

В.И. КЛЁПОВ¹, П.Д. ДЮКОВ²¹ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева»,

Институт мелиорации, водного хозяйства и строительства имени А.Н. Костякова, г. Москва, Российская Федерация

² Федеральное государственное бюджетное учреждение Московско-Окское территориальное управление по рыболовству, г. Москва, Российская Федерация

ГИДРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ УПРАВЛЕНИЯ ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ В ВЕРХНЕЙ ЧАСТИ БАСЕЙНА ДНЕПРА

Река Днепр относится к крупнейшим рекам Европы. Это четвертая по площади бассейна и длине река после Волги, Дуная и Урала и вторая по величине из рек, впадающих в Чёрное море, после Дуная. С точки зрения территориального распределения водных ресурсов бассейн Днепра можно разделить на две зоны. Первая зона включает в себя российскую и белорусскую части бассейна, представляя собой зону формирования речного стока и характеризуясь недостаточно высоким уровнем использования водных ресурсов. Вторая зона входит в украинскую часть бассейна реки, характеризуется незначительным поступлением воды притоков и высоким уровнем использования водных ресурсов. Реки, водотоки которых протекают по территории двух и более государств, называются трансграничными. Разные участки одной реки находятся в пользовании разных государств, причем использование водных ресурсов и площади водосбора в верховье реки скажется на количественных и качественных параметрах воды ниже по течению. Это значит, что единая экологическая система разделена государственной границей и управляется в каждом отдельном государстве на свое усмотрение. От этого страдают река и прилегающие территории. После распада Советского Союза проблема трансграничных водных объектов стала весьма актуальной и для России. Перед соседствующими странами встал ряд задач, связанных с охраной окружающей среды на приграничных территориях и трансграничных бассейнах рек, где сохранились, а зачастую усугубились экологические проблемы, но была утрачена институциональная основа для их эффективного решения.

Речной сток, обводнительные попуски, водохранилище, система водохранилищ, водообеспечение.

Введение. Река Днепр является трансграничной водной артерией трех стран: России, Белоруссии и Украины. Бассейн этой реки составляет около 504 тыс. км², территория распределена по странам таким образом: в России – 90,7 тыс. км² (около 18%), в Белоруссии – 121 тыс. км² (около 24%), на Украине – 292,3 тыс. км² (около 58%). Длина Днепра в пределах Украины составляет 1121 км, в пределах Белоруссии – 595 км (115 км находятся на пограничной территории Белоруссии и Украины), в пределах России – 485 км. Средний расход воды в устье – 1670 м³/с.

Впадает Днепр в Днепровско-Бугский лиман несколькими устьями. Водный режим

Днепра определяется хорошо выраженным весенним половодьем, низкой летней меженью с периодическими летними паводками, регулярным осенним повышением уровня воды и зимней меженью. Из общего объема забора воды в бассейне 6% приходится на Россию, 8% – на Беларусь и 86% – на Украину. Несомненно, это один из важнейших природных объектов трех государств [1-3].

Для России река Днепр имеет значение относительно двух ее разных частей: во-первых, верхняя часть водосбора, где формируется водоток; во-вторых, приустьевая его часть, связанная с питанием Северо-Крымского канала.

На рисунке 1 представлена схема бассейна р. Днепр, где выделены части бассейна реки в России и Белоруссии. Из рисунка следует (и подтверждается

вышеизложенным), что общие размеры частей бассейна реки в России и Белоруссии, а также водность реки в этих частях в целом незначительны.



Рис. 1. Бассейн реки Днепр

Хорошо известно, что начиная с 2014 г. подача воды из Днепра на Крымский полуостров перекрыта шлюзом, построенным до Перекопского перешейка. Примерно половина протяженности канала используется для переброски воды из горных водохранилищ Белогорского района в восточную часть Крыма. В 2015 г. эта часть канала стала использоваться круглогодично. С этого же года русло канала временно используется для транспортировки питьевой воды из подземных водозаборов северо-восточной части Крыма на Керченский полуостров. В связи с этим разными российскими экспертами предлагаются возможные варианты по использованию водных ресурсов верхней части бассейна реки Днепр. Один из них является достаточно радикальным и связан с идеей изъятия части водных ресурсов в верхней части бассейна Днепра на территории России и переправкой тем или иным способом в бассейн либо Оки, либо Дона и далее, вплоть до Крыма. В любом случае для достижения этой цели нужно будет построить в верховьях либо самого Днепра,

либо одного из его притоков водохранилище для аккумуляции водных ресурсов.

