

Заключение

Взаимное влияние всех факторов, влияющих на процесс коагулирования, невозможно точно рассчитать, поэтому для достижения эффективного управления процесса водоподготовки требуется постоянный мониторинг показателей качества воды по этапам очистки.

Режим дозирования коагулянта выбирается с учетом совокупности полученных данных. Периодическая подача коагулянта целесообразна в холодный период года при температуре обрабатываемой воды, ориентировочно, менее 8° С, когда снижается мутность поверхностной исходной воды, но сохраняются более высокие значения показателей цветности, перманганатной окисляемости, количества клеток и биомассы фитопланктона. Также следует учитывать результаты пробного коагулирования воды, по результатам которого на данный момент времени устанавливается целесообразность постоянной или периодической подачи коагулянта.

Список цитированных источников

1. Показатели безопасности питьевой воды : Гигиенический норматив ; введ. 05.03.21. – URL: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=C22100037> (дата обращения: 24.10.2024).
2. Драгинский, В. Л. Коагуляция в технологии очистки природных вод / В. Л. Драгинский, Л. П. Алексеева, С. В. Гетманцев. – М. : Наука, 2005. – 576 с.
3. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения : СН 4.01.01-2019 ; введ. 09.04.2020. – Минск : Стройтехнорм. – 2020. – 68 с.

References

1. Hygienic standard «Drinking water safety indicators». Approved by Resolution of the Council of Ministers of the Republic of Belarus on January 25, 2021. – № 37.
2. Draginsky, V. L. Coagulation in natural water purification technology / V. L. Draginsky, L. P. Alekseeva, S. V. Getmantsev. – Moscow: Science, 2005 – 576 p.
3. SN 4.01.01-2019 «Water supply. External networks and structures» Construction standards of the Republic of Belarus. – Minsk. – 2020, 68 p.

УДК 627.8.064.3.046.3+627.41.064.3(476)

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО ТИПА КРЕПЛЕНИЯ ОТКОСОВ ПОДПОРНЫХ СООРУЖЕНИЙ И БЕРЕГОВ ВОДОЕМОВ В УСЛОВИЯХ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

*А. А. Артемчик, м. т. н., ассистент кафедры водоснабжения и водоотведения,
Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь,
e-mail: artemchik.aliaksandr@gmail.com*

*В. Е. Левкевич, д. т. н., профессор, профессор кафедры водоснабжения
и водоотведения, Белорусский национальный технический университет,
Минск, Беларусь, e-mail: v.lev2014@mail.ru*

Реферат

Воздействие абразии и эрозии на откосы подпорных сооружений и берегов может приводить к негативным последствиям, таким, как размывы и разрушения. Для предотвращения пагубных последствий важно правильно подобрать

защитные противоабразионные и противоэрозионные материалы и конструкции креплений.

Проанализированы факторы и условия, влияющие на устойчивость откосов подпорных сооружений и берегов, и выделены основные, влияющие на устойчивость креплений в условиях Республики Беларусь. Приведены результаты комплексной оценки эффективности эксплуатации различных типов креплений откосов подпорных сооружений на водохранилищах Беларуси. Предложены оригинальные конструктивные решения по креплениям откосов с помощью объемного моделирования. Сформулированы укрупненные требования к креплениям откосов водоемов Беларуси.

Ключевые слова: берегозащита, крепление откосов, крепление берегов, устойчивость берегов, устойчивость откосов, водохранилище, моделирование, абразия, гибкие бетонные маты.

SELECTING THE OPTIMAL TYPE OF PROTECTION THE SLOPES OF RETAINING STRUCTURES AND THE BANKS OF RESERVOIRS IN THE CONDITIONS OF THE REPUBLIC OF BELARUS

A. A. Artemchik, V. E. Levkevich

Abstract

The impact of abrasion and erosion on the slopes of retaining structures and banks can lead to negative consequences, such as washouts and destruction. To prevent harmful consequences, it is important to correctly select anti-abrasion and anti-erosion materials and the design of protection. The factors and conditions affecting the stability of slopes of retaining structures and supports are analyzed, and the main factors affecting the stability of bank and slope protection in the conditions of Belarus are identified.

The results of a comprehensive assessment of the operating efficiency of various types of slope fastenings of retaining structures in reservoirs in Belarus are presented. Original constructive solutions for slope protection are proposed by means of scale modeling. General requirements for slope protection of reservoirs in Belarus are formulated.

Keywords: coast protection, slope protection, bank protection, bank stability, slope stability, reservoir, modeling, abrasion, flexible concrete mats.

