

КРИТЕРИИ РАЦИОНАЛЬНОГО РАЗМЕЩЕНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОДОЗАБОРОВ НА ВОДОХРАНИЛИЩАХ БЕЛАРУСИ И ТАДЖИКИСТАНА

В. Е. Левкевич¹, Ф. Н. Саидов²

¹ Д. т. н., профессор, профессор кафедры водоснабжения и водоотведения
Белорусского национального технического университета, Минск, Беларусь, e-mail: v.lev2014@mail.ru
² Магистр технических наук, аспирант кафедры водоснабжения и водоотведения
Белорусского национального технического университета, Минск, Беларусь, e-mail: faromuzsaidov95@gmail.com

Реферат

В условиях водохранилищ как Беларуси, так и Таджикистана, широко используются поверхностные водозаборные сооружения. Условия эксплуатации водозаборов в Беларуси и Таджикистане отличаются в связи с различием гидродинамического режима и динамики процессов разрушения берегов и вдоль берегового перемещения наносов. В статье на основе данных натурных исследований определены критерии для рационального размещения поверхностных водозаборов с учетом гидродинамики водоема и экспериментальных зависимостей по расчету расхода наносов.

Ключевые слова: поверхностный водозабор, водохранилище, гидродинамический режим, расход наносов, зонирование.

CRITERIA FOR RATIONAL SITING OF SURFACE WATER INLETS AT RESERVOIRS OF BELARUS AND TAJIKISTAN

V. E. Levkevich, F. N. Saidov

Abstract

In the conditions of reservoirs in both Belarus and Tajikistan, surface water intake structures are widely used. The operating conditions of water intakes in Belarus and Tajikistan differ due to the difference in the hydrodynamic regime and dynamics of the processes of coastal destruction and alongshore sediment movement. In the article, on the basis of field research data, criteria for the rational placement of surface water intakes, taking into account the hydrodynamics of the reservoir and experimental dependences for calculating sediment discharge, are determined.

Keywords: surface water intake, reservoir, hydrodynamic regime, sediment discharge, zoning.

Введение

В условиях водохранилищ Беларуси и Таджикистана широко применяются поверхностные водозаборы. Использование поверхностных водозаборов позволяет обеспечивать объекты народного хозяйства водой соответствующего качества. Водохранилища предназначены и используются для различных хозяйственных целей: водоснабжения (питьевого и технического), орошения, мелиорации, гидроэнергетики, рыборазведения, транспорта и рекреации. При эксплуатации водозаборов со временем возникают проблемы, связанные с занесением приемных ковшей наносами. Часто эта проблема возникает при неправильном размещении водозабора или с нарушением нормативных требований. В статье на основе совместных данных исследований по водозаборам Беларуси и Таджикистана рассмотрены условия их эксплуатации и предложены критерии рационального размещения поверхностных водозаборов с учетом

гидрологических особенностей водохранилищ Беларуси и Таджикистана.

Общая характеристика поверхностных водозаборов Беларуси и Таджикистана

В зависимости от назначения и потребителя водных ресурсов, а также условий водоотбора, могут использоваться поверхностные водозаборы совмещенного или раздельного типов. В Беларуси и Таджикистане в равнинных условиях применяются поверхностные водозаборы совмещенного и раздельного типа, а в предгорных и горных условиях преимущественно башенного раздельного типа (рисунок 1).

Схема расположения поверхностных водозаборов в бассейне р. Сырдарья (Таджикистан) и водохранилищах приведена ниже на рисунке 2 [1].



Нурекский гидроузел.
Водозабор горный, башенного типа



Кайраккумский гидроузел.
Водозабор равнинный, совмещенного типа

Рисунок 1 – Поверхностные водохранилищные водозаборы Таджикистана

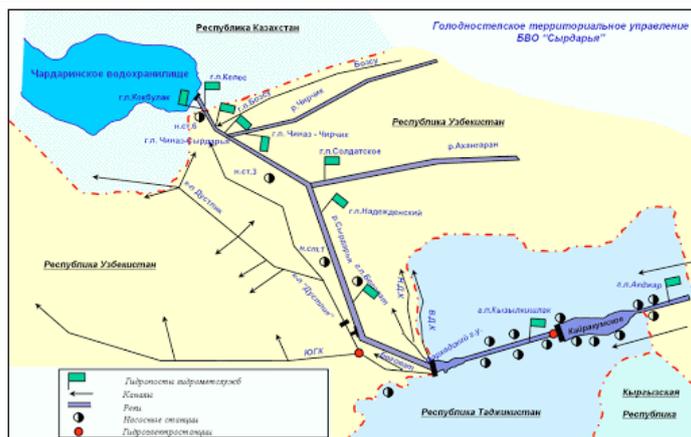


Рисунок 2 – Схема расположения поверхностных водозаборов на территории Таджикистана (бассейн р.Сырдарья)