Материалы и методы исследования.

Ввиду относительно небольшого количества осадков и неразвитой речной сети в Крыму издавна наблюдалась нехватка пресной воды. После засухи 1833 г. основатель Никитского ботанического сада Христиан Стевен предложил построить канал от Днепра для увеличения водообеспеченности полуострова. Однако по причине достаточно высокой стоимости работ решение о строительстве было принято только в 1916 г.

В дальнейшем были рассмотрены три альтернативных варианта обеспечения Крыма водой: строительство водовода от реки Кубань, опреснение Азовского моря и строительство канала от реки Днепр. Наиболее рациональным оказался третий вариант. Первая очередь Северо-Крымского канала (СКК) была начата в 1961 г. и закончена в 1978 г. В 1963 г. вода дошла до Красноперекопска, в 1965 г. – до Джанкоя, в 1971 г. пришла на Керченский полуостров. 5 мая

1975 г. была запущена насосная станция № 3, подающая воду в Керчь [4-6].

В 1990 г. в Крыму была сдана вторая очередь строительства СКК, в рамках которой построено Межгорное водохранилище, ставшее самым большим из наливных. В 1997 г. завершена третья очередь строительства, по которой были реконструированы Раздольненский о рисовый за и Сакский ну каналы. И Строительство к четвертой очереди было остановлено ну в ну 1997 и г. ввиду он недостатка средств. он В о перспективе о намечались еще пятая и шестая очереди.

Канал начинается из Каховского водохранилища, далее проходит через Перекопский перешеек, мимо Джанкоя, и далее – на юго-восток, доходит до окрестностей Керчи. Длина канала составляет 402,6 км, протяженность в Крыму – 294 км. Ширина канала в его начале у города Таврийска составляет 150 м, в конце у села Зелёный Яр – 15 м. Глубина канала в его начале – 7 м. Средний годовой расход воды составляет 380 м³/с (из этого объема 60-80 м³/с уходило на сельскохозяйственные нужды юго-запада Херсонской области, 300-320 м³/с – в Крым). Максимально технологически возможный сток в канале – до 500 м³/с, что составляет 30% стока Днепра в нижнем его течении, равном 1670 м³/с.

Несмотря на нудостаточно высокую водность, Северо-Крымский канал проектировался как сезонный, а не круглогодичный. До 2015 г. его наполнение обычно начиналось в конце марта, а завершалась подача воды в ноябре. Продолжительность протекания воды от начальной до конечной точки канала составляла 33 дня. Канал не является судоходным.

До 80% днепровской воды СКК, поступавшей в Крым, использовалось для нужд сельского хозяйства (из них 60% – на обеспечение выращивания риса) и промышленного прудового рыбоводства. Около 20% днепровской воды СКК подавалось в водохранилища – источники централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения городов и сельских населенных пунктов Крыма.

Результаты и обсуждение. *Расчеты параметров водохранилища на реке Днепр вблизи границы «Россия – Украина – Беларусь».*

На участке от истока до г. Смоленска (и далее до г. Орша Витебской области Белоруссии) Днепр представляет собой небольшую реку, ширина русла которой не превышает 30 м. Еще в IX-XV вв. варяги и русские ходили на судах из Десны в Оку

без волока. Все дело в том, что правый приток реки Сейм – река Свапа и небольшая река Очка – в те времена вытекали из одного озера, а река Очка через 10-15 км впадала в Оку. В XIII-XVI вв. на Руси функционировал «Новый путь из варяг в греки» – от реки Оки до Дона, через систему рек и один небольшой волок. Именно по нему из Москвы, Владимира и других городов купцы и духовенство добирались до Царьграда.