Введение

Вопрос защиты и крепления берегов и откосов сегодня актуален практически для любого водоема и водотока как в Республике Беларусь, так и за ее пределами. Это связано как с процессами их естественного переформирования, так и влиянием антропогенных факторов, которые, в свою очередь, существенно повышают их интенсивность. Абразионным и эрозионным процессам подвержены как незакрепленные, так и закрепленные берега и откосы.

Трансформация прибрежных территорий приводит к обрушению береговой линии, что в свою очередь вызывает ряд проблем: обмеление водоема, разрушение объектов жилой и транспортной инфраструктуры, выведение из землепользования сельскохозяйственных и лесных угодий и т. д. В свою очередь

новые и более эффективные способы защиты от абразионных и эрозионных процессов будут положительно сказываться при создании новых водохранилищ и использовании уже существующих в целях гидроэнергетики и комплексного использования возобновляемых источников энергии, коим вода и является, где наблюдаются постоянные колебания уровня в целях аккумуляирования воды, также это будет способствовать децентрализация выработки энергии и независимость от ископаемых энергоносителей.

Результаты и обсуждение

На территории Республики Беларусь расположено около 155 водохранилищ с полным объемом более 1 млн м³ каждое, общей площадью зеркала более 834 км², полным объемом – более 3,1 км³, полезным – более 1,27 км³ [1–5].

Общая длина укрепленных берегов и берегоукрепительных сооружений на водохранилищах Беларуси составляет около 250 км. Длина поврежденных и разрушенных берегоукрепительных конструкций и сооружений (откосов плотин и дамб, а также берегов более чем на 90 водохранилищах) по данным натурных обследований, проведенных в период 2013–2021 гг., оценивается в пределах 120 км, что составляет около 50 % протяженности всех креплений на водохранилищах [6, 7].

В общем случае выбор типа защиты откоса от разрушения должен основываться на соблюдении баланса между экономичностью и эффективностью строительства и эксплуатации, а также надежностью и долговечностью при наименьших эксплуатационных затратах, простотой возведения и возможностью проведения ремонтно-восстановительных работ.

Практика показала, что тип и конструкцию креплений определяют: нагрузки, вызываемые воздействиями водоема на берега и откосы сооружений; геологические и гидрогеологические условия основания, физико-механические свойства грунта тела, а также рельеф бортов водного объекта; значение защищаемой территории для народного хозяйства, ее использование в градостроительных, промышленных и транспортных целях; планировочные требования к прибрежной полосе и архитектурные требования, а также устанавливается с учетом максимального использования средств механизации и местных материалов [8, 9, 10].

Факторы и условия, влияющие на устойчивость откосов и берегов. Степень эрозии в основном зависит от преобладающего направления ветра (ветроволнового режима), ориентации к нему плотины и берегов, крутизны откосов и берегов, колебаний уровня воды, геологических и гидрогеологических, ледовых явлений, активности водного транспорта и других факторов.

Ветро-волновой режим водоема является основным фактором, определяющим разрушение (размывы) верхних откосов плотин и дамб, а также берегов, возникающим на водохранилище при ветре. Наблюдения на водохранилищах Беларуси за ветро-волновым режимом показали, что на небольших водоемах, площадью до 32 км², могут возникать волны высотой до 1,5 м [1].

Корабельные волны, возникающие при движущимся теле по поверхности водоема в условиях Республики Беларусь, не играют значительной роли в жизни откосов подпорных сооружений и берегов водохранилищ.

Сгонно-нагонные явления напрямую зависят от ветрового режима. Характерной особенностью ветрового режима является шквалистость ветров.

В результате действия длительных ветров одного направления на водную поверхность одновременно с волнами возникает поверхностное (дрейфовое) течение, подъем уровня (нагон) у одного берега водохранилища и спад уровня (сгон) у другого берега, т. е. водная поверхность приобретает характерный перекося вследствие перемещения огромных масс воды под действием ветра от одного берега водохранилища к другому. Следствием перекося уровня воды является градиентное течение, направленное противоположно вызвавшему его дрейфовому течению. Сгонно-нагонные явления резко проявляются на мелководных водохранилищах, их продолжительность бывает от нескольких часов до нескольких дней [11, 12]. В Беларуси сгонно-нагонные явления не оказывают пагубного воздействия на откосы и берега водохранилищ ввиду морфометрических характеристик вышеназванных, а также климатических (ветровых) условий Республики Беларусь. Сгонно-нагонные явления резко проявляются на мелководных крупноплощадных водохранилищах. Это подтверждается исследованиями Е. М. Левкевича [13, 14, 15].

