

УДК 627.8

К ОЦЕНКЕ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО ХАРАКТЕРА НА ЧИЖОВСКОМ ВОДОХРАНИЛИЩЕ

Левкевич В.Е., к.т.н., Пастухов С.М.

На сегодняшний день эксплуатация водохранилищ требует постоянного надзора и контроля за процессами, происходящими в них. Даже незначительные повреждения гидротехнического сооружения впоследствии могут стать причиной возникновения чрезвычайной ситуации, нанести ущерб окружающей природной среде и экономике государства, нарушению условий жизнедеятельности и безопасности населения.

В настоящее время в Республике Беларусь насчитывается около 200 водохранилищ, общий объём которых составляет около 10,0 км³. Для нашей Республики водохранилища имеют большое социальное и экономическое значение для развития общества в целом [1].

С одной стороны водохранилища создают благоприятные условия для отдыха и занятия спортом, помогают в борьбе с наводнениями, являются источниками водоснабжения, а с другой – создание и эксплуатация водохранилищ вызывают отрицательные воздействия на прилегающие к ним территории, абразию берегов, подтопление территории и др. [1].

На рис.1 приведена блок-схема, отображающая основные положительные и отрицательные стороны влияния водохранилищ на окружающую среду (ОС). Наиболее существенным отрицательным воздействием водохранилищ на ОС является размыв береговых склонов и незакреплённых верховых дамб и плотин, продукты разрушения которых мигрируют вдоль береговой линии водохранилищ и аккумулируются в их ложе. Кроме деформации берегов и откосов, происходит развитие русловой и поверхностной эрозии, подтопление и заболачивание территории. Так, в 2005 году в Республике Беларусь по опубликованным данным было подтоплено 69 населённых пунктов, 37 жилых домов, 264 подворья, 52 хозяйственные постройки, 21 – прочие объекты. Общая площадь подтопления составила около 55 га. Ниже в табл. 1 и 2 приведены основные морфометрические характеристики и параметры водохранилищ Свислочского каскада.