Помимо этого, существует ряд проектов соединения водных магистралей Беларуси и РФ. Так, «Южная магистраль» проходит через реки Ока – Жиздра – канал – Десна – Днепр, то есть частично по территории Украины. «Западная магистраль» идет через Оку – Калужское водохранилище – Угру – канал – река Осьма – Днепр. Наиболее перспективно «Вазузское направление»: Волга – Вазузское водохранилище – канал – Днепр – Дорогобужское водохранилище. Для осуществления этого проекта потребуется создать верхневолжский каскад гидротехнических сооружений: Тверскую, Старицкую и Ржевскую ступени. В связи с этим следует заметить, что в 80-е гг. прошлого века именно строительство Ржевского водохранилища вызвало среди специалистов большие споры. Они привели к тому, что этот проект был признан неэффективным.

Расчетные гидрологические характеристики, использованные в нашей работе, основываются на данных гидрометеорологических наблюдений, опубликованных в официальных документах Росгидромета [8]. Среднегодовые расходы воды р. Днепр в верхней части бассейна за 1980-2011 гг. приведены в таблице 1.

В таблице 2 представлены среднегодовые расходы воды р. Днепр в створе Смоленска за 1945-1974 г.

Годовой сток рек можно рассматривать как вероятностную величину. При разработке обобщенных методов расчета водохранилища либо исходят из предположения о независимости стока смежных лет, либо учитывая коррелятивную связь между стоком смежных лет. В расчетах по вероятностным характеристикам, как и в расчетах по календарным гидрологическим рядам, сток прошедшего периода считается прототипом будущего стока [9, 10]. Основными характеристиками зарегулированного с помощью водохранилища речного стока являются коэффициент регулирования ($k = W_p/W_0$) и обеспеченность (p , %) гарантированной

водоотдачи. При многолетнем регулировании стока обеспеченность p выражает число лет в процентах или в долях от общего их числа. Разность 1-р или $(100-p)\%$

характеризуется количеством перебойных лет, когда водоотдача водохранилища оказывается меньше гарантированной величины W_p .

Таблица 1

Расходы воды р. Днепр в пунктах наблюдений за 1980-2011 гг.

Пункт наблюдения	Годы	Площадь водосбора, км ²	Среднегодовой расход, м ³ /с	Средний многолетний расход, м ³ /с
р. Днепр, г. Дорогобуж	-	6390	25,9-78,8	53,8
р. Днепр, г. Смоленск	1980-2011	14100	58,6-129	98,1
р. Днепр, г. Смоленск	1945-1974	14100	52,1-129	85,3
р. Днепр, г. Орша	-	-	-	123

Таблица 2

Среднегодовые расходы воды р. Днепр в створе Смоленска за период 1945-1974 гг.

№ п/п	Годы	Q, м ³ /с	№ п/п	Годы	Q, м ³ /с
1	1945	82,9	16	1960	81,6
2	1946	84,3	17	1961	95,9
3	1947	128	18	1962	118
4	1948	82,3	19	1963	75,5
5	1949	90,4	20	1964	66,4
6	1950	91,2	21	1965	52,1
7	1951	93,5	22	1966	90,8
8	1952	116	23	1967	76,4
9	1953	129	24	1968	77,8
10	1954	82,7	25	1969	79,2
11	1955	100	26	1970	111
12	1956	108	27	1971	91,9
13	1957	111	28	1972	64,3
14	1958	123	29	1973	60,7
15	1959	80,3	30	1974	76,9
				ΣQ	2559,2
				Q ср	85,31

Величина W_p и обеспеченность гарантированной отдачи находятся в прямой зависимости от объема водохранилища W . При заданном объеме чем выше обеспеченность, тем меньше гарантированная отдача W_p , и наоборот. Полезный объем водохранилища ($W_{плз}$) многолетнего регулирования можно условно разделить на две составляющие: многолетнюю ($W_{мн}$) и сезонную ($W_{сез}$):

$$W_{плз} = W_{мн} + W_{сез}$$

Степень зарегулированности речного стока определяется безразмерной величиной относительной емкости (коэффициентом емкости) водохранилища – β . Этот коэффициент определяется отношением полезного объема водохранилища $W_{плз}$ к среднему

за многолетний период объему годового стока W_0 в створе плотины:

$$\beta_{пл} = \frac{W_{плз}}{W_0}$$

Уравнение полезного объема водохранилища можно записать в виде:

$$W_{плз} = \beta_{мн} \cdot W_0 + \beta_{сез} \cdot W_0 = (\beta_{мн} + \beta_{сез}) \cdot W_0$$

Величины полезного объема и НПУ водохранилища устанавливаются в результате водохозяйственных расчетов путем сопоставления и анализа речного стока, поступающего в проектируемое водохранилище и плановой отдачи из него.