В общем случае выбор типа водозаборного сооружения и его размещение определяется как гидрологическими, так и геоэкологическими характеристиками поверхностного водоисточника – водохранилища и его морфометрическими параметрами. В соответствии с требованиями проектирования место расположения водозабора в идеальных условиях должно отвечать следующим условиям:

- располагаться на кратчайшем расстоянии от потребителя воды (городской застройки или промпредприятий);
- находиться выше города, промышленных предприятий и других потенциальных источников загрязнения воды;
- находиться на устойчивом (в геодинамическом плане) участке береговой линии водного объекта вне зоны абразии (переработки) берега, образования транзита и аккумуляции наносов;
- обеспечивать возможность устройства зон санитарной охраны водозаборов.

Анализ условий расположения поверхностных водохранилищных водозаборов Беларуси и Таджикистана показал, что: требования 1,2 и 4 как правило соблюдаются практически повсеместно. Что касается требования 3, то оно в ряде случаев не всегда выполняется из-за развития береговых процессов – наличия процесса абразии (переработки) берегов, которая ведет к образованию вдольберегового перемещения наносов. Учитывая, что в русловых водохранилищах, особенно это касается равнинных, независимо от их географического расположения, активная переработка берегов и перемещение наносов происходит именно в приплотинной наиболее широкой части водоема, выполнение пункта 3 в ряде случаев бывает проблематичным. К примеру несоблюдения пункта 3 в условиях Беларуси можно отнести расположение водозабора рыбхоза на Осиповичском водохранилище, который размещен непосредственно рядом с участком переработки берега [2,3].

Большинство созданных на водохранилищах Беларуси водозаборов расположены в приплотинной части водоемов при этом конструктивно все они подразделяются на *раздельные* и *совмещенные* [4]. Такие водозаборы расположены на водохранилищах Любанском, Млынокском, Осиповичском и других (рисунок 3). В Таджикистане такие водозаборы применяются на Кайракумском водохранилище. В этих водозаборах насосная станция подъема конструктивно отделена от берегового колодца.

Береговые же водозаборы совмещенного типа с насосными станциями устраивают, как правило, при больших производительностях и расходах. В качестве характерных примеров привести комплексный водозабор, расположенный на правом берегу водохранилища Дрозды, используемый для водоснабжения г. Минска, а также водозаборы на Жодинском водохранилище, Лукомльской ГРЭС и ряде др. (рисунок 3).

Кроме указанных видов водозаборов существуют поверхностные водозаборы с так называемым «прямым отбором» воды для обеспечения рыбхозов, мелиоративных объектов, а также малых ГЭС. К таким сооружениям относятся водозаборы на водохранилищах: Любанском, Локтыши, Погост, Селец, Дубровском и других. Следует также отметить, что ряд водохранилищ наливного типа (Муровно,

Локтыши, Любашевское Ельское, Большие Орлы, Малые Автюки, Смолевичское) оснащаются насосными станциями (НС) двойного действия, которые в весенний период служат для наполнения водоема, а в период межени – для орошения, обводнения и водоснабжения. Все конструкции насосной станции служат в этом случае в качестве водозабора раздельного типа. Аналогичные технические и технологические решения применяются и в Таджикистане.



Водозабор на Млынокском водохранилище



Водохранилище ТЭЦ-2

Рисунок 3 – Водозаборы совмещенного типа на водохранилищах Беларуси

Ниже в таблице 1 приведена характеристика некоторых эксплуатируемых водозаборов на водохранилищах Беларуси. В таблице 2 даны сведения о водохранилищах Таджикистана, используемых для орошения, ирригации и обводнения, на которых расположены водозаборы.

