

УДК 504.064.36::627.8.059.22

К СОЗДАНИЮ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА РИСК-СИТУАЦИЙ НА ИСКУССТВЕННЫХ ВОДНЫХ ОБЪЕКТАХ

Левкевич В.Е., к.т.н., доцент, Малашевич В.А.
Командно-инженерный институт МЧС Республики Беларусь
e-mail: ecoserv@tut.by

На основании анализа состояния ряда гидротехнических сооружений, расположенных на водохранилищах Республики Беларусь, предложена структура системы мониторинга риск-ситуаций на искусственных водных объектах и их гидротехнических сооружениях, даны предложения по концепции ее построения.

On the base of the analysis of conditions of a number of hydro technical constructions situated on water reserves of the Republic of Belarus proposals are given concerning the structure of monitoring system of risk-situations on such objects. The proposals according to the conception of its building are given.

(Поступила в редакцию 8 февраля 2010 г.)

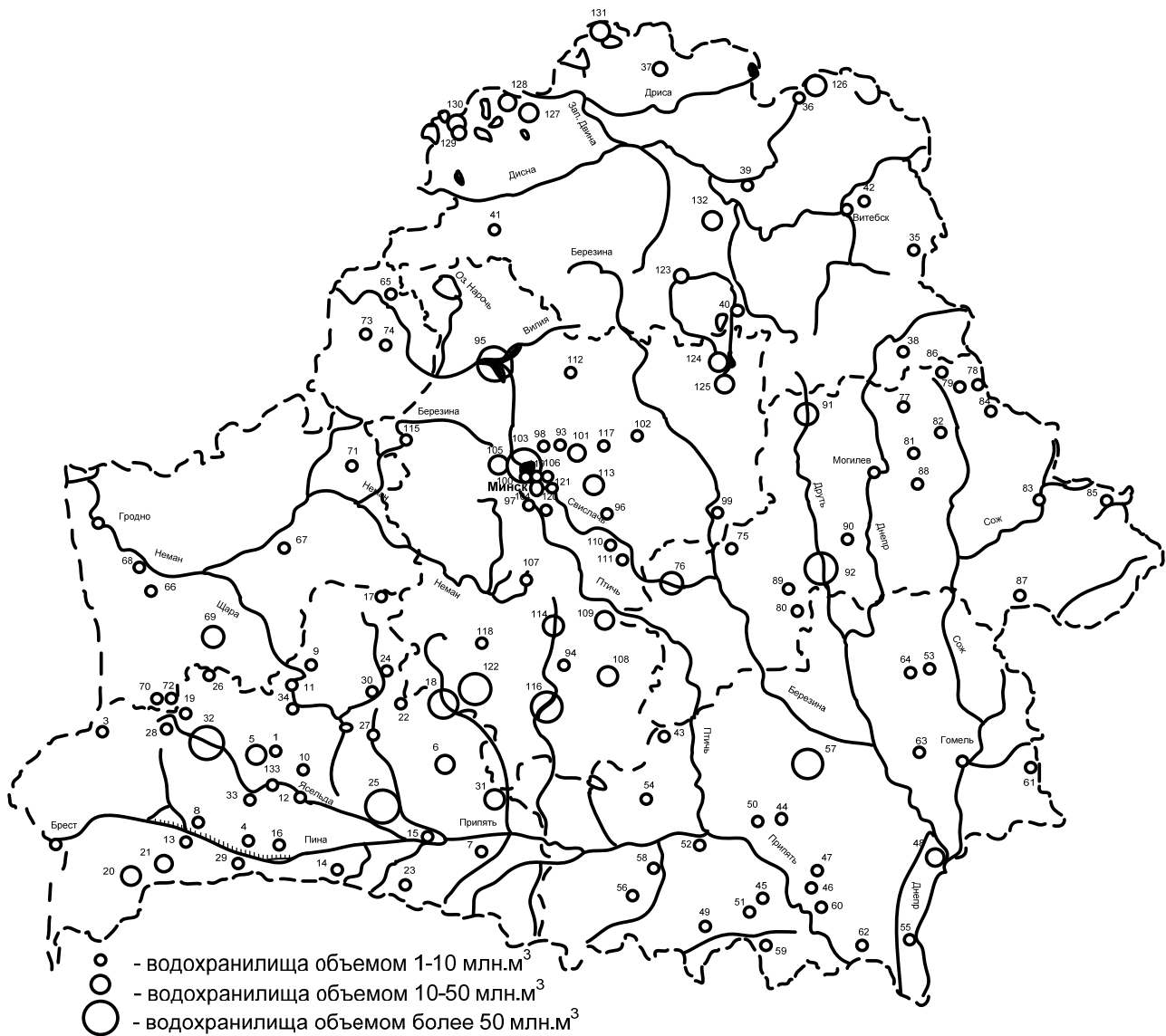
ВВЕДЕНИЕ

Сложившаяся в настоящее время сложная экологическая обстановка, обусловленная природными катаклизмами, вызвавшими ряд аварий на водных объектах в ряде европейских государств, стран ближнего и дальнего зарубежья заставляет задуматься об обеспечении безопасности населения и территорий, расположенных в прибрежной части водных объектов Беларуси. На сегодняшний день в республике эксплуатируется более 10 тыс. водных объектов – озер, прудов, водохранилищ. На долю малых водохранилищ (объемом более 1 млн м³, площадью зеркала до 40 км²) приходится более 150 водных объектов (рис. 1). Длина береговой линии малых водохранилищ достигает значительной величины – свыше 1200 км [1–2]. Основная их