Сезонная составляющая объема водохранилища ($\beta_{сез}$) рассчитывается по условиям

необходимости покрытия дефицита в воде в первый год после окончания маловодного периода, то есть когда многолетний запас исчерпан. Коэффициент емкости сезонной составляющей рассчитывается по формуле:

$$\beta_{\text{сез}} = \alpha \cdot (t_{\text{м}} - m_{\text{м}}),$$

где α – коэффициент зарегулированности стока; $t_{\text{м}}$ – длительность межени в долях года; $m_{\text{м}}$ – доля межени в годовом стоке.

На рисунке 2 представлена зависимость сезонного объема предполагаемого водохранилища от коэффициента зарегулирования стока, который изменяется от 0,1 до 0,8, а сезонный объем изменяется от 0,161 км³ до 1,292 км³.

Расчет многолетней составляющей объема водохранилища. Коэффициент емкости многолетней составляющей ($\beta_{\text{мн}}$) можно определить, например, с помощью графиков

Я.Ф. Плешкова при условии, что $C_s = 2C_v$. По этим графикам $\beta_{\text{мн}}$ определяется как функция

$$\beta_{\text{мн}} = f(P, \alpha, C_v, C_s),$$

где P – расчетная обеспеченность гарантированной водоотдачи, %; α – коэффициент зарегулированности стока; C_v – коэффициент вариации речного стока; C_s – коэффициент асимметрии.

На рисунке 3 графически представлена зависимость полного объема предполагаемого водохранилища от коэффициента зарегулирования стока, который изменяется от 0,1 до 0,7, а полный объем с обеспеченностью 90% (синяя линия) изменяется от 0,161 км³ до 1,399 км³, полный объем с обеспеченностью 95% (красная линия) изменяется от 0,161 км³ до 1,668 км³. На отрезке $\alpha = 0,1-0,5$ графики совпадают, значения совпадают со значениями сезонной составляющей.

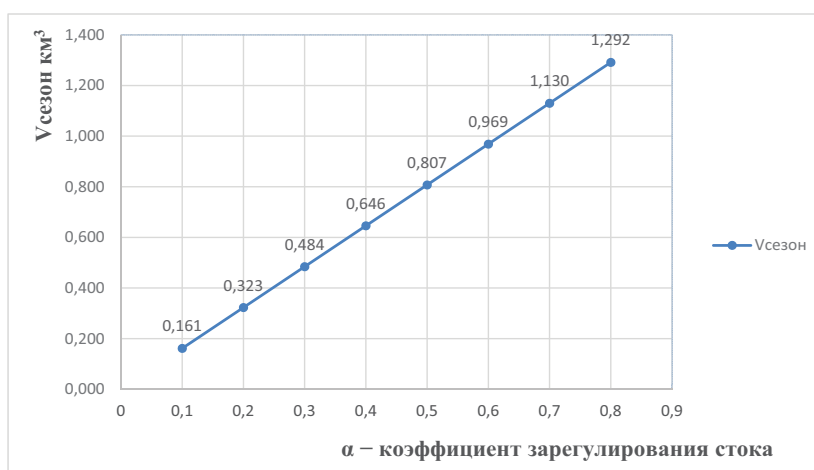


Рис. 2. График зависимости сезонного объема водохранилища от коэффициента зарегулирования стока