Внутриводоемные течения в водохранилищах не играют той роли, которую ранее играли в водотоке до создания подпорного сооружения, ибо скорости течения в водохранилищах даже во время паводков и половодий весьма малы, лишь в верховье водохранилищ, где имеют место малые глубины и ширины, скорости могут быть относительно большими. Вглубь водохранилища, ниже по течению, скорости становятся все меньше и меньше, а у плотины они обычно ничтожно малы и измеряются величинами порядка 0,1–0,2 м/с [11].

Влияние условий эксплуатации водохранилищ на устойчивость откосов и берегов. Уровенный режим водоема в общем случае определяется видом регулирования, осуществляемым данным объектом. Ключевую роль играют скорость наполнения и сработки.

Уровенный режим характеризуется общим изменением уровней, амплитудой, обеспеченностью (повторяемостью) и длительностью стояния. Водоохранилища гидроэлектростанций (ГЭС), гидроаккумулирующих электростанций (ГАЭС) и в особенности комплексных электростанций, отличаются характером регулирования и, следовательно, степенью воздействия на природу и хозяйство прилегающих районов. Существенные изменения претерпевает также уровенный режим в нижнем бьефе гидроузлов. Эти изменения тем значительней, чем больше полезный объем водохранилища или чем неравномернее режим его эксплуатации [12].

Независимо от вида регулирования амплитуда колебания уровней (разница между наивысшим и наименьшим положением уровней) в условиях большинства водохранилищ Беларуси не превышает 1,5 м, лишь на Вилейском водохранилище она может достигать 3 м.

Все водохранилища Беларуси в зависимости от уровенного режима в верхнем бьефе (ВБ) делятся на две группы: а) первая – водоемы с амплитудой колебания уровня в безледный период более 0,5 м и малой обеспеченностью отметок верхнего бьефа (ВБ) близких к отметкам нормального подпорного уровня (НПУ) (водоемы многолетнего и сезонного регулирования); б) вторая – водоемы с малыми колебаниями уровней в безледный период (0,1–0,5 м), но большой обеспеченностью отметок близких к НПУ (водоемы сезонного, недельно-суточного, суточного регулирования, а также наливные) [6].

Ледово-термические явления на водохранилищах значительно отличаются от аналогичных явлений на незарегулированных реках (свободных реках). Образование ледяного покрова на поверхности водоема задерживают ветры, которые вызывают волнение, они же в свою очередь и ускоряют освобождение водохранилища от льда. Период установления сплошного ледяного покрова (ледостава) на водоемах всегда больше, чем на водотоках. На водохранилищах лед обычно задерживается и тает на месте в отличие от рек. Глобальные климатические изменения в последние годы приводят к тому, что зима становится короткой, теплой и практически бесснежной, если раньше ледовый покров задерживался в среднем на 4,5 месяца, то теперь этот период составляет порядка от 1 до 1,5 месяцев. Это позволяет в ряде случаев пренебрегать воздействиями льда в качестве статических и динамических нагрузок (нагрузки на сооружения от сплошного ледяного покрова при его температурном расширении, нагрузки на сооружения от ледяных полей, движущихся льдин, нагрузки от примерзшего к сооружению ледяного покрова при изменении уровня воды и т. д.).

Гидрогеологические условия. Искусственные водоемы, создаваемые в результате строительства гидроэлектростанций, технологические водоемы теплоэлектростанций (ТЭЦ) и атомных электростанций (АЭС) и т. д., всегда вступают в сложные и разнообразные взаимодействия с подземными водами. По отношению к водоему такое взаимодействие определяет его инфильтрацию (подземный сток из водохранилища) и фильтрацию (подземный сток в водохранилище), которая бывает временной и постоянной. Практически все водохранилища в республике «принимают» грунтовые воды, т. е. они являются дренами грунтовых вод, что в свою очередь прямо влияет на устойчивость непроницаемых креплений.

Также необходимо учитывать классификации по *геоморфологическому признаку*, т. е. процессу переработки берегов в зависимости от грунтов, которые слагают берега [2].

Анализ существующих способов креплений откосов подпорных сооружений и берегозащиты. Проведя сравнительный анализ традиционных и инновационных способов защиты откосов подпорных сооружений и берегов на основе натуральных стационарных наблюдений и экспедиционных обследований, а также литературных источников, было выделено несколько основных групп.

1. По характеру взаимодействия с водным потоком берегоукрепительные сооружения подразделяются на *активные*, использующие энергию потока для намыва и сохранения береговых наносов, оказывающие заметное влияние на гидравлическую структуру потока в районе берега (буны, шпоры, волнорезы (молы, волноломы) и т. д.) и *пассивные*, противостоящие водному потоку за счет прочности своей конструкции и лишь защищающие береговой откос от размыва (бетонные и железобетонные плиты, каменная наброска и др.).