часть имеет в своем составе различного рода инженерные сооружения, включающие плотины, дамбы, водосбросы, водовыпуски, гидроэлектростанции, шлюзы, водозаборы, сооружения берегозащиты и т. д. Большинство указанных объектов эксплуатируется на протяжении весьма значительного отрезка времени, а с учетом того, что срок их эксплуатации в соответствии с классом капитальности сооружений не должен превышать пятидесятилетний рубеж, оценка состояния объектов потенциальной опасности требует наличия объективной информации о техническом состоянии упомянутых сооружений и инженерных систем гидротехнического назначения.

В качестве инструмента, осуществляющего диагностику искусственных водных объектов и гидротехнических сооружений на них, а также прогноз их состояния и управления сложившейся ситуацией, может явиться комплексная система мониторинга и, в частности, система мониторинга рискообразующих факторов на искусственных водных объектах и их гидротехнических сооружениях. Один из возможных вариантов реализации проекта создания системы мониторинга риск-ситуаций на примере искусственных водных объектов, а также методика ведения мониторинга, средства сбора информации, способы ее обработки и представления будут рассмотрены в настоящей работе.

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ КОНЦЕПЦИИ МОНИТОРИНГА БЕРЕГОВ

Термин «мониторинг» был введен для определения комплекса мероприятий, обеспечивающих сбор информации с определенных точек или постов наблюдений, обработки и анализа полученных данных, их интерпретации и визуализации с целью проведения прогнозных расчетов, необходимых для разработки и принятия управленческих решений [3].