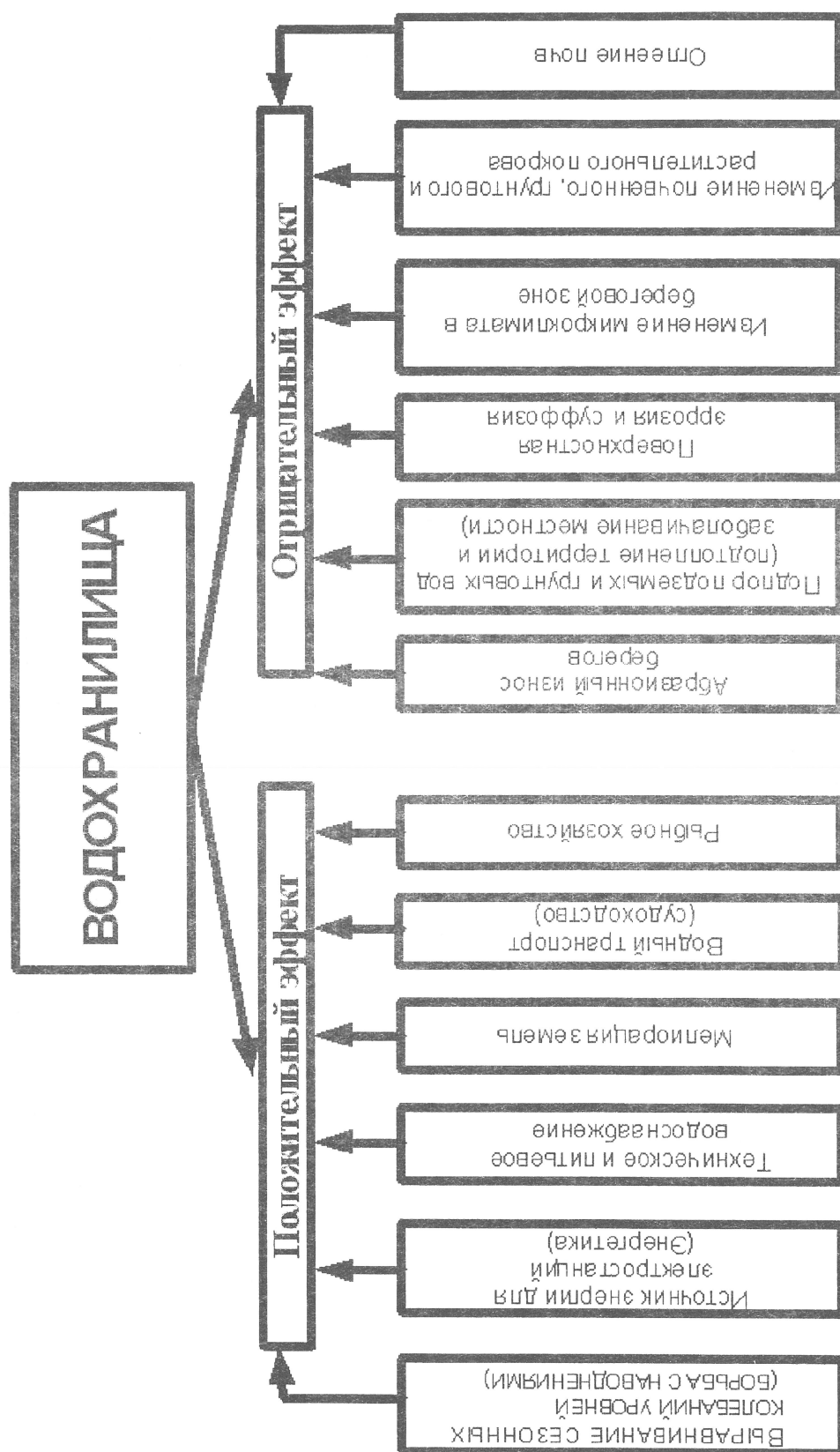


Рис. 1 Блок-схема влияния водохранилищ на окружающую среду

Из приведённых данных табл.1 видно, что большинство водохранилищ Свислочского каскада – водоёмы руслового типа с многолетним и сезонным регулированием стока. Данные показатели свидетельствуют о том, что водохранилища производят аккумуляцию стока многоводных периодов (половодья, дождевых паводков) для использования его в маловодные годы.

Водохранилища Свислочского каскада несут значительную народно-хозяйственную нагрузку. Пользователи преимущественно традиционные, однако их количество по сравнению с крупными водохранилищами страны ограничено: менее развита такая отрасль, как водный транспорт и энергетика. В качестве положительного момента можно отметить, что в последнее время малые водохранилища всё более используются для целей рекреации, что способствует повышению уровня отдыха населения, развитию водного спорта и оздоровлению нации [3].

В табл. 2 представлены основные морфометрические показатели Свислочского каскада водохранилищ. Из данных таблицы можно сделать вывод, что эксплуатируемые водохранилища относятся к категории малых[3].