Активные берегоукрепительные сооружения практически не используются в Беларуси ввиду малых плановых размеров водоемов. Такие сооружения применены лишь на водохранилищах: Заславское, Вилейское, Погост, Солигорское и некоторых др.

2. Второе условное принятое нами деление всех креплений на – проницаемые или непроницаемые типы. По нашему мнению, проницаемость крепления

является ключевой характеристикой, которая в свою очередь прямо влияет на устойчивость сооружения.

3. Немаловажным критерием при классификации является гибкость (полностью отсутствующая или малая) тела крепления и его деформируемость.

Практика эксплуатации креплений показала, что жесткие железобетонные конструкции не решают проблему эффективной защиты берегов, в худшем положении оказываются именно те участки побережья водных объектов, где проводилось активное берегоукрепление с применением железобетона. Причина этого состоит в том, что внедрение жестких конструкций в береговую зону приводит к существенной перестройке всей системы взаимосвязей и взаимозависимостей гидро- и литодинамических процессов [2, 6, 11, 16]. Установлено, что наиболее распространенными креплениями берегов и откосов в Беларуси являются железобетонные монолитные либо сборные плиты. Определено, что деформации креплений представлены раскрытием межплиточных строительных, температурных и осадочных швов (зарегистрирована ширина раскрытия до 0,35 м), которые развиваются под комплексным воздействием ветрового волнения, колебания уровней и других факторов.

Данные выводы основаны на многолетнем опыте эксплуатации и обследований ГТС.

Критериям проницаемости и гибкости соответствуют:

1. Каменные наброски и каменные наброски, покрытые полиуретановыми составами [6, 17, 18].

2. Матрачно-тюфячные габионы.

3. Гибкие бетонные покрытия (ГБП).

4. Геоматы, геомембраны и георешетки в сочетании с креплениями из каменной наброски, залужения и т. д.

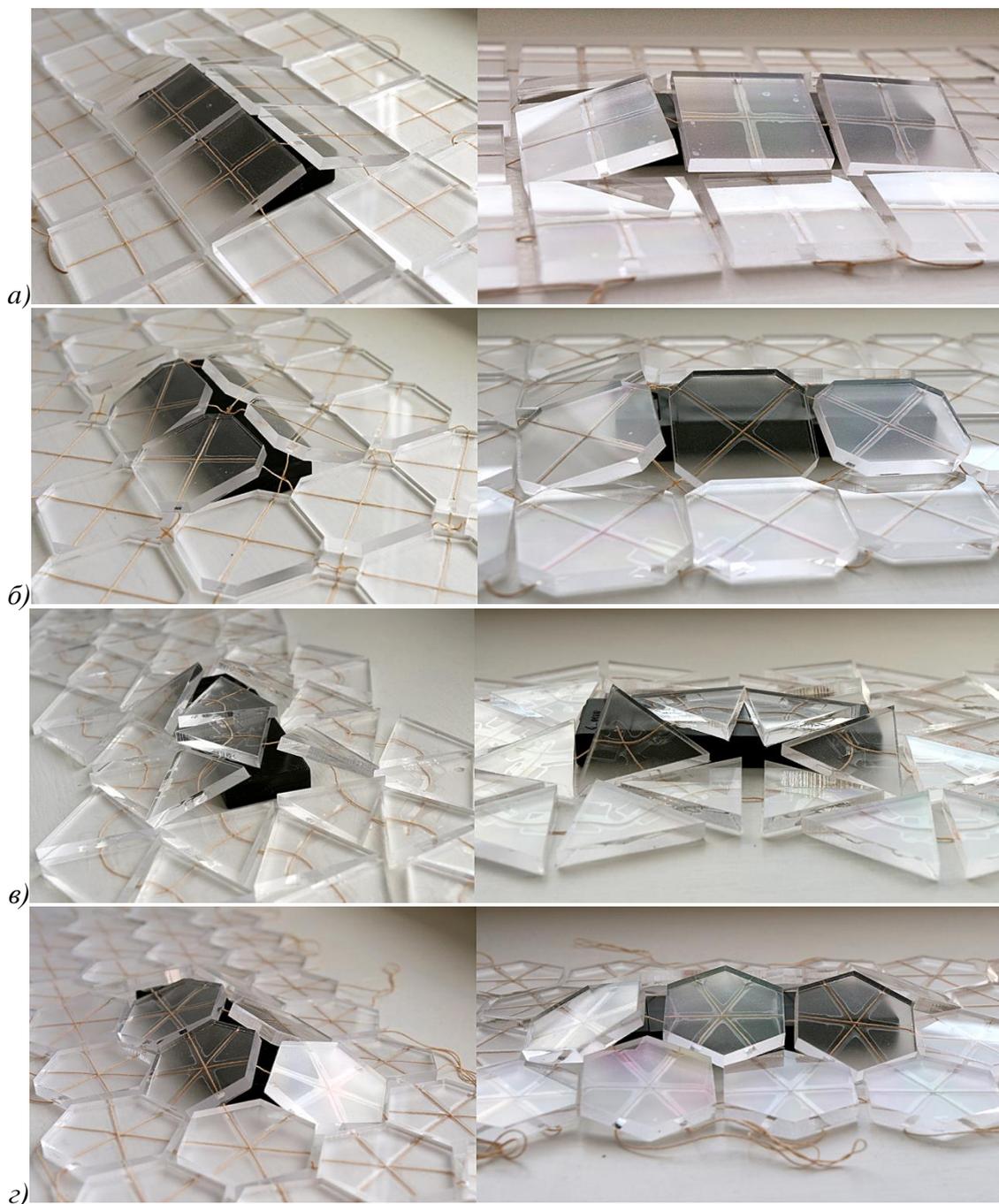
5. Другие набросные и насыпные крепления (тетраподы, отсыпки из отработанных железобетонных конструкций и т. д.).