Таблица 1 – Сведения о существующих водозаборах на водохранилищах Беларуси

Водохранилище	Водоток	Объем, млн м ³		Регулирование	Тип водозабора	Назначение водохранилища*	Год ввода в экспл.
		Полн.	Полез.				
Чижовское	р. Свислочь	5,6	2,5	сезонное	раздельный	Э, В	1956
Солигорское	р. Случь	42,0	27,2	многолетнее	совмещен.	И, Э, В, РБ	1967
Осиповичское	р. Свислочь	17,5	12,0	суточное	раздельный	Э, РБ	1954
Млынокское	р. Млынок	2,3	1,9	сезонное	раздельный	И,Р	1980
Жодинское	р. Усяжа	4,40	1,2	сезонное	совмещен.	Э, В	1967
Дрозды	р. Свислочь	5,75	2,2	сезонное	совмещен.	Э,В,Р	1976
Водоохран. ТЭЦ2	р. Свислочь	1,2	0,4	суточное	раздельный	Э,В	1957
Любанское	р. Случь	39,54	21,3	сезонное	раздельный	РБ,И	1967
Дубровское	р. Усяжа	22,4	12,0	сезонное	раздельный	Э,В,Р	1985

Таблица 2 – Сведения о действующих водозаборах и водохранилищах Таджикистана [5]

Водохранилище	Водоток	Объем млн м ³		Регулирование	Тип водозабора	Назначение водохранилища*	Год ввода в экспл.
		Полн.	Полезн.				
Фархадское	р. Сырдарья	330	–	суточное	раздельный	И,Э,Р,В	1948
Кайракумское	р. Сырдарья	4160	2600	сезонное	совмещен.	И, Э, Р,	1956
Каттасайское	р. Каттасай	55	36,6	сезонное	раздельный	И,С,Р,В	1966
Нурекское	р. Вахш	10500	4500	сезонное	раздельный	Э,И,В,Р	1983
Головное	р. Вахш	94,5	20,0	суточное	раздельный	И,Э,В,Р	1962
Муминабадское	р. Обисурх	31	30	сезонное	раздельный	И,В,Р	1959
Сельбурское	р. Кызылсу	20,7	17	сезонное	раздельный	И,В,Р,С	1966
Байпазинское	р. Вахш	125	87	сезонное	раздельный	И,В,Р	1989
Даганасайское	р. Даганасай	28	14	сезонный	раздельный	И,В,С	1983

Примечание: В – водоснабжение, И – ирригация, Э – энергетика, Р – рекреация, С – селезащита, РБ – рыборазведение. Последние 3 вида использования являются сопутствующими основным.

Комплексные исследования процесса формирования и динамики берегов водохранилищ [2,3] показали, что объемы переработки – разрушения естественных берегов водохранилищ, попадая в прибрежную зону под действием ветрового волнения и вдольбереговых течений, ледовых явлений перемещаются в виде потока наносов, откладываясь и накапливаясь, образуют разнообразные аккумулятивные формы. Наносы, перемещаемые вдоль берега, попадая в приемные ковши водозаборов, снижают производительность насосного оборудования и затрудняют эксплуатацию последних (рисунок 4).



Рисунок 4 – Вдольбереговое перемещение наносов и аккумуляция продуктов абразии. Петровичское водохранилище (Беларусь) и Кайракумское (Таджикистан) водохранилище

Проведенные натурные исследования режима движения наносов в береговой зоне водохранилищ [2,3,6] позволили установить, что под воздействием ветрового волнения в приузловой зоне происходит естественная сортировка частиц по крупности и их дифференциация по неоднородности. Ширина зоны вдольберегового перемещения и сортировки наносов в условиях водохранилищ Беларуси

составляет 2,0–10,0 м от границы уреза [2, 3]. Экспериментальные исследования в береговой зоне водохранилищ Таджикистана показали, что на равнинных водохранилищах ширина зоны транспортировки наносов составляет от 10 до 30м (рисунок 4), а в горных условиях соизмерима с масштабом аккумулятивных образований на водохранилищах Беларуси.

