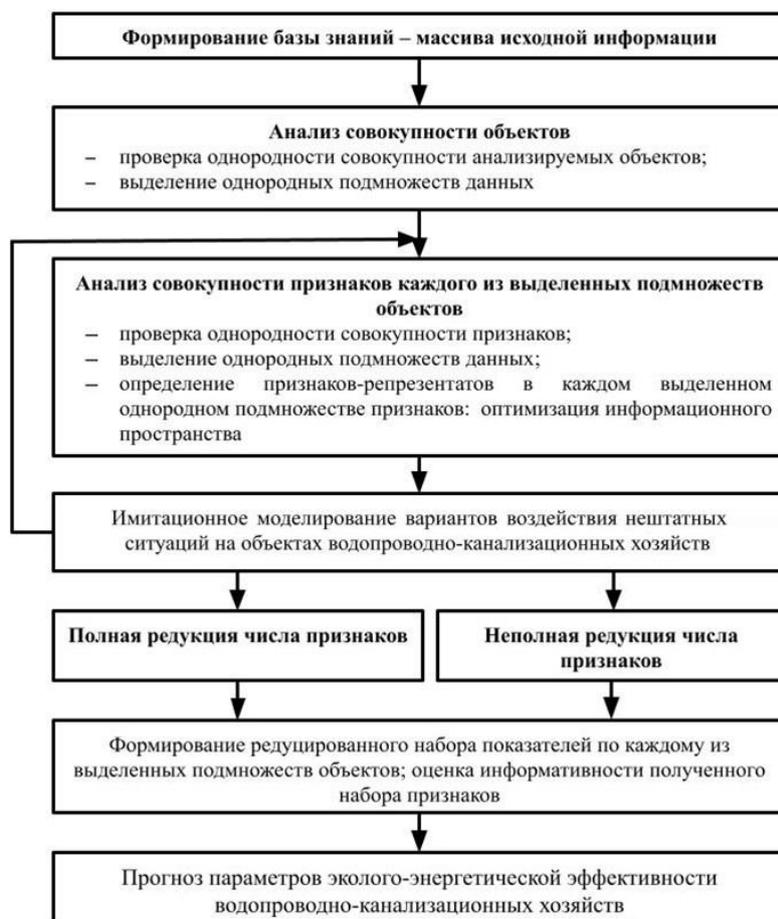


Рисунок 2. – Последовательность создания и использования компьютерно-интегрированного комплекса мониторинга и прогнозирования рисков чрезвычайных ситуаций на объектах коммунально-промышленного водоотведения

Тогда функции, помимо аналитических и прогностических, которые должен выполнять КИК МиПРЧСВ:

- дистанционное автоматическое считывание информации с приборов учета (ПУ) с заданной периодичностью;
- архивирование данных текущих значений, а также данных часовых и суточных архивов, формируемых ПУ;
- предоставление текущей информации о параметрах по запросу диспетчера;
- формирование отчетных форм о потреблении ресурсов за заданный период (на основании текущих данных и архивов энергонезависимой памяти ПУ);
- контроль состояния объектов системы водоотведения;
- графическое сообщение о заданных нештатных ситуациях;
- разделение объема предоставления информации и сведений о нештатных ситуациях, выявленных ПУ по группам пользователей;
- закрытый доступ к данным на автоматизированных рабочих местах;
- визуальное представление схемы потребления и производства ресурсов для каждого источника (например, канализационная насосная станция, контрольный колодец) и суммарно по выбранной группе источников.

Таким образом, комплекс можно будет интегрировать в концепт «Цифровой водоканал», с дополнительным охватом задач водоснабжения [11] (рис. 3).