6. Инженерно-биологические способы защиты.

Каждый тип крепления из вышеупомянутых имеет свои слабые и сильные стороны, а также ограничения к применению. Инженерно-биологические способы защиты применимы лишь при высоте волн до 0,5–0,7 м [6, 19, 20]. Матрачно-тюфячные габионы подвержены разрушению и полной потери устойчивости в холодном климате, разрушение происходит при высокой степени смерзания ледового поля с заполнителем и проволочными каркасами, также подвергаются коррозии сетчатые конструкции, однако сейчас находят место полимерные сетчатые каркасы. Крепления из каменных набросок подвержены разрушениям при подвижках ледового покрова, а вследствие водопроницаемости покрытия происходит постепенное вымывание обратного фильтра, а затем и размыв берега [16]. Гибкие бетонные покрытия обладают незначительными прогибами и не могут полностью покрыть изгибы защищаемой поверхности. Стальные соединительные канаты подвержены коррозии, но в данный момент этот недостаток решен за счет применения полимерных канатов.

На основании вышесказанного было выполнено упрощенное и укрупненное макро моделирование, которое представляло из себя гибкие бетонные маты (ГБМ) из квадратных блоков, соединенных двумя разными способами, а также

треугольных и шестиугольных блоков. Визуализация принципиальной работы гибких креплений из элементов различной конфигурации показана ниже на рисунке 1.



а) квадратные блоки, соединенные по центрам сторон между собой; б) квадратные блоки, соединенные по углам; в) треугольные блоки, соединенные по центрам сторон; г) шестиугольные блоки, соединенные по центрам сторон

Рисунок 1 – Крепления из различных блоков

Моделирование подтвердило и показало, что «классические» ГБМ из квадратных блоков не могут полностью покрыть изгибы защищаемой поверхности, а связи блоков по углам не дали никакого преимущества, а наоборот, повлияли на жесткость конструкции в худшую сторону. Треугольные блоки не показали своей эффективности ввиду «расхлябанности» конструкции, это связано

со способом их соединения между собой (середины сторон) и количеством связей (трех). Самым эффективным типом, как и ожидалось, стали шестиугольные блоки, они обладают лучшей покрывной способностью, чем привычные квадратные блоки, это связано, как с их «уплотненной» формой, так и количеством связей, т. е. такие блоки более эффективны на полигональных поверхностях, коими берега водоемов и являются. Это и подтвердили публикации о ряде объектов с применением ГБМ из шестиугольных блоков в Канаде.

Хоть ГБМ нельзя назвать инновационным типом крепления, однако на данный момент нет простой и удобной методики расчета для определения устойчивости такого покрытия, а влиянием гидрогеологического режима основания в принципе пренебрегают, равно как и устойчивостью такого крепления на откосе, если традиционный обратный фильтр в виде слоев из каменной наброски заменяется на геосинтетические материалы.

Заключение

Выделены основные факторы и условия, влияющие на абразию берегов водохранилищ и крупных естественных водоемов в условиях Республики Беларусь.

Проведен анализ традиционных способов крепления берегов и откосов, применяемых в Беларуси, а также инновационных, выявлены перспективные способы крепления.

На основе физического имитационного моделирования определена наиболее эффективная конструкция гибкого крепления откосов подпорных сооружений и берегов в условиях Беларуси.