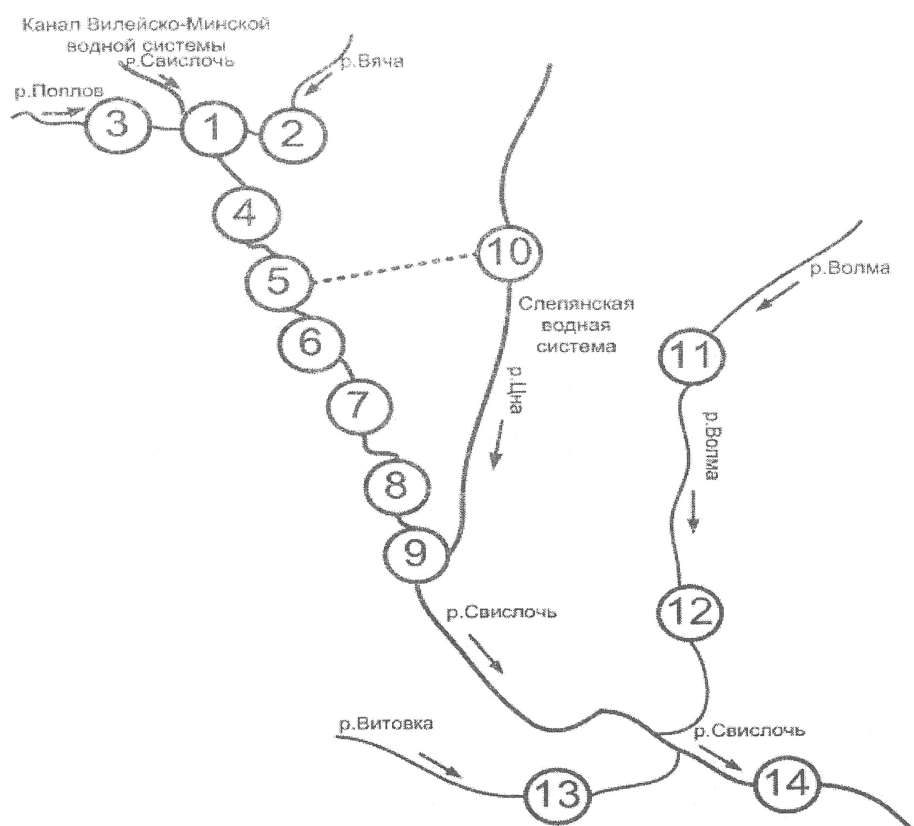


Рис. 2. Схема Свислочского каскада водохранилищ по [2]

В состав Свислочского каскада (рис.2) входят следующие водохранилища:

- 1 – Заславское водохранилище (Минское море, водохранилище Гонолес);
- 2 – водохранилище Вяча;
- 3 – головное водохранилище (водохранилище Поплов);
- 4 – водохранилище Криницы
- 5 – водохранилище Дрозды;
- 6 – Комсомольское озеро;
- 7 – водохранилище парка им.Горького;
- 8 – водохранилище ТЭЦ-2;
- 9 – Чижовское водохранилище (водохранилище ТЭЦ-3);
- 10 – Цнянское водохранилище;
- 11 – Петровичское водохранилище;
- 12 – водохранилище Волма;
- 13 – водохранилище Марьина Горка;
- 14 – Осиповичское водохранилище.

Таблица 1.

Характеристики Свислочского каскада водохранилищ

Водохранилище	Река, озеро, объект	Вид регулирования	Район, область	Тип водохранилища	Основное назначение	Характеристика ГТС	Год ввода в эксплуатацию
1.Заславское (Минское море, Гонолес)	р.Свислочь р.Березина	Многолетнее	Минский Минская	Русловое	Регулирование стока рекреация водоснабжение	Земляная плотина водосброс донный водоспуск	1955
2. Вяча	р. Вяча р. Свислочь р. Березина	Сезонное	Минский Минская	Русловое	Рекреация	Земляная плотина водосброс	1970
3. Головное (Поплов)	р. Свислочь р. Поплов	Суточное	Брезинский Минская	Наливное	Регулирование стока орошение рыбозаведение	Земляная плотина водосброс шлюз	1973

Продолжение табл. 1

Водохранилище	Река, озеро, объект	Вид регулирования	Район, область	Тип водохранилища	Основное назначение	Характеристика ГТС	Год ввода в эксплуатацию
4. Водохранилище Криница	р. Свислочь р. Березина	Многолетнее	Минский Минская	Русловое	Рекреация	Земляная плотина ступеньчатый водосброс	1976
5. Дрозды	р. Свислочь р. Березина	Сезонное	Минский Минская	Русловое	Регулирование стока рекреация водоснабжение	Земляная плотина водосброс-подводящий и отводящий каналы ограждающая дамба	1976
6. Комсомольское озеро	р. Свислочь р. Березина	Сезонного	Минский Минская	Русловое	Рекреация	Земляная плотина водосброс	1973
7. Водохранилище парка им.Горького	р. Свислочь р. Березина	Сезонного	г.Минск	Русловое	Рекреация	Бетонная плотина	1976
8. Водохранилище ТЭЦ-2	р. Свислочь р. Березина	Сезонного	г.Минск	Русловое	Энергетика	Земляная плотина водосброс	1955
9. Чижовское (ТЭЦ-3)	р.Свислочь р.Березина	Сезонного	Минский Минская	Русловое	Энергетика рекреация водоснабжение	Земляная плотина	1950
10. Цнянское водохранилище	р. Цна р. Свислочь р. Березина	Многолетнее	г. Минск	Наливное	Рекреация	Ограждающие дамбы водосброс	1978