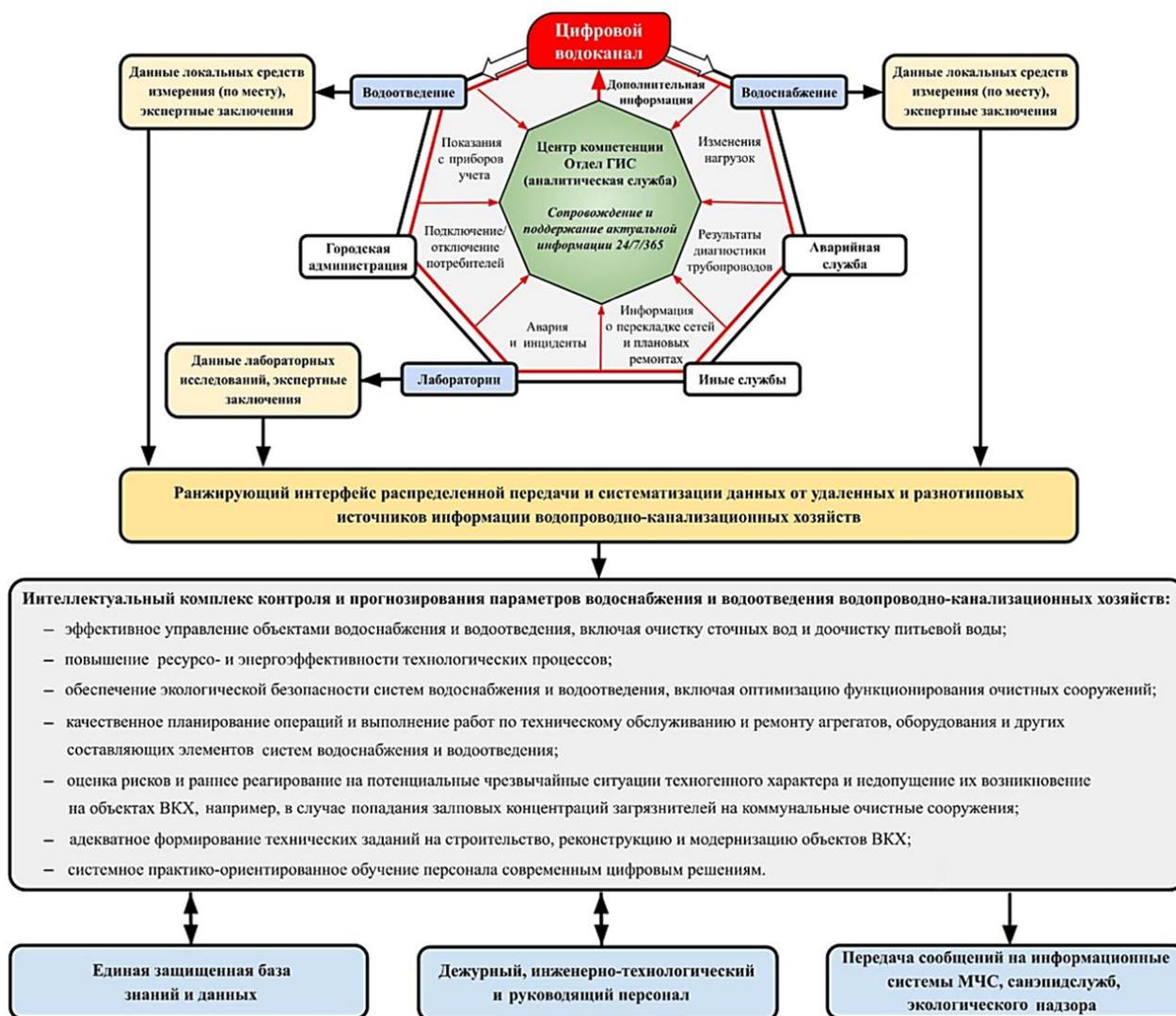


Рисунок 3. – Схема использования компьютерно-интегрированного комплекса мониторинга и прогнозирования возникновения чрезвычайных ситуаций на объектах коммунально-промышленного водоотведения в рамках концепта «Цифровой водоканал» (разработчик концепта – ООО «ПроГИС»)

**Включение компьютерно-интегрированного комплекса мониторинга и прогнозирования рисков чрезвычайных ситуаций на объектах коммунально-промышленного водоотведения в распределенную систему мониторинга водных объектов.** Цифровые модели КИК МиПРЧСВ и аппаратные решения, при включении их в информационное поле общегосударственных систем контроля состояния водных объектов, обеспечат инструментальный и аналитический контроль и реализуют единые задачи:

- учет в открытых водоемах и каналах, сбор, контроль, прогноз, хранение и визуализация показаний расхода;
- гидрологический и гидрологический мониторинг как контроль водохозяйственной деятельности, непрерывный мониторинг и сигнализация водоносных горизонтов, контроль запасов подземных вод;
- аналитический прогноз состояния водных ресурсов;
- анализ и предупреждение о возникновении аварийных ситуаций и угрозы ЧС;
- интерактивные диспетчерские ГИС-системы оперативного и достоверного состояния сетей и объектов для работы ситуационных центров, аварийных служб и диспетчерских;
- расчет и прогнозирование истощений, потенциального объема, построение 3D-модели ГИС зон ЧС;

– анализ и прогнозирование с использованием искусственного интеллекта экологической ситуации, включая имитационное моделирование рисков ЧС;

– превентивное планирование средств и действий по недопущению наступления ЧС на водных объектах с использованием биотехнологических и электротехнологических разработок [12].