Ранее по результатам натурных экспериментов [3] была получена эмпирическая зависимость для расчета суммарного объема стока наносов (ΔQ_{xt}), приведенная к единичной ширине береговой отмели (l_x). Дальнейшие исследования показали, что в нее должна быть внесена поправка, учитывающая уменьшение периода ледостава и увеличение срока воздействия ветрового волнения за счет глобального потепления:

$$\Delta Q_{xt} = 0,137 \cdot 10^{-5} l_x h_{1\%}^2 (Tn + \Delta T n_1), \quad (1)$$

где $h_{1\%}$ – высота волны 1% – ой обеспеченности, м,

Tn – длительность безледного периода, принимаемая для водохранилищ, созданных с 1955 по 2000 годы, сут.,

ΔT – дополнительная длительность безледного периода для водохранилищ, созданных с 2001 по 2021 годы, сут., обусловленные глобальным потеплением и увеличивающимся сроком безледоставного периода,

n – количество лет эксплуатации водохранилища до потепления,

n_1 – количество лет эксплуатации водохранилища при потеплении.

Стационарные наблюдения за ветровым волнением, проведенные на Заславском водохранилище (Республика Беларусь), позволили установить, что характерным для водоемов Беларуси является высокая повторяемость волн высотой 0,1–0,3 м (при длине разгона волны до 2500 м и средней скорости ветра 0,5 м/с). Наиболее интенсивное ветровое волнение развивается в период август–сентябрь. Высота волн $h_{1\%}$ при длине разгона до 5000 м при этом может достигать 1,2 м [2]. Для русловых водохранилищ равнинного типа (например, Заславское), где соблюдается отношение ($h_{1\%} / h_L < 0,1$), высота волны определяется по формуле:

$$h_{1\%} = f(w_{10}^2 / g)k_L, \quad (2)$$

где $h_{1\%}$ – 1%-я высота волны в режиме, м;
 h_L – средняя глубина водоема по длине разгона волны, м;
 w_{10} – скорость ветра на высоте 10 м над земной поверхностью, м/с;
 g – ускорение свободного падения, м/с²;
 k_L – эмпирический коэффициент, принимаемый в зависимости от длины разгона волны L_p по [2,6,7–10].

Подставляя выражение (2) в (1), имеем:

$$\Delta Q_{xt} = 0,137 \cdot 10^{-5} k_x [(w_{10}^2 / g) k_L]^2 (Tn + \Delta T n_1). \quad (3)$$

Аналогичная эмпирическая зависимость по расчету суммарного объема стока наносов (ΔQ_{xt}) характерна и для водохранилищ Таджикистана. Однако полученный эмпирический коэффициент для условий Средней Азии имеет отличные значения от регионов Беларуси и при этом его значения колеблются для равнинных и предгорных водохранилищ Таджикистана от 0,137 до 0,377 и более для горных.

Полученная зависимость может быть использована при укрупненной оценке заносимости и заиления приемных колодцев водозаборных сооружений для расчетных высот волн до 1,20 м.

Проведенный анализ гидрологического режима водохранилищ Беларуси позволил получить критерии, определяющие внутриводоемные процессы, влияющие на функционирование и эксплуатацию водозаборов.

Агрегирование стандартных морфометрических характеристик позволило получить критерии, устанавливающие особенности водных

объектов Беларуси и Таджикистана, которые в определенной степени влияют на расположения поверхностных водозаборов [2,7–10]:

- критерий, характеризующий удлиненность водохранилища, $k_y = L/B_{cp}$;
- критерий постоянства уровней в водоеме, $k_{\Delta} = \Delta H_{бл} / H_{cp}$;
- критерий глубинности водоема, $k_{\epsilon} = H_{cp} 10^{-3} / B_{cp}$.

где L – длина водохранилища, м; B_{cp} – средняя ширина водохранилища, м; $\Delta H_{бл}$ – средняя величина колебания уровней верхнего бьефа в безледный период, м; H_{cp} – средняя глубина водохранилища, м.

Ниже в таблице 3 приведены расчетные значения критериев для условий Беларуси. Следует отметить, что приведенные соотношения, рекомендуемые в качестве показателей для размещения водозаборов, характерны и для водохранилищ Таджикистана, хотя масштаб и значения коэффициентов в этом регионе более близкие к крупным водохранилищам стран СНГ (таблица 4) [2].