Список цитированных источников

1. Левкевич, В. Е. Инженерная защита и мониторинг прибрежной зоны водохранилищ Беларуси / В. Е. Левкевич. – Минск : Право и экономика, 2020. – 150 с.
2. Авакян, А. Б. Водохранилища / А. Б. Авакян, В. П. Салтанкин, В. А. Шарапов. – М. : Мысль, 1987. – 323 с.
3. Левкевич, В. Е. Инженерно-геологическое районирование территории Беларуси по развитию переработки берегов и откосов дамб и плотин на водохранилищах / В. Е. Левкевич, В. В. Кобяк, А. В. Бузук // Анализ, прогноз и управление природными рисками с учетом глобального изменения климата ГЕОРИСК-2018 : материалы X Междунар. науч.-практич. конф. по проблемам снижения природных опасностей и рисков, 23–24 окт. 2018 г., г. Москва : в 2 т. ; отв. ред. Н. Г. Мавлянова. – М. : РУДН, 2018. – Т. 1. – С. 204–209.
4. Водохранилища Беларуси // Респ. центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды Минприроды Респ. Беларусь [сайт]. – URL: <https://rad.org.by/articles/voda/vodohranilischa-belarusi.html> (дата обращения: 03.08.2024).
5. Водохранилища Беларуси : справочник ; под общ. ред. М. Ю. Калинина / ЦНИИ комплексного использования водных ресурсов Минприроды Респ. Беларусь. – Минск : Полиграфкомбинат, 2005. — 182 с.
6. Левкевич, В. Е. Крепление берегов и верховых откосов подпорных сооружений гидроузлов Беларуси / В. Е. Левкевич. – Минск : БНТУ, 2019. – 172 с.
7. Левкевич, В. Е. Устойчивость берегозащитных и берегоукрепительных сооружений водохранилищ Беларуси / В. Е. Левкевич. – Минск : Право и экономика, 2019. – 160 с.
8. Богославчик, П. М. Проектирование и расчеты гидротехнических сооружений : учеб. пособ. для студентов учрежд. Высш. Образ. по специальностям Строительство тепловых и атомных электростанций, Водохозяйственное строительство, Водоснабжение, водоотведение и охрана водных ресурсов / П. М. Богославчик, Г. Г. Круглов. – Минск : Вышэйшая школа, 2018. – 365 с.

9. Левкевич, В. Е. Масштабы и динамика развития экзогенных процессов на водохранилищах Беларуси // Геология и минерально-сырьевые ресурсы запада Восточно-Европейской платформы: проблемы изучения и рационального использования : материалы Междунар. науч. конф., посвящ. 215-летию со дня рождения И. Домейко, 31 июля – 3 авг. 2017 г., г. Минск ; редкол. : А. К. Карабанов (отв. ред.) [и др.]. – Минск, 2017. – С. 123–130.

10. Руководство по проектированию береговых укреплений на внутренних водоемах / Гос. респ. проект. ин-т Гипрокоммунстрой. – М. : Стройиздат, 1984. – 110 с.

11. Пышкин, Б. А. Динамика берегов водохранилищ / Б. А. Пышкин. – Киев : Наукова думка, 1973. – 416 с.

12. Авакян, А. Б. Водоохранилища гидроэлектростанций СССР / А. Б. Авакян, В. А. Шараров. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Энергия, 1968. — 384 с.

13. Левкевич, Е. М. Некоторые особенности ветрового волнения на водоемах с малыми разгонами волн / Е. М. Левкевич, В. Н. Юхновец // Водное хозяйство Белоруссии / Белорусский государственный политехнический институт. – Минск : Вышэйшая школа, 1973. – Вып. 3.– С. 144–147.

14. Левкевич, Е. М. К расчету высоты ветровой волны на водохранилищах с малой длиной разгона / Е. М. Левкевич, В. Н. Юхновец // Водное хозяйство Белоруссии / Белорусский государственный политехнический институт. – Минск : Вышэйшая школа, 1974. – Вып. 4. – С. 90 – 93.

15. Левкевич, Е. М. Длина и период ветровых волн на малых водохранилищах / Е. М. Левкевич, В. Н. Юхновец // Водное хозяйство Белоруссии : респ. межведомств. сб. науч. трудов / Белорусский гос. политехнич. ин-тут. – Минск : Вышэйшая школа, 1975. – Вып. 5. – С. 100–107.

16. Черных, О. Н. Инженерная защита при создании водохранилищ от абразии и перестроения берегов : метод. указания / О. Н. Черных, Я. Ю. Бурлаченко. — М. : РГАУ – МСХА им. К. А. Тимирязева, 2024.– 77 с.