Компьютерно-интегрированный комплекс должен обеспечить защищенную интерактивную модель безопасного доступа к информации систем водного хозяйства, содержащей государственную тайну, не используя операционную систему Windows.

Научно-обоснованное объединение интеллектуальных информационных продуктовых и технологических разработок VI-технологического уклада позволит создать единый информационно-технологический комплекс (ЕИТК) прогнозирования и превентивного противодействия (недопущения) ЧС на водных объектах.

Тогда целесообразно реализовать следующий укрупненный алгоритм осуществления мер по превентивному противодействию (недопущению) ЧС на водных объектах с использованием КИК МиПРЧСВ:

1. Системный анализ и математическое моделирование водохозяйственного комплекса региона, имитационное моделирование ситуаций возникновения ЧС – для разработки технического задания по созданию ЕИТК.

2. Проектирование и создание ЕИТК: синтез распределенной интеллектуальной информационной системы мониторинга и прогнозирования рисков ЧС, куда КИК МиПРЧСВ войдет отдельной подсистемой, с параллельной установкой на наиболее экологически опасных объектах (например, полигоны хранения промышленно-коммунальных отходов, иловые поля очистных сооружений, специфические производства) технологических агрегатов очистки водных растворов, нацеленных на противодействие возникновению ЧС;

3. Адаптивное штатное функционирование ЕИТК, формирование базы данных и знаний водохозяйственного комплекса региона с оперативным контролем и прогнозом рисков ЧС; дополнение (корректировка) рабочих аспектов использования технологических комплексов очистки водных растворов (например, расчет запасов реагентов, локализацию места (объекта) расположения оборудования, уточнение перечня и (или) значений загрязнителей воды).

### **Заключение**

Ключевыми задачами при создании компьютерно-интегрированного комплекса мониторинга и прогнозирования рисков чрезвычайных ситуаций на объектах коммунально-промышленного водоотведения являются: получение данных о процессах водоотведения, в том числе от экспертов предметной области; преобразование данных в информацию; формирование моделей, например, имитационного и производственного типа; создание прогнозов с дальнейшей передачей их лицам, принимающим решения; итерационность (цикличность) и адаптивность работы.

В рамках концепта «Цифровой водоканал» КИК МиПРЧСВ целесообразно использовать для выполнения задач технологического анализа и прогнозирования, в том числе рисков ЧС.

Интеграция КИК МиПРЧСВ в информационное поле общегосударственных систем контроля состояния водных объектов обеспечит научно-обоснованное объединение интеллектуально-аналитических и технологических продуктов VI технологического уклада, что позволит создать единый информационно-технологический комплекс прогнозирования и превентивного противодействия (недопущения) ЧС на водных объектах.