1. Оброво; 2. Орехово; 3. Беловежская Пуща; 4. Белин-Осовцы; 5. Береза-1; 6. Велута; 7. Великие Орлы; 8. Головчицкое; 9. Гать; 10. Гоща; 11. Домановское; 12. Джидинье; 13. Днепробугское; 14. Жидча; 15. Кривичи; 16. Кретьшин; 17. Кутовщина; 18. Локтыши; 19. Либерполь; 20. Луковское; 21. Любань; 22. Любашевское; 23. Морочно; 24. Миничи; 25. Погост; 26. Паперня; 27. Возрождение; 28. Рудники; 29. Рудя; 30. Репихово; 31. Собельское; 32. Селец; 33. Хомск; 34. Чемелянское; 35. Добромысленское; 36. Ключегорское; 37. Клясцицкое; 38. Крапивенка; 39. Ловжанское; 40. Лукомское; 41. Стародворское; 42. Тулово; 43. Альбинское; 44. Авсюки; 45. Бобруйковское; 46. Вить; 47. Великоборское; 48. Днепробрагинское; 49. Загатье; 50. Коммунар; 51. Княжеборское (Млынок); 52. Лешненское; 53. Меркуловичи; 54. Михедовичи; 55. Муравенское; 56. Новополесское; 57. Светлогорское; 58. Свидное; 59. Свеча; 60. Судкова; 61. Уборок; 62. Улассы; 63. Телешовское; 64. Чечера; 65. Ольховское; 66. Волповское; 67. Гезгальское; 68. Дублянское; 69. Зельвенское; 70. Корнадское; 71. Лаздунское; 72. Лубяньское; 73. Рачунское; 74. Яновское; 75. Ореховка; 76. Осиповичское; 77. Городище; 78. Горы; 79. Днепрец; 80. Добосна; 81. Зарестье; 82. Коровчино; 83. Кричевское; 84. Курманово; 85. Милославичское; 86. Нежково; 87. Палужское; 88. Рудя; 89. Скрипица; 90. Студенковское; 91. Тетеринское; 92. Чигиринское; 93. Острошицкий Городок; 94. Борки; 95. Вилейское; 96. Воля; 97. Волчковичское; 98. Вяча; 99. Гореницкое; 100. Дрозды; 101. Дубровское; 102. Жодинское; 103. Заславское; 104. Комсомольское озеро; 105. Резервное; 106. Криница; 107. Лошанское; 108. Любанское; 109. Левки; 110. Марына Горка; 111. Михайлово; 112. Плещеницкое; 113. Петровичское; 114. Рудня; 115. Саковщинское; 116. Солигорское; 117. Смолевичское; 118. Тимковичское; 119. Цнянское; 120. Чурвилловичское; 121. Чижовское; 122. Краснослободское; 123. Лепельское; 124. Лукомской ГРЭС; 125. Селявское; 126. Езерищенское; 127. Хоробровка; 128. Брасловское; 129. «Путь к коммунизму»; 130. «Дружба народов»; 131. Освейское; 132. Гомельское ГЭС; 133. Белоозерское

Рисунок 1 – Карта-схема расположения водохранилищ

В качестве примера рассмотрим систематизированный свод сведений, помещенный в соответствующую специализированную периодически пополняемую базу данных, образующую так называемый кадастр берегов [2]. В кадастрах берегов приводятся сведения о процессах, протекающих в береговой зоне водохранилищ, их характеристики, а также параметры основных берегообразующих факторов и условий. Данная информация, помещенная в базу данных кадастра берегов, служит основой для разработки проектов водо- и берегозащитных мероприятий [3].

Обработка кадастровой информации может выполняться при помощи информационно-справочной системы, которая позволяет автоматизировать процессы хранения и анализа информации, выдачу потребителю необходимых сведений о состоянии берегов водных объектов по произвольной форме запроса [4] в графическом, цифровом или табличном выражении.

Однако кадастровая информация дает сведения лишь о дискретном состоянии того или иного объекта на какой-то конкретный момент времени. Такая информация не всегда позволяет оценить динамику того или иного процесса во времени, что в свою очередь не дает возможности выполнить прогноз данного явления, а затем производить инженерные расчеты для выбора варианта берегозащиты или управления природным процессом [3].

Именно для этих целей возникла идея создания системы мониторинга и ее концепции, которая рассмотрена ниже.

Целью создания системы мониторинга риск-ситуаций на искусственных водных объектах Беларуси является разработка информационного обеспечения, характеризующего реальное состояние данных объектов и гидротехнических сооружений на них в рамках территориальной принадлежности Республики Беларусь.

Для достижения поставленной цели необходимо предлагаемую систему мониторинга риск-ситуаций на искусственных водных объектах Беларуси и их гидротехнических сооружениях интегрировать в системы земельного и водного кадастров и Национальную систему мониторинга окружающей среды.

Кроме стандартных методик для сплошной съемки территории государства предлагается широко использовать возможности дистанционных методов с применением средств авиационного и космического базирования [3].

АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ НЕКОТОРЫХ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ ВОДОХРАНИЛИЩ БЕЛАРУСИ

На первом этапе за основу анализа и рассмотрения взяты результаты натурных наблюдений состояния искусственных водных объектов и их гидротехнических сооружений, расположенных в различных регионах страны на всей территории Республики Беларусь. Приведенные ниже примеры состояния эксплуатируемых сооружений по ряду обследованных объектов свидетельствуют об актуальности рассматриваемой проблемы в виде реальной угрозы возникновения ситуаций чрезвычайного характера, представляющих собой опасность в первую очередь для жизни и здоровья людей, а также объектов народного хозяйства в виде материального ущерба, вызванного их возникновением.

Так, подножье сборно-монолитного железобетонного покрытия откосов берегов в нижнем бьефе ГЭС Волпа (водохранилище Волпа), расположенном в Волковысском районе Гродненской области (рис. 2), в результате механических воздействий водяных потоков и прогрессирующего абразионных процессов имеет значительные повреждения в виде разрушения указанных конструкций и выноса грунта из-под них. Перечисленные факторы не исключают возможность обрушения конструкций берегозащиты и представляют серьезную угрозу для обслуживающего персонала и иных лиц, которые могут оказаться в опасной зоне в критический момент.

В результате воздействия негативных факторов, оказывающих влияние на конструкции водосбросных сооружений шахтного типа в период снеготаяния и сезона ледохода, а также долгосрочной эксплуатации без планово-предупредительного ремонта и технического

обслуживания данного гидросооружения произошло разрушение его сборных конструкций на искусственном водном объекте Лаздуны Ивьевского района Гродненской области (рис. 3). Все это представляет непосредственную угрозу критического изменения уровня воды в указанном водохранилище с последующим затоплением нижележащего населенного пункта, объектов и территорий сельскохозяйственного назначения.



Рисунок 2 – Берегозащита в нижнем бьефе ГЭС Волпа



Рисунок 3 – Шахтный водосброс водохранилища Лаздуны

Вследствие сочетания природных и гидродинамических факторов, оказывающих поражающее воздействие, разрушен гидроизолирующий материал автоматического водосброса, произошел вынос грунта и значительно увеличилась фильтрация в нижний бьеф Княжеборского водохранилища (Ельский и Наровлянский районы Гомельской области) (рис. 4). Перечисленные факты спровоцировали проседание плит берегозащитных сооружений и непосредственно самой конструкции автоматического водосброса. Наступающие негативные последствия аварии на искусственном водном объекте несут серьезную угрозу людям и объектам экономики, расположенным в непосредственной близости в нижнем бьефе разрушенного гидроузла.



Рисунок 4 – Берегозащитные сооружения и конструкции автоматического водосброса Княжеборского водохранилища

Несущая и самонесущая стены (преимущественно в нижней части) железобетонного водосброса на искусственном водном объекте, расположенном вблизи населенного пункта Острошицкий Городок Минского района Минской области (рис. 5), имеют значительные разрушения в виде сколов и выщелачивания бетона различной глубины, обнажение арматуры, сквозные проемы, вынос грунта и т. п. Перечисленные повреждения гидротехнического сооружения наступили в результате гидродинамического воздействия и влияния антропогенных факторов. Как следствие, существует риск деформации либо частичного разрушения конструкций гидротехнического сооружения, заклинивания затворов с последующим подтоплением нижележащих территорий.

Перечень реально существующих такого рода фактов на гидротехнических объектах водохранилищ Беларуси, к огромному сожалению, на этом не заканчивается. Основные характеристики и критерии оценки состояния на примере некоторых объектов приведены в табл. 1. Приведенные данные основаны на результатах многолетних натурных

наблюдений различных авторов, собственных фактических материалах, фондовых данных организаций. Состояние гидротехнических сооружений (ГТС) оценивалось по внешним признакам и представлялось в количественно-качественном выражении с распределением на три вида: 1 – хорошее (отсутствуют явные признаки разрушений и деформации конструкций), 2 – удовлетворительное (незначительные разрушения и деформация конструкций) и 3 – неудовлетворительное (значительные разрушения и деформация конструкций) (см. табл. 1).