17. Elastocoast® (PU) – The revetment that protects // BASF – Global : [web site]. – (Performance Polymers). – URL: https://plastics-rubber.basf.com/global/en/performance_polymers/products/elastocoast.html (дата обращения: 03.08.2024).

18. Кантаржи, И. Г. Накат волн на проницаемые закрепленные откосы / И. Г. Кантаржи, С. Л. Кивва, Н. В. Шунько // Инженерно-строительный журнал. – 2014. – № 6. – С. 13–23.

19. Богославчик, П. М. Гидротехнические сооружения : курс лекций для студентов высш/учеб/ заведений спец-ти 1-70 04 03 Водоснабжение, водоотведение и охрана водных ресурсов / П. М. Богославчик // Мин-во образования Респ. Беларусь, Белорусский нац. технич. ун-тет, каф. гидротехнич. и энергетич. строит-ва». – 2-е изд., испр. – Минск : БНТУ, 2014. – 221 с.

20. Кукреш, А. С. Основы инженерной биологии и ландшафтоведение: учебно-методич. комплекс для студентов высш. сельскохоз. учеб. заведений спец-ти 1-74 04 01 сельское строит-во и обустройство территорий / А. С. Кукреш, В. И. Желязко, Т. Д. Лагун. – Горки : БГСХА, 2010. – 118 с.

References

1. Levkevich, V. E. Inzhenernaya zashchita i monitoring pribrezhnoj zony vodohranilishch Belarusi / V. E. Levkevich. — Minsk : Pravo i ekonomika, 2020. — 150 s. : il., cv. il., tabl., karty, skhemy ; 21 sm.

2. Avakyan A. B. Vodohranilishcha / A. B. Avakyan, V. P. Saltankin, V. A. SHarapov. — Moskva : Mysl', 1987. — 323, [2] s. : il., kart. ; 27 sm. — (Priroda mira).

3. Levkevich, V. E. Inzhenerno-geologicheskoe rajonirovanie territorii Belarusi po razvitiyu pererabotki beregov i otkosov damb i plotin na vodohranilishchah / V. E. Levkevich, V. V. Kobyak, A. V. Buzuk // Analiz, prognoz i upravlenie prirodnyimi riskami s uchetom global'nogo izmeneniya klimata «GEORISK - 2018» : materialy X Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii po problemam snizheniya prirodnyh opasnostej i riskov, Moskva, 23-24 oktyabrya 2018 g.: v 2 t. / otv. red. N. G. Mavlyanova. – Moskva : Izdatel'stvo RUDN, 2018. – T. 1. – S. 204-209.

4. Vodohranilishcha Belarusi [Elektronnyj resurs] // GU «Respublikanskij centr po gidrometeorologii, kontrolyu radioaktivnogo zagryazneniya i monitoringu okruzhayushchej sredy» Minprirody Respubliki Belarus'. — Rezhim dostupa: <https://rad.org.by/articles/voda/vodohranilishcha-belarusi.html>. — Data dostupa: 03.08.2024.