Распределение приведенных критериев по длине руслового водохранилища позволят найти место рационального расположения водозабора, определяемого с одной стороны требованиями водопотребителя, а с другой – особенностями гидрологического режима водоема с учетом развития берегоформирующих условий, динамики берегов и режима перемещения влекомых наносов в береговой зоне.

Таблица 3 – Морфометрические характеристики водохранилищ Беларуси [2]

Название водохранилища	Полный объем, млн. м	Площадь при НПУ F_n , км ²	Длина L , км	Средняя ширина B_{cp} , км	Средняя глубина H_{cp} , м	Колебания уровня $\Delta H_{бл}$, м	$k_y = L/B_{cp}$	$k_{\Delta} = \Delta H_{бл} / H_{cp}$	$k_{\epsilon} = H_{cp} 10^{-3} / B_{cp}$
Заславское	108,5	31,1	10,0	3,1	3,5	1,2	3,22	0,34	1,1
Осиповичское	17,5	11,87	47,0	0,3	1,8	0,7	17,0	0,39	6,0
Лепельское	45,5	9,75	6,0	1,5	4,4	1,13	4,0	0,25	3,0
Солигорское	42,0	55,0	24,0	1,0	2,5	0,95	24,0	0,38	2,5
Красная Слобода	69,5	23,65	5,5	4,3	3,0	1,40	1,38	0,47	0,7
Чигиринское	62,6	23,4	17,0	1,4	2,7	0,93	12,1	0,34	0,3
Тетеринское	13,8	4,61	3,4	0,5	3,0	0,80	18,8	0,27	0,3
Чижовское	5,6	2,8	6,1	0,5	2,0	0,36	12,2	0,18	4,0
Любашевское	2,0	0,76	1,3	0,55	2,86	0,70	2,4	0,24	5,0
Ключегорское	7,7	5,6	1,3	0,5	1,5	0,76	4,6	0,60	3,0
Селявское	5,6	4,7	3,5	0,7	3,3	0,80	5,0	0,24	4,7
Дружба народов	13,7	8,7	6,1	0,5	5,4	0,4	12,2	0,10	1,1
Петровичское	15,0	4,8	7,8	0,4	3,2	0,7	19,5	0,22	8,0
Дубровское	22,4	3,45	6,5	0,5	6,2	1,2	13,0	0,19	12,4

Таблица 4 – Морфометрические характеристики равнинных водохранилищ стран СНГ [2]

Название водохранилища	Полный объем, млн м ³	Площадь при НПУ F_n , км ²	Длина L , км	Средняя ширина B_{cp} , км	Средняя глубина H_{cp} , м	Колебания уровня $\Delta H_{бл}$, м	$k_y = L/B_{cp}$	$k_{\Delta} = \Delta H_{бл} / H_{cp}$	$k_{\epsilon} = H_{cp} 10^{-3} / B_{cp}$
Рыбинское (Россия)	25420	4550	163	2,8	5,6	4,0	58,2	0,71	2,8
Горьковское (Россия)	8815	1591	427	3,7	7,0	2,0	115,4	0,28	1,9
Куйбышевское (Россия)	58000	6448	650	9,9	8,9	7,5	65,6	0,84	0,9
Волгоградское (Россия)	32120	3309	540	6,1	10,1	3,0	88,5	0,30	1,6
Воткинское (Россия)	9360	1120	360	3,1	13,3	4,0	116,1	0,30	4,2
Цимлянское (Украина)	23860	2702	360	7,5	8,8	5,0	48,0	0,57	1,1
Днепродзержинское (Украина)	2450	567	114	4,0	4,5	0,5	28,5	0,11	1,1
Кременчугское (Украина)	13500	2252	185	3,1	6,0	5,2	59,7	0,87	1,9
Днепровское (Украина)	3300	410	129	3,2	8,1	2,9	40,3	0,40	2,5
Каховское (Украина)	18200	2155	230	9,4	8,5	3,3	24,5	0,40	0,9
Новосибирское (Россия)	8800	1070	238	4,5	8,3	5,0	53,0	0,60	1,8
Павловское (Россия)	1410	117	150	0,8	12,0	11,5	187,5	0,96	15,0
Дубоссарское (Молдова)	486	70	128	0,5	65,0	3,8	256,0	0,55	13,8
Каунасское (Литва)	462	63	83	0,8	7,2	4,0	103,7	0,55	9,0
Плявиньское (Латвия)	630	42	56	0,8	15,0	5,0	70,0	0,33	18,7