Рисунок 5 – Железобетонный водосброс водохранилища Острошицкий Городок

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ КОНЦЕПЦИИ И СТРУКТУРЫ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА РИСК-СИТУАЦИЙ НА ИСКУССТВЕННЫХ ВОДНЫХ ОБЪЕКТАХ И ИХ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЯХ

Анализируя ситуацию, на основе данных собственных наблюдений и обследований проведенных авторами более чем на 50 искусственных водных объектах страны, становится очевидным, что состояние гидротехнических сооружений на искусственных водных объектах Беларуси представляют серьезную опасность для населения и объектов экономики в плане возникновения ситуаций чрезвычайного характера. Особую тревогу вызывает период активизации гидродинамических явлений, таких как паводок, ледоход, подтопление и т. п. В этой связи авторами предлагается идея создания системы, которая могла бы контролировать состояние сооружений при возникновении указанных гидрологических явлений. Основная функция данной системы – предупреждение чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера на этих объектах. Основой такой системы будет являться система мониторинга рискообразующих факторов на искусственных водных объектах и их гидротехнических сооружениях.

Таблица 1 – Критерии оценки состояния гидротехнических сооружений некоторых искусственных объектов Беларуси

№ п/п	Название водохранилища	Тип водохранилища	Год ввода в эксплуатацию	Административно-территориальная принадлежность	Водоток	Вид регулирования	Глубина сработки уровня в водном объекте, м	Тип сооружения и его состояние				Год обследования	
								Платина земельная	Водосброс	ГЭС (ГРЭС)	Шлюз		Берегозащитное сооружение
1	Браславское	Озерное	1956	Витебская обл. Браславский р-н	р. Друйка, оз. Дрысвяты	Сезонное	3,0	Насыпная из суглинков с зубом. (2)	Открытый практического профиля. (2)	(3)	(2)	(2)	1988
2	Волпянское	Русловое	1956	Гродненская обл. Волковысский р-н	р. Рось	Суточное	0,3	Насыпная из местных грунтов. (2)	Платина бетонная водосливная практического профиля (3)	(3)	(2)	(2)	1989
3	Гезгальское	Русловое	1950	Гродненская обл. Дятловский р-н	р. Молчадь	Суточное	0,3	Насыпная из песков и суглинков. (2)	Открытый практического профиля. (2)	(2)	(2)	(2)	1989
4	Гомельское	Русловое	1952	Витебская обл. Полоцкий р-н	р. Туровлянка	Сезонное	0,8	Глухая из суглинков с зубом. (2)	Открытый практического профиля. (3)	(3)	(1)	(2)	1988
5	Добромыслянское	Русловое	1962	Витебская обл. Лезненский р-н	р. Черница	Сезонное	---	Насыпная земляная из местных среднезернистых песков. (2)	Открытый полигонального профиля. (3)	(3)	(3)	(2)	1988 1990 1999
6	Дружба Народов	Озерное	1953	Витебская обл. Браславский р-н	р. Дрисвяга	Сезонное	0,6	Насыпная из суглинков. (2)	(2)	(3)	(2)	(1)	1997
7	Дубровское	Русловое	1983	Минская обл. Смолевичский р-н	р. Усяжа	Сезонное	---	Насыпная, разнородная с понуром. (3)	С 3-мя поверхностными и донными отверстиями и многоступенчатым перепадом (1)	(1)	(2)	(3)	2002
8	Ключе-горское	Русловое	1953	Витебская обл. Гродокский р-н	р. Оболь	Сезонное	---	Глухая земляная из суглинков. (2)	Открытый практического профиля. (2)	(3)	(1)	(2)	1988