5. Vodohranilishcha Belarusi : spravochnik / [M.YU.Kalinin i dr. ; pod obshej redakciej M.YU.Kalinina] ; Ministerstvo prirodnyh resursov i ohrany okruzhayushchej sredy, RUP «Central'nyj nauchno-issledovatel'skij institut kompleksnogo ispol'zovaniya vodnyh resursov». — Minsk : Poligrafkombinat, 2005. — 182 s., [8] l. il. ; 25 sm.
6. Levkevich, V. E. Kreplenie beregov i verhovyyh otkosov podpornyyh sooruzhenij gidrouzlov Belarusi / V. E. Levkevich. — Minsk : BNTU, 2019. — 172 s.
7. Levkevich, V. E. Ustojchivost' beregozashchitnyh i beregoukrepitel'nyh sooruzhenij vodohranilishch Belarusi / V. E. Levkevich. - Minsk : Pravo i ekonomika, 2019. - 160 s.
8. Bogoslavchik, P. M. Proektirovanie i raschety gidrotekhnicheskikh sooruzhenij : uchebnoe posobie dlya studentov uchrezhdenij vysshego obrazovaniya po special'nostyam «Stroitel'stvo teplovyh i atomnyh elektrostancij», «Vodohozyajstvennoe stroitel'stvo», «Vodosnabzhenie, vodoootvedenie i ohrana vodnyh resursov» / P. M. Bogoslavchik, G. G. Kruglov. — Minsk : Vyshejschaya shkola, 2018. — 365, [1] s. : il., tabl. ; 21 sm.
9. Levkevich, V. E. Masshtaby i dinamika razvitiya ekzogennyh processov na vodohranilishchah Belarusi // Geologiya i mineral'no-syr'evye resursy zapada Vostochno-Evropejskoj platformy: problemy izucheniya i racional'nogo ispol'zovaniya : materialy Mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii, posvyashchennoj 215-letiyu so dnya rozhdeniya I. Domejko, Minsk, 31 iyulya — 3 avgusta 2017 g. / [redkollegiya: A. K. Karabanov (otvetstvennyj redaktor) i dr.]. — Minsk, 2017. — S. 123-130.
10. Rukovodstvo po proektirovaniyu beregovyyh ukreplenij na vnutrennih vodoemah / Gos. resp. proekt. in-t «Giprokommunstroj». — Moskva : Strojizdat, 1984. — 110 s. : il. ; 20 sm.
11. Pyshkin, B. A. Dinamika beregov vodohranilishch / B. A. Pyshkin. — Kiev : Naukova dumka, 1973. — 416 s.
12. Avakyan, A. B. Vodohranilishcha gidroelektrostancij SSSR / A. B. Avakyan, V. A. SHarpov. — 2-e izd., pererab. i dop. — Moskva : Energiya, 1968. — 384 s. : il. ; 22 sm.
13. Levkevich, E. M. Nekotorye osobennosti vetrovogo volneniya na vodoemah s malymi razgonami voln / E. M. Levkevich, V. N. YUhnovec // Vodnoe hozyajstvo Belorussii / Belorusskij gosudarstvennyj politekhnicheskij institut. — Minsk : Vyshejschaya shkola, 1973. — Vyp. 3. — S. 144-147.
14. Levkevich, E. M. K raschetu vysoty vetrovoj volny na vodohranilishchah s maloj dlinoj razgona / E. M. Levkevich, V. N. YUhnovec // Vodnoe hozyajstvo Belorussii / Belorusskij gosudarstvennyj politekhnicheskij institut. — Minsk : Vyshejschaya shkola, 1974. — Vyp. 4. — S. 90 — 93.
15. Levkevich, E. M. Dlina i period vetrovyh voln na malyyh vodohranilishchah / E. M. Levkevich, V. N. YUhnovec // Vodnoe hozyajstvo Belorussii : respublikanskij mezhvedomstvennyj sbornik nauchnyh trudov / Belorusskij gosudarstvennyj politekhnicheskij institut. — Minsk : Vyshejschaya shkola, 1975. — Vyp. 5. — S. 100-107.
16. CHernyh, O. N. Inzhenernaya zashchita pri sozdanii vodohranilishch ot abrazii i pereformirovaniya beregov : metod. ukazaniya / O. N. CHernyh, YA. YU. Burlachenko. — Moskva : RGAU – MSKHA im. K. A. Timiryazeva, 2024. — 77 s.
17. Elastocoast® (PU) – The revetment that protects [Elektronnyj resurs] // BASF – Global : [veb-sajt]. — (Performance Polymers). — URL: https://plastics-rubber.basf.com/global/en/performance_polymers/products/elastocoast.html (data obrashcheniya: 03.08.2024).
18. Kantarzhi, I. G. Nakat voln na pronicaemye zakreplennyye otkosy / I. G. Kantarzhi, S. L. Kivva, N. V. SHun'ko // Inzhenerno-stroitel'nyj zhurnal. — 2014. — № 6. — S. 13 — 23.
19. Bogoslavchik, P. M. Gidrotekhnicheskie sooruzheniya : kurs lekcij dlya studentov special'nosti 1-70 04 03 «Vodosnabzhenie, vodoootvedenie i ohrana vodnyh resursov» vysshih uchebnyh zavedenij / P. M. Bogoslavchik ; Ministerstvo obrazovaniya Respubliki Belarus', Belorusskij nacional'nyj tekhnicheskij universitet, Kafedra «Gidrotekhnicheskoe i energeticheskoe stroitel'stvo». — 2-e izd., ispravlennoe. — Minsk : BNTU, 2014. — 221, [1] s. : il., tabl. ; 21 sm.
20. Kukresh, A. S. Osnovy inzhenernoj biologii i landshaftovedenie: uchebno-metodicheskij kompleks dlya studentov vysshih sel'skohozyajstvennyh uchebnyh zavedenij special'nosti 1-74 04 01 «Sel'skoe stroitel'stvo i obustrojstvo territorij» / A. S. Kukresh, V. I. ZHelyazko, T. D. Lagun. — Gorki : BGSKHA, 2010. — 118 s.