Дальнейшие исследования перспективно нацелить на разработку концепции построения математических моделей отдельных подсистем компьютерно-интегрированного комплекса мониторинга и прогнозирования рисков чрезвычайных ситуаций на объектах коммунально-промышленного водоотведения.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Барашкова, П.С. Информационные системы в области управления водными ресурсами [Электронный ресурс] / П.С. Барашкова, М.Д. Коровина, А.А. Шавва // ИТпортал. – 2018. – № 1 (17). – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/informatsionnye-sistemy-v-oblasti-upravleniya-vodnymi-resursami>. – Дата доступа: 12.11.2023. – EDN: RUFOJA.
2. Chen, Y. GIS and Remote Sensing in Hydrology, Water Resources and Environment / Y. Chen. [et al.]. – UK, Wallingford: IAHS Press, 2004. – 422 p. – ISBN 1-901502-72-4.
3. Орлов, Н.В. Геоинформационные системы в управлении водными ресурсами / Н.В. Орлов // Современные технологии: актуальные вопросы, достижения и инновации: сб. ст. XXXII Междунар. науч.-практ. конф., Пенза, 25 ноября 2019 г. – Пенза: МЦНС «Наука и Просвещение», 2019. – С. 58–60. – EDN: QCBKGJ.
4. Crosier, S. ArcGIS 9: Getting started with ArcGIS / S. Crosier. – ESRI, 2004. – 265 p. – ISBN 1589480910.
5. Date, C.J. Moving forward with relational [interview by David Kalman] / C.J. Date // DBMS. – 1994. – Vol. 7, No. 10. – Pp. 62–74.
6. Magiera, E. Integrated Support System for Efficient Water Usage and Resources Management (ISSEWATUS) / E. Magiera, W. Froelich // Procedia Engineering. – 2014. – Vol. 89. – P. 1066–1072. – DOI: 10.1016/j.proeng.2014.11.226.
7. Рожко, В.Н. Опыт внедрения и перспективные направления развития автоматизированной системы управления технологическим процессом водоснабжения и водоотведения / В.Н. Рожко // Наука и технологии – ЖКХ: научно-информационный бюллетень / Институт жилищно-коммунального хозяйства Национальной академии наук Беларуси. – 2019. – № 1. – С. 48–55.
8. Гончаров, Ф.І. Методологія підвищення екологічної безпеки об'єктів агропромислової та харчової індустрій / Ф.І. Гончаров, В.М. Штепа // Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України: зб. наук. пр. / Укр. наук.-досл. ін-т прогноз. та випробув. техн. і технол. для с.-г. вир-ва ім. Леоніда Погорілого. – Дослідницьке (Київ. обл.), 2012. – Вип. 16 (30), кн. 2. – С. 97–104.
9. Штепа, В.Н. Обоснование и схемы использования ранжирующих измерительных систем экологического мониторинга и интеллектуального анализа режимов водоотведения / В.Н. Штепа, Н.Ю. Золотых, С.Ю. Киреев // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия F. Строительство. Прикладные науки: научный журнал. – 2023. – № 1. – С. 94–103. – DOI: 10.52928/2070-1683-2023-33-1-94-103. – EDN: RXIJZE.
10. Штепа, В.Н. Управление эколого-энергетической эффективностью водопроводно-канализационных хозяйств / В.Н. Штепа, А.Б. Шикунец, Н.Ю. Золотых // Научно-технический прогресс в жилищно-коммунальном хозяйстве: сборник трудов / Институт жилищно-коммунального хозяйства Национальной академии наук Беларуси; под общ. ред. В.О. Китикова. – Минск: БГТУ, 2022. – С. 209–215.
11. Штепа, В.Н. Использование виртуальной меры энергоэффективности водоочистки при цифровизации водопроводно-канализационного хозяйства / В.Н. Штепа, А.Б. Шикунец, Я.Ю. Ёрш // Методы, средства и технологии получения и обработки измерительной информации (Шлядинские чтения – 2022): материалы XIV Междунар. науч.-техн. конф. с элементами науч. шк. и конкурсом науч.-исслед. работ для студентов, аспирантов и молодых ученых, Пенза, 24–26 окт. 2022 г. – Пенза: ПГУ, 2022. – С. 182–186. – EDN: BKQOTS.
12. Штепа, В.Н. Инновационные технологии очистки многокомпонентных водных растворов с противодействием чрезвычайным ситуациям техногенного происхождения / В.Н. Штепа, А.Б. Шикунец // Прыроднае асяроддзе Палесся і перспектывы развіцця: зборнік навуковых прац X міжнароднай навуковай канферэнцыі «Прыроднае асяроддзе Палесся і навукова-практычныя аспекты рацыянальнага рэсурсакарыстання», Брэст, 14–16 верасня 2022 г. / Палескі аграрна-экалагічны інстытут НАН Беларусі; рэдкал. М.В. Міхальчук (гал. рэд.) [і інш.]. – Брэст: Альтернатива, 2022. – Вып. 14. – С. 184–187.

**Подходы к созданию и использованию компьютерно-интегрированного комплекса мониторинга и прогнозирования рисков чрезвычайных ситуаций на объектах коммунально-промышленного водоотведения**

**Approaches to the creation and use of computer-integrated complex for monitoring and forecasting of emergency risks at municipal and industrial wastewater disposal facilities**

***Штепа Владимир Николаевич***

доктор технических наук, доцент

Учреждение образования «Полесский государственный университет»,  
проректор по научной работе

Адрес: ул. Пушкина, 4,  
225710, г. Пинск, Беларусь

Email: [tpoless@gmail.com](mailto:tpoless@gmail.com)