Окончание таблицы 1

№ п/п	Название водохранилища	Тип водохранилища	Год ввода в эксплуатацию	Административно-территориальная принадлежность	Водоток	Вид регулирования	Глубина сработки уровня в водном объекте, м	Тип сооружения и его состояние				Год обследования	
								Платина земельная	Водосбор	ГЭС (ГРЭС)	Шлюз		Берегозащитное сооружение
9	Лельское	Озерный	1958	Витебская обл. Лепельский р-н	р. Улла оз. Лепельское	Сезонное	1,0	Насыпная из тонкозернистых песков. (2)	Открытый практического профиля. (3)	(3)	(2)	(2)	1988 1996
10	Локтыши	Русловое	1977	Брестская обл. Ганцевичский р-н	р. Лань	Сезонное	---	(1)	(1)	(1)	(3)	(2)	2003 2005
11	Лобанское	Русловое	1966	Минская обл. Смолевичский р-н	р. Оресса	Сезонное	2,0	(1)	(2)	(1)	(2)	(2)	1991 2003
12	Новоселковское	Русловое	1953	Гродненская обл. Дятловский р-н	р. Молчадь	Сезонное	---	Насыпная из местных песчаных грунтов (2)	Открытый практического профиля (3)	(2)	(3)	(2)	2010
13	Осиповичское	Русловое	1953	Могилевская обл. Осиповичский р-н	р. Свислочь	Суточное	0,5	Насыпная (3)	С широким профилем полигонального профиля. (2)	(2)	(2)	(1)	2010
14	Рачунское	Русловое	1959	Гродненская обл. Сморгонский р-н	р. Ошмянка	Суточное	---	Насыпная из местных песчаных грунтов (2)	Открытый полигонального профиля. (2)	(3)	(2)	(1)	1989 1993
15	Тетеринское	Русловое	1955	Могилевская обл. Круглянский р-н	р. Друть	Сезонное	0,5	Насыпная из разнозернистых песчаных грунтов (2)	Плотина Сенькова с одним шпунтовым рядом у переднего зуба. (3)	(2)	(2)	(2)	1989 1994
16	Цигиринское	Русловое	1961	Могилевская обл. Кировский р-н	р. Друть	Сезонное	0,5	Насыпная из местных песчаных грунтов (2)	Практического профиля, ячеистого типа (1)	(2)	(1)	(2)	1989 1994

Примечание: (1) – отсутствуют явные признаки разрушений и деформации конструкций;
(2) – незначительные разрушения и деформация конструкций;
(3) – значительные разрушения и деформация конструкций.

Ввиду того, что существующая сеть искусственных водных объектов республики является неотъемлемой частью гидросферы, следует учитывать функционирующую Национальную систему мониторинга окружающей среды (НСМОС).

НСМОС – открытая система, объединяющая отдельные виды и подвиды мониторинга окружающей среды и обеспечивающая их взаимодействие в целях получения комплексной информации о состоянии окружающей среды, анализа прогноза ее изменений, для обеспечения государственных органов, юридических лиц и граждан полной, достоверной и своевременной информацией [5].

Предлагаемая система мониторинга ГТС может явиться составляющим компонентом НСМОС в разделе мониторинга поверхностных вод. В равной мере разработка такой подсистемы мониторинга расширит возможности создаваемой в рамках МЧС Республики Беларусь Государственной системы предупреждения и реагирования на ЧС (ГИСПР), что определяет актуальность и необходимость ее разработки.

Источниками наполнения базы данных системы мониторинга искусственных водных объектов, гидротехнических сооружений и рискообразующих факторов являются:

- данные наземных источников (оперативная информация о состоянии гидротехнических сооружений), поступающие от обслуживающего персонала служб эксплуатации водных объектов и сооружений на них, передаваемые посредством проводной телефонной связи, локальных, комбинированных и глобальной компьютерных сетей, сотовой радиосвязи в 3G-формате;

- оперативная информация Департамента по гидрометеорологии Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь, наземных геодезических и топосъемок, соответствующих ведомственных гидропостов, функционирующих на водотоках Республики Беларусь;

- наиболее современный и оперативный способ сбора информации – использование данных дистанционных методов диагностики земной поверхности (данные аэрофотосъемок различного масштаба, информация от объектов космического базирования). При этом наряду с отечественными могут использоваться открытые системы, принадлежащие государствам ближнего и дальнего зарубежья.

Структура предлагаемой системы мониторинга рискообразующих факторов на искусственных водных объектах и их гидротехнических сооружениях будет состоять из 4 уровней (рис. 6):

- центрального, или республиканского;
- регионального, или областного;
- местного, или районного;
- локального, или объектового.