Оценка и последующий анализ численных значений предложенных критериев показал, что величина K_y для русловых водохранилищ Беларуси изменяется в пределах 2,4–24,0, тогда как для крупных водохранилищ, в том числе и водохранилищ Таджикистана $K_y = 24,5 - 256,0$. Аналогичные отличия наблюдаются и в соотношениях коэффициентов постоянства уровней: для водоемов Беларуси $k_{\Delta} = 0,18 - 0,60$; для крупных водоемов СНГ $k_{\Delta} = 0,11 - 0,96$, а также: $k_e = 0,30 - 12,4$ для Беларуси, а для больших водохранилищ СНГ $k_e = 0,90 - 18,7$.

Таким образом, было установлено, что предложенные критерии имеют отличия для водохранилищ Беларуси и Таджикистана значения. Эти отличия позволяют говорить об гидролого-морфологических особенностях водохранилищ как Беларуси, так и Таджикистана, которые существенно сказываются на масштабах и динамике переработки берегов и влияют на условия эксплуатации водозаборов.

Полученные критерии позволяют определять в первом приближении места расположения проектируемых водозаборов, для чего используется принцип районирования и зонирования акваторий и побережья водохранилищ с выделением определенных гидрологических зон на акватории водоемов. Выделение зон производится на основе определения соотношения глубин, характерных для каждой из зон.

В публикациях [2,3,7–10] отмечается, что у водоемов руслового типа на акватории ярко выражены три гидродинамические зоны (рисунок 5).

Наблюдения, проведенные авторами как в Беларуси, так и в Таджикистане, показали, что на водохранилищах руслового типа

наибольшая интенсивность и масштабы развития переработки наблюдаются на береговых склонах, сложенных несвязными песчаными грунтами. Деформация и разрушение коренных берегов происходит преимущественно за счет совместного действия ветроволнового и уровневого режимов. Так, общая протяженность разрушаемых склонов в условиях водохранилищ Беларуси составляет приблизительно 25–40 % протяженности всей береговой длины водоема. В условиях же равнинных водохранилищ Таджикистана по примерным оценкам авторов этот показатель выше и составляет более 40 %. В верховьях водохранилищ в некоторых случаях наблюдается проявление русловой эрозии.

Основными критериями рационального расположения проектируемых водозаборов, как в Беларуси, так и в Таджикистане, которые должны учитываться наряду с вышеприведенными K_y , k_{Δ} и k_e , служат критерии, определяющие гидрологические зоны водохранилищ с ответствующим ветро-волновым режимом, динамикой береговых процессов и условиями образования и движения наносов.

Расчетные зависимости для определения гидродинамических зон глубин и схема гидрологического зонирования акватории руслового водохранилища приведены ниже на рисунке 5.

Условные обозначения на рисунке 5 следующие: H_n – глубина водохранилища в приплотинной зоне, м; H_c – глубина в средней переходной зоне, м; H_b – глубина в верховой зоне, м; L – длина водохранилища, м; $\Delta H_{бл}$ – средняя величина колебания уровней верхнего бьефа в безледный период, м; ω_{10} – скорость ветра на высоте 10 м над уровнем водной поверхности.

Гидрологическая зона	Граница зоны по глубине, м	Схема гидрологического зонирования
Нижняя приплотинная зона (зона А)	$H_n \geq (0,43 + 0,0137L)\omega_{10} + \Delta H_{бл}$	
Средняя переходная зона (зона В)	$H_c \geq (0,43 + 0,0137L) + \Delta H_{бл}$	
Верховая зона (зона С)	$H_b \geq \Delta H_{бл}$	

Рисунок 5 – Схема гидрологического зонирования водохранилища руслового типа

Заключение

Выполненные совместные исследования на водохранилищах Беларуси и Таджикистана по оценке влияния береговых процессов на расположение поверхностных водозаборов позволили разработать универсальные критерии, характеризующие гидродинамический режим водоемов и провести зонирование акваторий водоемов, которое совместно с районированием побережья по развитию процессов абразии и аккумуляции позволяют определять места оптимального расположения водозаборов. Полученные эмпирические зависимости по расчету расхода наносов в прибрежной зоне являются универсальными и могут быть распространены на водоемы различных регионов при размещении водозаборов как проектируемых, так и существующих, находящихся в эксплуатации.