SPIN-код: 2834-2138

***Vladimir N. Shtepa***

Grand PhD in Technical Sciences,  
Associate Professor

Educational Institution  
«Polesky State University»,  
Vice Rector for Research

Address: Pushkina str., 4,  
225710, Pinsk, Belarus

Email: [tpoless@gmail.com](mailto:tpoless@gmail.com)

ORCID: 0000-0002-2796-3144

***Покорный Сергей Геннадьевич***

Общество с ограниченной  
ответственностью «АТМ»,  
директор

Адрес: ул. Балтийская, 14,  
125315, г. Москва, Россия

Email: [info@1sim.ru](mailto:info@1sim.ru)

***Sergey G. Pokornyy***

Limited Liability Company «АТМ»,  
Director

Address: Baltiyskaya str., 14,  
125315, Moscow, Russia

Email: [info@1sim.ru](mailto:info@1sim.ru)

***Муслимов Эдуард Ниязович***

Инженер-консультант по разработке  
экспертных систем

Адрес: г. Минск, Беларусь

Email: [muslimoven@mail.ru](mailto:muslimoven@mail.ru)

***Eduard N. Muslimov***

Consulting engineer  
for expert systems development

Address: Minsk, Belarus

Email: [muslimoven@mail.ru](mailto:muslimoven@mail.ru)

## APPROACHES TO THE CREATION AND USE OF COMPUTER-INTEGRATED COMPLEX FOR MONITORING AND FORECASTING EMERGENCY RISKS AT MUNICIPAL AND INDUSTRIAL WASTEWATER DISPOSAL FACILITIES

**Shtepa V.N., Pokornyy S.G., Muslimov E.N.**

*Purpose.* To analyze and justify the functional tasks of practical use of computer-integrated complex for monitoring and forecasting the emergency risks at municipal and industrial wastewater disposal facilities.

*Methods.* System analysis and functional modeling of information systems.

*Findings.* The relevance and prospects of the introducing information systems for assessing the state wastewater disposal with the task of predicting the emergency risks have been confirmed. The complete flow graph of computer-integrated complex was constructed, path matrices and an auxiliary matrix were analyzed, which made it possible to identify the subsystems of this complex. The functional tasks of the computer-integrated complex for monitoring and forecasting the emergency risks at municipal and industrial wastewater disposal facilities within the framework of the «Digital Water Utility» concept are substantiated. The approaches have been developed to include the complex in unified state system for monitoring water bodies with the prevention (avoidance) of negative consequences of emergency situations.

*Application field of research.* Digitalization of water supply and sewage facilities. Innovative solutions of counteraction to emergencies.

*Keywords:* counteraction to emergencies, waste water disposal, information systems, digitalization, water bodies, environmental safety.

(The date of submitting: November 13, 2023)

### REFERENCES

1. Barashkova, P.S., Korovina, M.D., Shavva, A.A. Informatsionnye sistemy v oblasti upravleniya vodnymi resursami [Information systems in the field of water resources management]. *ITportal*, 2018. No 1 (17). Url: <https://cyberleninka.ru/article/n/informatsionnye-sistemy-v-oblasti-upravleniya-vodnymi-resursami>. (rus). EDN: RUFOJA.
2. Chen Yangbo, Takara Kaoru, Cluckie Ian, Smedt F. *GIS and Remote Sensing in Hydrology, Water Resources and Environment*. IAHS Press, Wallingford, UK, 2004. 422 p. ISBN 1-901502-72-4.
3. Orlov N.V. Geoinformatsionnye sistemy v upravlenii vodnymi resursami [Geoinformation systems in water resources management]. *Proc. XXXII Intern. scientific-practical. conf. «Sovremennye tekhnologii: aktual'nye voprosy, dostizheniya i innovatsii»*, Penza, November 25, 2019. Penza: Nauka i Prosveshchenie, 2019. Pp. 58–60. (rus). EDN: QCBKGJ.
4. Crosier S. *ArcGIS 9: Getting started with ArcGIS*. ESRI, 2004. 265 p. ISBN 1589480910.
5. Date C.J. Moving forward with relational [interview by David Kalman]. *DBMS*, 1994. Vol. 7, No. 10. Pp. 62–74.
6. Magiera E., Froelich W. Integrated Support System for Efficient Water Usage and Resources Management (ISS-EWATUS). *Procedia Engineering*, 2014. Vol. 89. Pp. 1066–1072. DOI: 10.1016/j.proeng.2014.11.226.
7. Rozhko V.N. Opyt vnedreniya i perspektivnye napravleniya razvitiya avtomatizirovannoy sistemy upravleniya tekhnologicheskimi protsessom vodosnabzheniya i vodootvedeniya [Experience of implementation and promising directions of development of an automated process control system for water supply and water disposal]. *Science and Technology – Housing and Communal Services: scientific and information bulletin*. Institute of Housing and Communal Services of the National Academy of Sciences of Belarus, 2019. No. 1. Pp. 48–55. (rus)
8. Goncharov, F.I., Shtepa V.M. Metodolohiia pidvyshchennia ekolohichnoi bezpeky ob'ektiv ahropromyslovoi ta kharchovoi industrii [Methodology for improving the environmental safety of agro-industrial and food industry facilities]. *Tekhniko-tekhnolohichni aspekty rozvytku ta vyprobuvannia novoi tekhniki i tekhnolohii dlia silskoho hospodarstva Ukrainy: zbirnyk naukovykh prats* [Technical and technological aspects of development and testing of new equipment and technologies for Ukrainian agriculture: collection of scientific papers]. Doslidnytske: Ukrainian research institute of forecasting and testing the equipment and technologies for agricultural production named after Leonid Pogorelov, 2012. No. 16 (30), book 2. Pp. 97–104. Url: <https://rep.polessu.by/handle/123456789/18046>. (ukr)