Связь различных уровней должна осуществляться автоматически на основе использования универсальных (общепринятых, стандартных) форматов обмена данными, а также обмена стандартного комплекта карт и характеристик.

Основными потребителями информации о риск-ситуациях являются Министерство по чрезвычайным ситуациям, Правительство, а при необходимости – Президент Республики Беларусь [6].

Для функционирования предлагаемой системы мониторинга гидротехнических сооружений на водных объектах (МГТСВО) необходимо создание специального программного обеспечения для оценки как состояния сооружений, так и отдельных рискообразующих факторов. Кроме того, порядок ее функционирования с классификатором показателей, характеризующих состояние водных объектов и гидротехнических сооружений на них, включающих основные критерии оценки (см. табл. 1), сведенные в базу данных с учетом уровневого признака, будут определять принцип работы системы МГТСВО.

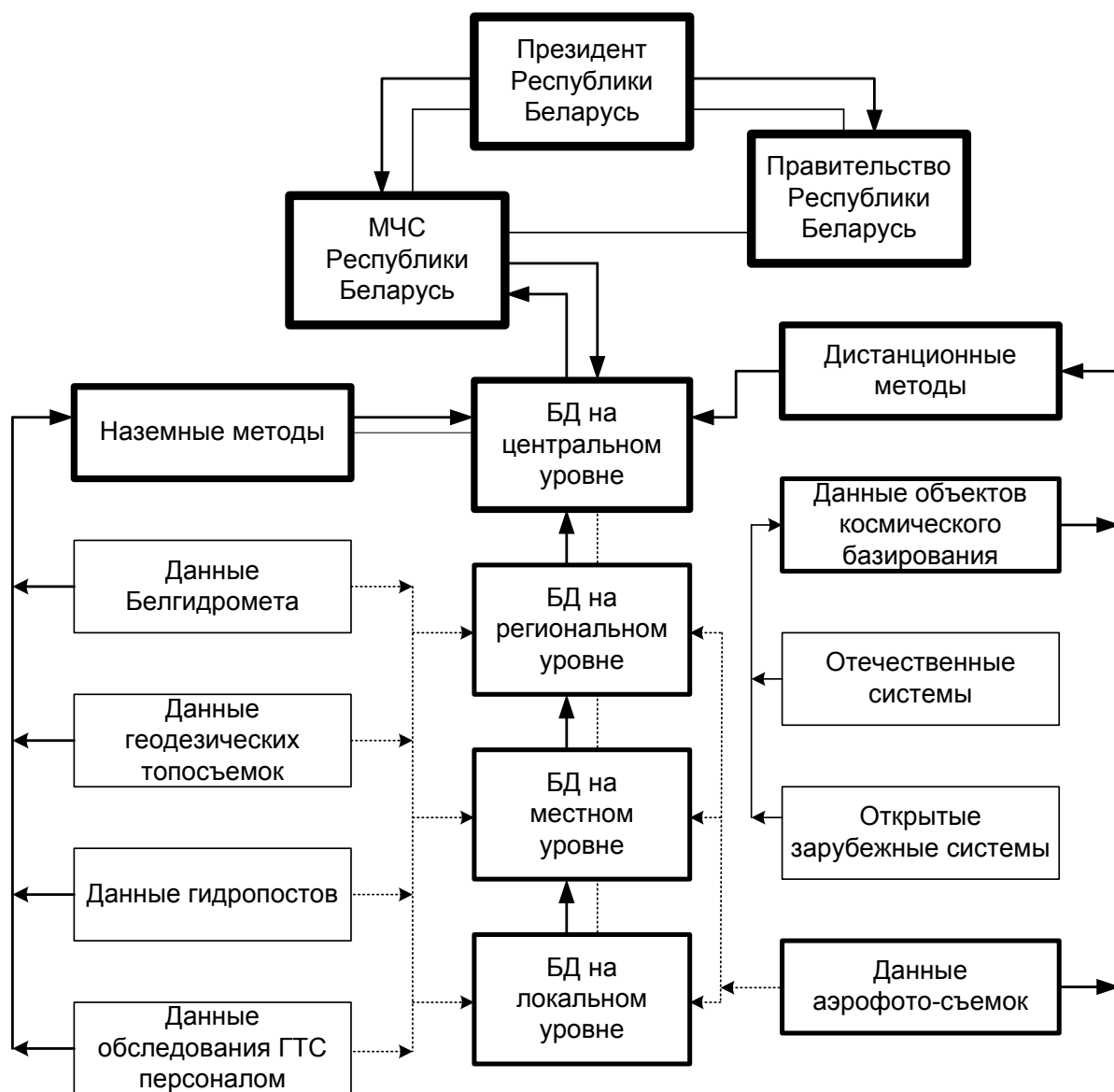


Рисунок 6 – Структурная схема предполагаемой системы мониторинга риск-ситуаций на искусственных водных объектах и их гидротехнических сооружениях

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Методология оценки риска является основой, на которой проводится разработка решений по безопасной эксплуатации тех или иных объектов.

С учетом существующих проблем в разработке методологии и информационном обеспечении исследований риска наиболее эффективным результатом применения вероятностных методов прогноза риска и управления безопасностью в настоящее время считаются выявление с их помощью «слабых мест» в технологических звеньях, конструкциях, технологических решениях и регламентах эксплуатации потенциально опасных объектов, а также возможность сравнительного (относительного) анализа риска и безопасности различных, в том числе новых проектов опасных систем и технологий [6].