Список цитированных источников

1. http://www.icwc-aral.uz/bwoamu_ru.htm.
2. Левкевич, В. Е. Динамическая устойчивость берегов водохранилищ Беларуси: монография / В. Е. Левкевич. – Минск : Право и экономика, 2015. – 307 с.
3. Левкевич, В. Е. Динамика формирования берегов малых равнинных водохранилищ: монография / В. Е. Левкевич. – Riga: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2018. – 149 с.
4. Оценка сооружений инженерной защиты, систем водоснабжения и водоотведения средствами дистанционной диагностики / В. Е. Левкевич [и др.] // Вестник Брестского государственного технического университета. – 2021. – № 1 (124). – С. 96–100.
5. Стратегия развития водного сектора Таджикистана. – Душанбе, 2006. – 58 с.
6. Левкевич, В. Е. Гидро-морфодинамика прибрежной зоны водохранилищ ГЭС Беларуси : монография / В. Е. Левкевич. – Минск : Право и экономика, 2018. – 143 с.
7. Левкевич, Е. М. Лабораторные исследования переформирования неукрепленных откосов земляных плотин под воздействием волн и фильтрационных сил / Е. М. Левкевич // Известия вузов. Энергетика. – 1971. – № 8. – С. 98–102.
8. Максимчук, В. Л. Рациональное использование и охрана берегов водохранилищ: монография / В. Л. Максимчук. – Киев : Будівельник, 1981. – 112 с.

9. Бузук, А. В. Критерий устойчивости откосов подпорных сооружений и берегов водохранилищ с деформированным железобетонным креплением / А. В. Бузук // Мелиорация. – 2018. – № 4 (86) – С. 24–30.
10. Левкевич, В. Е. Современные экзогенные инженерно-геологические процессы на водохранилищах и озерах Беларуси: монография / В. Е. Левкевич. – Минск : Право и экономика, 2021. – 142 с.

References

1. http://www.icwc-aral.uz/bwoamu_ru.htm.
2. Levkevich, V. E. Dinamicheskaya ustojchivost' beregov vodohranilishch Belarusi: monografiya / V. E. Levkevich. – Minsk : Pravo i ekonomika, 2015. – 307 s.
3. Levkevich, V. E. Dinamika formirovaniya beregov malyh ravninnyh vodohranilishch: monografiya / V. E. Levkevich. – Riga: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2018. – 149 s.
4. Ocenka sooruzhenij inzhenernoj zashchity, sistem vodosnabzheniya i vodootvedeniya sredstvami distancionnoj diagnostiki / V. E. Levkevich [i dr.] // Vestnik Brestskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. – 2021. – № 1 (124). – S. 96–100.
5. Strategiya razvitiya vodnogo sektora Tadzjikistana. – Dushanbe, 2006. – 58 s.
6. Levkevich, V. E. Gidro-morfodinamika pribrezhnoj zony vodohranilishch GES Belarusi : monografiya / V. E. Levkevich. – Minsk : Pravo i ekonomika, 2018. – 143 s.
7. Levkevich, E. M. Laboratornye issledovaniya pereformirovaniya neukreplennyh otcosov zemlyanyh plotin pod vozdejstviem voln i fil'tracionnyh sil / E. M. Levkevich // Izvestiya vuzov. Energetika. – 1971. – № 8. – S. 98–102.
8. Maksimchuk, V. L. Racional'noe ispol'zovanie i ohrana beregov vodohranilishch: monografiya / V. L. Maksimchuk. – Kiev : Budivelnik, 1981. – 112 s.
9. Buzuk, A. V. Kriterij ustojchivosti otcosov podpornykh sooruzhenij i beregov vodohranilishch s deformirovannym zhelezobetonnyim krepлением / A. V. Buzuk // Melioraciya. – 2018. – № 4 (86) – S. 24–30.
10. Levkevich, V. E. Sovremennye ekzogennye inzhenerno-geologicheskie processy na vodohranilishchah i ozerah Belarusi: monografiya / V. E. Levkevich. – Minsk : Pravo i ekonomika, 2021. – 142 s.

Материал поступил в редакцию 18.01.2022