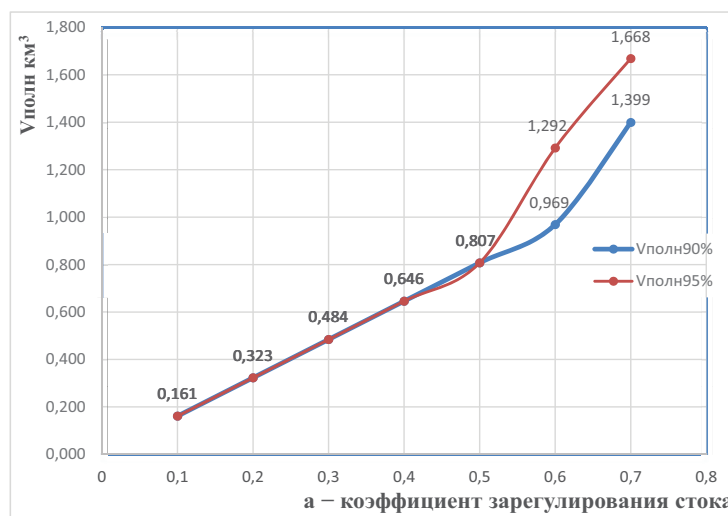


Рис. 3. График зависимости полного объема водохранилища от коэффициента зарегулирования стока при обеспеченности 90 и 95%

Выводы

1. Бассейн реки Днепр составляет около 504 тыс. км². Эта территория распределена следующим образом: в России – 90,7 тыс. км² (около 18%); в Белоруссии – 121 тыс. км² (около 24%), на Украине – 292,3 тыс. км² (около 58%). Из общего объема используемой воды в этом регионе на долю России приходится 6%, на Беларусь – 8%, на Украину – 86%. Таким образом, доля России в естественных и используемых водных ресурсах этой реки в целом является незначительной. Вместе с тем для нашей страны река Днепр имеет большое значение, и прежде всего – в приустьевой ее части, связанной с питанием Северо-Крымского канала.

2. В связи с блокадой Северо-Крымского канала в настоящее время на территории Украины экспертами предлагаются возможные варианты по использованию водных ресурсов верхней части бассейна реки Днепр. Один из таких вариантов связан с идеей изъятия части водных ресурсов в верхней части бассейна на территории России и переправкой этих ресурсов тем или иным способом в Крым. Для этой цели нужно построить в верховьях либо самого Днепра, либо одного из его притоков водохранилище для аккумуляции водных ресурсов.

3. В работе показано, что естественные колебания речного стока в бассейне Днепра можно выровнять с помощью создания водохранилищ. При этом чем больше объем водохранилища по отношению к регулируемому стоку, тем выше степень его выравнивания, тем ближе значение коэффициента регулирования стока (α) к единице. Добиться полного выравнивания стока (довести значение до единицы) в данном случае можно только ценой больших затрат на сооружение крупного водохранилища. Полный объем предполагаемого водохранилища может изменяться от 0,161 до 1,399 км³ с обеспеченностью 90% и от 0,161 до 1,668 км³ с обеспеченностью 95%.

5. Исследованиями установлено, что создание водохранилища в верхней части бассейна Днепра с гидролого-водохозяйственных позиций является малоэффективным. Это связано как с ограниченностью водных ресурсов в этой части бассейна Днепра, так и с равнинным рельефом территории, не позволяющим создать значительный резерв воды. Окончательное решение в данном случае может быть принято в результате выполнения технико-экономического обоснования.

Библиографический список

1. О состоянии и об охране окружающей среды Смоленской области в 2003-2007 гг.: Государственный доклад, Смоленск, 2008. URL: https://admin-smolensk.ru/img/file/doklad_2011_prirod.pdf

2. **Жданов А.** Состояние, возможности и перспективы развития водоснабжения Республики Крым: Доклад на заседании Комитета Совета Федерации по федеративному устройству, региональной политике, местному самоуправлению и делам Севера, 2015. URL: https://mzhkh.rk.gov.ru/file/mzhkh_doklady_i_vystuplenija_2.pdf

3. Доклад о состоянии и охране окружающей среды Республики Крым в 2013 г. Роскомприроды Крыма, 2015. URL: https://meco.rk.gov.ru/file/doklad_eco_2013.pdf

4. **Зверькова Ю.С.** Современное состояние реки Днепр на территории Смоленской области в условиях антропогенного воздействия // Вестник Московского государственного областного университета. – 2011. – № 3. – С. 112-116.

5. Трансграничные речные бассейны Днепра и Западной Двины. Вопросы сотрудничества Беларуси и России // Водные ресурсы. – 2009. – № 24. – С. 43-51.

6. **Левковский С.С.** Водные ресурсы Украины. – Киев: Выща школа, 1979. – 200 с.