Однозначно установлено, что для прогнозирования и управления риском в масштабе страны необходимо создание системы мониторинга риск-ситуаций на искусственных водных объектах и их гидротехнических сооружениях. В работе даны предложения по разработке концепции построения данной системы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Водохранилища Беларуси : справочник / М.Ю. Калинин [и др.] ; под общ. ред. М.Ю. Калинина. – Минск : ОАО «Полиграфкомбинат им. Я. Коласа», 2005. – 182 с.
2. Левкевич, В.Е. Ведение кадастра берегов водных объектов (озер, водохранилищ, прудов) с помощью ПЭВМ. Препринт № 29 / В.Е. Левкевич [и др.] ; под общ. ред. В.Е. Левкевича. – Минск : АНБ, 1994. – 38 с.
3. Левкевич, В.Е. Экологический мониторинг берегов (coastmonitoring) водных объектов Беларуси. Препринт № 32 / В.Е. Левкевич [и др.] ; под общ. ред. В.Е. Левкевича. – Минск : РНТИЦ «Экомир», 1995. – 36 с.
4. Левкевич, В.Е. Повышение эффективности расчета берегоохранных мероприятий при использовании информационно-справочной системы «Береговые процессы на малых водохранилищах» // Мелиорация и водное хозяйство. – Вып. 12. – Минск, 1989.
5. Остапеня, А.П. Концепция оптимизации Национальной системы мониторинга окружающей среды Республики Беларусь / А.П. Остапеня [и др.] ; под общ. ред. С.П. Уточкиной. – Минск : «Логвинов», 2003. – 40 с.
6. Левкевич, В.Е. Экологический риск – закономерности развития, прогноз и мониторинг / В.Е. Левкевич – Минск : ИООО «Право и экономика», 2004. – 152 с.
7. Качугин, Е.Г. Инженерно-геологические исследования и прогнозы переработки берегов водохранилищ. Рекомендации по изучению переработки берегов водохранилищ / Е.Г. Качугин. – М. : Госгеологиздат, 1959.
8. Чеботарев, А.И. Гидрологический словарь / А.И. Чеботарев. – Л. : Гидрометеорологическое издательство, 1970. – 78 с.
9. Рекомендации по оценке воздействия малых водохранилищ на окружающую среду / В.М. Широков [и др.] ; под общ. ред. В.М. Широкова. – Минск : БГУ, 1994. – 112 с.
10. Максимчук, В.Л. Рациональное использование и охрана берегов водохранилищ / В.Л. Максимчук. – Киев, 1981. – 112 с.
11. Левкевич, В.Е. Методические рекомендации по расчету незакрепленных верховых откосов дамб и плотин на малых водохранилищах и прудах мелиоративного назначения / В.Е. Левкевич. – Минск : ЦНИИКИВР, 1989. – 36 с.