Продолжение табл. 1

<i>Водохранилище</i>	<i>Река, озеро, объект</i>	<i>Вид регулирования</i>	<i>Район, область</i>	<i>Тип водохранилища</i>	<i>Основное назначение</i>	<i>Характеристика ГТС</i>	<i>Год ввода в эксплуатацию</i>
11.Петровичское	р. Волма р. Свислочь р. Березина	Сезонного	Минский Минская	Русловое	Орошение водоснабжение рыбхоз рекреация	Земляная плотина 2 водозабора	1979
12. Волма	р. Волма р. Свислочь	Сезонное	Червеньский Минская	Русловое	Рыбо разведение, рекреация	Земляная плотина на водопуск	1932
13.Марьиная Горка	р. Витовка р. Свислочь р. Березина	Непериодическое	Пуховичский Минская	Русловое	Рекреация	Земляная плотина	1961
14.Осиповичское	р. Свислочь р. Березина	Многолетнее	Осиповичский Минская	Русловое	Энергетика водоснабжение рыбхоза орошение промышленное водоснабжение	Земляная и бетонная плотины водозаборные станции	1963

Таблица 2

Основные морфометрические параметры некоторых водохранилищ
Свислочского каскада.

Водохранилище	Площадь водосбора в створе плотины, км ²	Отметка уровня воды НПУ/УМО, м	Площадь зеркала при НПУ, км ²	Полный объём воды, млн. м ³	Длина, км	Ширина, км		Глубина, м		Показатель открытости	Средний многолетний сток, млн. м ³
						максимальная	средняя	максимальная	средняя		
1.Заславское (Минское море, Голнолес)	596	211.8/205.8	26.86	103.0	9.2	4.5	2.9	8.0	3.8	7.07	129.6
2. Вяча	108	229/222	1.68	5.1	6.2	0.5	0.25	6.6	3.0	0.56	23.75
3.Головное (Поплов)	33	217.5/216.9	0.87	2.1	2.0	0.93	0.44	7.5	2.4	0.36	129.8
4.Водохранилище Криница	610	204.5/204.4	0.96	1.82	3.5	0.65	0.43	5.9	2.5	0.43	129.8
5. Дрозды	649	203/199	2.38	6.17	6.0	1.2	0.39	6.0	2.6	0.92	129.8
6. Комсомольское озеро	742	197.0/-	0.34	1.5	1.8	0.32	0.20	4.7	4.4	0.08	171 (340 с учётом ВМВС)
9.Чижевское водохранилище (водохранилище ТЭЦ-3)	933	188.2/-	2.80	5.6	4.8	0.8	0.7	4.6	2.0	1.4	212 (379 с учётом ВМВС)
11.Петровицкое	214	184.7/181.2	4.8	15.0	11.5	2.0	0.41	8.2	3.18	1.51	55.4
12. Волма	600	168.1/166.5	0.83	1.23	1.8	0.6	0.46	4.0	1.48	0.56	110
13.Марына Горка	3.8	167.5/166.5	0.69	1.02	1.55	0.52	0.33	2.2	1.48	0.47	0.63
14.Осиповицкое	4370	149.5/148	11.87	17.5	24	1.25	0.49	5.3	1.47	8.07	829

Предметом наших исследований было выбрано Чижевское водохранилище Свислочского каскада (рис.3), которое является источником технического водоснабжения для Минской ТЭЦ-3. Данное водохранилище является водоёмом руслового типа с сезонным регулированием стока. В

состав сооружений гидроузла входят земляная плотина (левобережная и правобережная части) и водосброс. Водосбросное сооружение имеет семь пролётов для пропуска воды и шлюз-плотоход.



Рис.3. Общий вид Чижовского водохранилища

В 2005 г. нами было проведено детальное обследование сооружений Чижовского гидроузла и водохранилища с целью выявления местных и локальных разрушений и повреждений сооружений, оценки их масштабов, интенсивности развития и предполагаемых нарушений устойчивости и несущей способности. Выявленные местные нарушения в настоящее время не оказывают существенного влияния на нарушение условий целостности и общей устойчивости гидроузла, но при определённых условиях могут привести к возникновению риск-ситуаций.