7. Об утверждении Государственной программы строительства в 2011-2015 годах гидроэлектростанций в Республике Беларусь: Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 17 декабря 2010 г. № 1838/2010. <https://normativka.by/lib/document/500120885>

8. Государственный водный кадастр РФ. – Санкт-Петербург, 1981-2010.

9. **Крицкий С.Н., Менкель М.Ф.** Водохозяйственные расчеты. – Л.: Гидрометеиздат, 1952. – 392 с.

10. Практикум по гидрологии, гидрометрии и регулированию стока / Е.Е. Овчаров, Н.Н. Захаровская, И.В. Прошляков и др. – М.: Агропромиздат, 1988. – 224 с.

Материал поступил в редакцию 14.07.2020 г.

Сведения об авторах

Клёпов Владимир Ильич, доктор технических наук, профессор кафедры Гидрологии, гидрогеологии и регулирования стока ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева; 127550, г. Москва, ул. Прянишникова, д. 19; e-mail: viklepov@rambler.ru

Дюков Пётр Дмитриевич, инженер, Федеральное государственное бюджетное учреждение Московско-Окское

территориальное управление по рыболовству, г. Москва, Варшавское шоссе, 39а.

V.I. KLEPOV¹, P.D. DYUKOV²

¹ Federal state budgetary educational institution of higher education Russian state agrarian university – MAA named after C.A. Timiryazev,

Institute of land reclamation, water management and building named after A.N. Kostyakov, Moscow, Russian Federation

² Federal state budgetary educational institution Moscow-Oksko territorial administration on fishery, Moscow, Russian Federation

HYDRAULIC SUBSTANTIATION OF WATER RESOURCES MANAGEMENT IN THE UPPER PART OF THE DNIEPER BASIN

The Dnieper river is one of the largest rivers in Europe. It is the fourth largest river in terms of basin area and length after the Volga, Danube and Ural, and the second largest of the rivers that flow into the Black sea, after the Danube. From the point of view of territorial distribution of water resources, the Dnieper basin can be divided into two zones. The first zone includes the Russian and Belarusian parts of the basin, which is a zone of river flow formation. It is characterized by an insufficiently high level of water resources use. The second zone, which is a part of the Ukrainian part of the river basin, is characterized by a small inflow of water from tributaries and a high level of water resources use. Rivers, watercourses of which run through the territory of two or more states, are called as transboundary. Different sections of the same river are used by different states, and the use of water resources and catchment area in the upper reaches of the river will affect the quantitative and qualitative parameters of water downstream. This means that the unified environmental system is divided by a state border and is managed in each individual state at its discretion. This affects the river and surrounding areas. After the collapse of the Soviet Union, the problem of transboundary water bodies became very relevant for Russia. Neighboring countries have faced a number of environmental problems in border territories and transboundary river basins, where environmental problems have persisted and often worsened, but the institutional framework for their effective solution has been lost

River runoff, water releases, reservoir, reservoir system, water supply.

References

1. Gosudarstvenny doklad: «O sostoyanii i ob ohrne okruzhayushchej sredy Smolenskoj oblasti v 2003-2007 godu». Smolensk. 2008. https://admin-smolensk.ru/img/file/doklad_2011_prirod.pdf
2. Zhadanov A. Doklad na zasedanii Komiteta Soveta Federatsii po federativnomu ustrojstvu, regionalnoj politeke, mestnomu samoupravleniyu i delam Severa «Sostoyanie, vozmozhnosti i perspektivy razviriya vodosnabzheniya Respubliki Krym». 2015. https://mzhkh.rk.gov.ru/file/mzhkh_doklady_i_vystupleniya_2.pdf
3. Doklad o sostoyanii i ohrane okruzhayushchej sredy Respubliki Krym v 2013 godu. Roskomprirrody Kryma, 2015. https://meco.rk.gov.ru/file/doklad_eco_2013.pdf
4. Zverkova Yu.S. Sovremennoe sostoyanie reki Dnepr na territorii Smolenskoj oblasti v usloviyah antropogennogo vozdejstviya // Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo oblastnogo universiteta. – 2011. – № 3. – S. 112-116.
5. Transgranichnye rechnye bassejny Dnepra i Zapadnoj Dviny. Voprosy sotrudnichestva Belarusi i Rossii // Vodnye resursy. – 2009. – № 24. – S. 43-51.
6. Levkovsky S.S. Vodnye resursy Ukrainy. – Kiev: Vysha shkola, 1979. – 200 s.
7. Postanovlenie Soveta Ministrov Respubliki Belarus ot 12.2010 № 1838 «Ob utverzhdenii Gosudarstvennoj programmy stroitelstva v 2011-2015 godah gidroelektrostantsij v Respublike Belarus», 2010. <https://normativka.by/lib/document/500120885>
8. Gosudarstvenny kadastr RF. – Sankt-Peterburg: 1981-2010.
9. Kritsky S.N., Menkel M.F. Vodohozyajstvennye raschety. – L.: Gidrometeoizdat, 1952. – 392 s.
10. Praktikum po gidrologii, gidrometrii i regulirovaniyu stoka / Ovcharov E.E., Zaharovskaya N.N., Proshlyakov I.V. i dr. – M.: Agropromizdat, 1988. – 224 s.