9. Shtepa, V.N. Zolotyh, N.Yu., Kireev, S.Yu. Obosnovanie i skhemy ispol'zovaniya ranzhiruyushchikh izmeritel'nykh sistem ekologicheskogo monitoringa i intellektual'nogo analiza rezhimov vodootvedeniya [Rationale and schemes use ranking measuring systems of environmental monitoring and intelligent analysis water disposal modes]. *Herald of Polotsk State University. Series F. Civil engineering. Applied sciences*, 2023. No. 1. Pp. 94–103. (rus). DOI: 10.52928/2070-1683-2023-33-1-94-103. EDN: RXIJZE.
10. Shtepa V.N., Shikunets A.B., Zolotyh N.Yu. Upravlenie ekologo-energeticheskoy effektivnost'yu vodoprovodno-kanalizatsionnykh khozyaystv [Management of ecological and energy efficiency of water supply and sewerage farms]. *Nauchno-tekhnicheskiiy progress v zhilishchno-kommunal'nom khozyaystve* [Scientific and technical progress in housing and communal services]: collection of works. Institute of Housing and Communal Services of the National Academy of Sciences of Belarus. Minsk: BSTU, 2022. Pp. 209–215. Url: <https://rep.polessu.by/handle/123456789/27285>. (rus)
11. Shtepa, V.N. Shikunets, A.B., Ersh, Ya.Yu. Ispol'zovanie virtual'noy mery energoeffektivnosti vodoochistki pri tsifrovizatsii vodoprovodno-kanalizatsionnogo khozyaystva [The use of a virtual measure of water treatment energy efficiency while the digitalization of water supply and sewerage facilities]. *Proc. of XIV Intern. scientific-technical conf. with elements of scientific school and competition of research works for students and young scientists «Metody, sredstva i tekhnologii polucheniya i obrabotki izmeritel'noj informacii (Shlyandinskie chteniya – 2022)»*, Penza, Oktober 24–26, 2022. Penza State University, 2022. Pp. 182–186. (rus). EDN: BKQOTC.
12. Shtepa, V.N. Shikunets A.B. Innovatsionnye tekhnologii ochistki mnogokomponentnykh vodnykh rastvorov s protivodeystviem chrezvychaynym situatsiyam tekhnogennogo proiskhozhdeniya [Innovative technologies for purification of multicomponent aqueous solutions with counteraction to emergencies of anthropogenic origin]. In book: *Pryrodnaye asyaroddzye Palyessya i pyerspyektyvy razvitstsya* [Natural environment of Polesie and prospects of development]: *Proc. of X Intern. scientific conf. «Pryrodnaye asyaroddzye Palyessya i navukova-praktychnyya aspekty ratsyyanal'naha resursakarystannya»*, Brest, September 14–16, 2022. Polesie Agrarian-Ecological Institute of the National Academy of Sciences of Belarus. Brest: Al'ternativa, 2022. Pp. 184–187. Url: <https://rep.polessu.by/handle/123456789/26819>. (rus)