При натурном обследовании Чижовского водохранилища были обнаружены определённые отклонения от нормальной эксплуатации гидротехнических сооружений. Обследование проводилось в безлёдный период с 01 по 15 ноября 2005 года. В результате обследований гидротехнических сооружений было установлено, что на земляной плотине имеются повреждения верховых откосов как защищённых бетонным покрытием, так и земляных, трещины в местах сопряжения верхового откоса с парапетом, а также склоновая эрозия вследствие стока ливневых и дождевых вод, суффозионный вынос грунта на поверхность в нижнем бьефе, частичное разрушение гасителей рисбермы.

Теперь остановимся на каждом виде разрушений более подробно.

В табл. 3 приведены данные, характеризующие общее состояние земляной плотины и установленные нарушения. Наиболее интенсивному повреждению подвергнута правосторонняя часть плотины. Из рис. 4 видны линейные размеры разрушения бетонного покрытия земляного откоса на участке примыкания к водосбросу.

Таблица 3

Оценка деформаций земляной плотины

Левобережная часть плотины		Правобережная часть плотины	
Верхний бьеф			
1	Трещины в месте примыкания бетонного покрытия к парапету. Длина трещины равна $l = 0.3$ м	Размыв верхового земляного откоса Наибольшая величина линейной переработки берега составляет $S_t = 2.5$ м. Объём переработки берега равен $Q_t = 20.0 \text{ м}^3$ на 1м (погонный) (рис.5,6)	
2	Подмыв бетонного основания плотины	Разрушение бетона у основания крепления бычков	
3	Трещины в месте примыкания верхового откоса к водосбросу Наибольшая длина и глубина трещины равны $l = 2.2$ м (рис 4) $h = 0.3$ м, $Q_t = 1.5 \text{ м}^3/\text{мп}$	Отсутствие упорного анкера: неправильное сопряжение бетонного покрытия земляного откоса с дном водохранилища, трещины бетонного покрытия, смывание отколовшихся частей бетона, усиление фильтрации плотины, разрушение откосов	
4	Отсутствие упорного анкера: неправильное сопряжение бетонного покрытия земляного откоса с дном водохранилища, трещины бетонного покрытия, смывание отколовшихся частей бетона, усиление фильтрации плотины, разрушение откосов	Нарушение стыков железобетонных плит верховых откосов (размыв и повреждение откосов)	
5	Нарушение стыков железобетонных плит верховых откосов (размыв и повреждение откосов)		
Нижний бьеф			
1	Разрушение гасителей и частичное повреждение рисбермы	Фильтрация тела плотины с суффозионным выносом грунта на поверхность	
2	Нарушение целостности мостовых плит: образование каверн, сколов	Повреждение стенки, отделяющей водосбросные пролёты от шлюза	

Характеристики профиля переработки S_t и Q_t , обозначенные через Y , описываются зависимостью [5]:

$$Y = F_1 (x_1, x_2, x_3, \dots, x_8),$$

где x_1 – характеристика волнения – высота волны 1% обеспеченности ($h_{1\%}$);

x_2 – амплитуда колебания уровня в безледный период – ($\Delta H_{\text{бл}}$);

x_3 – длина разгона волны (D);

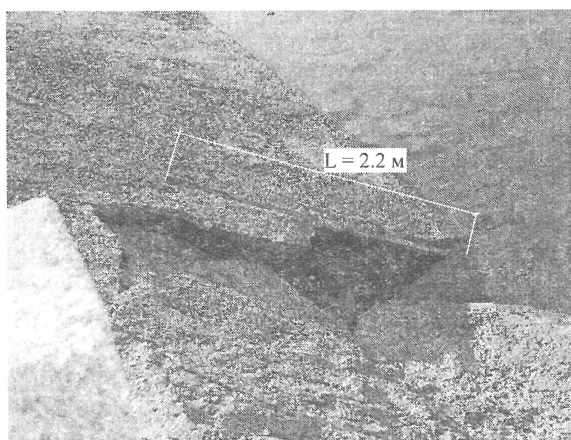
x_4 – распределение глубин по разгону волны (h_D);

x_5 – высота берега, имеющего террасу (H_6);

x_6 – уклон берегового склона (I_6);

x_7 – средний диаметр частиц относительно однородного грунта (d_{50});

x_8 – коэффициент неоднородности грунта (U);



а)



б)

Рис.4. Разрушение бетонного крепления земляных верховых откосов в месте примыкания к водосбросу (правобережная часть плотины)



Рис.5. Разрушение земляного откоса, не защищённого бетонным основанием

На рис. 6 показана схема повреждения земляной плотины и приведены основные показатели, характеризующие профиль переработки берегов.