The material was received at the editorial office

Information about the authors

Klepov Vladimir Iljich, doctor of technical sciences, professor of the department «Hydrology, hydrogeology and regulation of runoff» FSBEI HE RSAU-MSHA Named after S.A. Timiryazev; 127550,

Moscow, ul. Pryanishnikova, 19; e-mail: viklepov@rambler.ru

Dyukov Petr Dmitrievich, engineer, Federal state budgetary institution the Moscow-Oksko territorial administration on fishery, Moscow, Varshavskoe shossee, 39a.

УДК 502/504:556.16

DOI 10.26897/1997-6011/2020-4-106-111

И.Г. ВЕЛИЕВ, В.В. ИЛЬНИЧ, А.В. ПЕРМИНОВ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕГУЛИРОВАНИЯ СТОКА ИРРИГАЦИОННЫМ ВОДОХРАНИЛИЩЕМ В УСЛОВИЯХ МАЛОВОДЬЯ

На примере Краснодарского водохранилища проводится анализ функционирования при различных вариантах регулирования речного стока. Рассмотренные варианты управления водохранилищем были реализованы в соответствии с действующим диспетчерским графиком и с новыми правилами, разработанными на основе имитационного моделирования с помощью модели «ИМИТ-BALANS», которая использует элементы оптимизации. Предварительно эта модель была адаптирована посредством более детальной дискретности внутригодовых интервалов. Сравнение результатов функционирования водохранилища относительно дефицитов плановой водоотдачи для условий маловодного года показало, что разработанные новые правила управления водохранилищем для маловодных лет являются гораздо более эффективными. Их использование лицом, принимающим решения (ЛПР) при условии использования краткосрочных и среднесрочных прогнозов стока, позволит существенно сократить дефицит воды.

Речной сток, водохранилище, регулирование стока, диспетчерский график, имитационное моделирование, гидрологические прогнозы.

Введение. Большинство водохранилищ мира и России, выполняющее в вегетационный период ирригационные функции, не обеспечивает водой в требуемом объеме орошаемые территории в связи со значительной изменчивостью их элементов водного баланса, и в первую очередь – притока к водохранилищам как относительно годовых, так и внутригодовых величин. При этом в России чаще всего управление водохранилищами осуществляется лицом, принимающим решения (ЛПР) с помощью диспетчерских графиков, имеющих в своих рамках одну или несколько (как правило, не более трех) противоперебойных линий, представленных ординатами хронологических критических наполнений водохранилища. Понижение уровней (объемов) ниже этих линий сопровождается в различной степени уменьшением реальной водоотдачи на орошаемые территории ниже ее плановой величины. В частности, такой подход имеет

место на Краснодарском гидроузле [1]. Однако в последние десятилетия появились обоснованные предложения по имитационному моделированию функционирования водохранилищ с элементами решения оптимизационных задач относительно конкретных водохозяйственных критериев [2-6]. Такие модели способны предоставлять для ЛПР гораздо более эффективные решения по управлению водохранилищем или каскадом водохранилищ. Соответственно целью настоящей работы являются анализ и адаптация методики и соответствующей ПС-программы [4] применительно к управлению ирригационным водохранилищем. Обозначенная цель обусловила необходимость решения следующих задач:

- адаптация и разработка имитационной математической модели для ирригационного водохранилища;
- моделирование функционирования водохранилища;