S_t – линейная переработка берега, м;

Q_t – объем переработки берега, м³/пм.

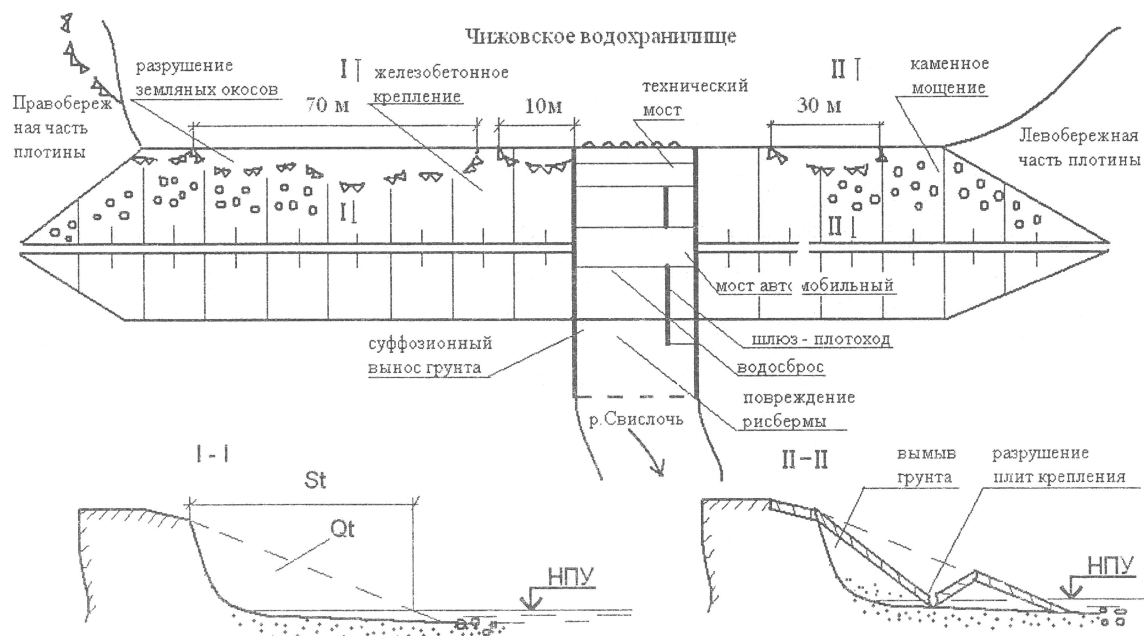


Рис. 6. Схема повреждения земляной плотины

Выводы:

В результате проведенного обследования сооружений Чижевского гидроузла установлено, что:

- теоретически возможно возникновение чрезвычайных ситуаций на гидроузле вследствие развития процессов разрушения земляной плотины и водосбросов;
- возможны различные сценарии возникновения чрезвычайных ситуаций в зависимости от динамики деформаций (локальных разрушений гидротехнических сооружений);
- необходимо дальнейшее исследование состояния ГТС различных типов водохранилищ и влияние их на ОС для выработки сценариев развития риск-ситуаций с целью их моделирования и прогнозирования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Авакян А.Б., Шарапов В.А., Солтанкин В.П., Водохранилища. – М: «Мышь», 1987г.
2. Широков В.М., Пидоплечко В.А. Водохранилища Белоруссии: Справочник. – Мн. Университетское, 1992г.
3. В.Е.Левкевич, П.С.Лопух. Рациональное использование и охрана прибрежных ландшафтов на водохранилищах Белоруссии. – Мн: БелНИИНТИ, 1990г.
4. В.Е.Левкевич, А.А.Ковалёв, А.И.Павловский. Ведение кадастра берегов водных объектов (озёр, водохранилищ, прудов) с помощью ПЭВМ. – Мн: «Экономика», 1994г.
5. В.Е.Левкевич. Рекомендации по прогнозированию переработки абразионных берегов малых водохранилищ, сложенных несвязными грунтами. – Мн: ЦНИИКИВР, 1984г.