

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ РАБОТЫ ВОЛЖСКОГО ВОДОДЕЛИТЕЛЯ НА РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СТОКА ПО РУКАВАМ ДЕЛЬТЫ ВОЛГИ

© 2012 г. Г.Ф. Красножон, К.Ю. Шаталова

Институт водных проблем Российской академии наук, Москва

Ключевые слова: вододелитель, Нижняя Волга, сток рек, гидродинамическая модель.

Настоящая работа посвящена вопросам использования системы вододелителя в дельте р. Волги. Проведена оценка влияния работы вододелителя на сток в рукаве Бузан и Волги как с помощью традиционных методов, так и посредством расчетов на



Г.Ф. Красножон



К.Ю. Шаталова

гидродинамической модели Нижней Волги. Научная ценность работы заключается в правильном подборе всех параметров гидродинамической модели в условиях недостаточности необходимых данных о затопляемом режиме.

Существенной особенностью водообеспечения региона Нижней Волги является то, что оно определяется главным образом величиной и режимом сбросов воды в нижний бьеф Волгоградского гидроузла. Устойчивое функционирование водохозяйственного комплекса Нижней Волги зависит, с одной стороны, от колебаний естественного стока Волги, а, с другой, от качества управления водными ресурсами как Волжско-Камского каскада в целом, так и собственно Нижней Волги.

Одним из объектов управления в данном регионе может быть вододелитель, построенный в 1976 г. в вершине дельты Волги в 22 км ниже истока рукава Бузан для создания в маловодные годы в вершине дельты временного подпора и обеспечения условий, соответствующих оптимальному режиму заливания нерестилищ восточной части дельты и нижней части Волго-Ахтубинской поймы [1].

Регулирование стока осуществляется железобетонной плотиной длиной 1200 м. Водосливной фронт плотины состоит из 33 регуляционных пролетов шириной 20 м каждый и двух судоходных по 110 м. К главной части сооружения относятся также двухниточный рыбопропускной шлюз с двумя отверстиями по 10 м и судоходная деривация – однокамерный шлюз докового типа (рис. 1 и 2).



Рис. 1. Вид на Волжский вододеливатель из космоса.

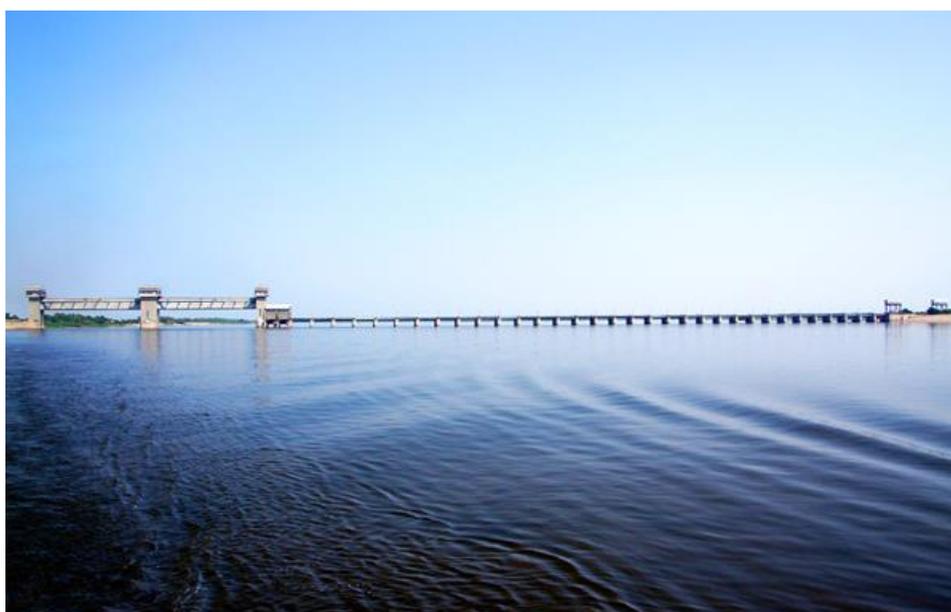


Рис. 2. Волжский вододеливатель.

Железобетонная плотина и рыбопропускной шлюз расположены в правом рукаве Волги, в левом рукаве расположена земляная плотина. Продолжением земляной плотины является вододелительная дамба длиной около 80 км (вдоль левого берега Бузана), разделяющая дельту Волги на западную и восточную части.

По проекту вододелитель должен создавать подпор для подачи в рукав Бузан расходов воды примерно 8–9 тыс. м³/с для затопления Восточной части дельты Волги и нижней части Волго-Ахтубинской поймы, а вододелительная дамба удерживать воду в Восточной части дельты. Вододелитель строился в период 1966–1975 гг., введен в эксплуатацию в 1976 г., работал в 1977, 1978, 1983 1988 и 1989 гг. Этот период его работы описан в [3, 4].

В современных условиях ввиду изношенности систем полное использование возможностей данного сооружения ограничено. Необходимо осуществить намеченные ранее мероприятия рыбоводно-мелиоративного характера в дельте, без которых воспроизводство полупроходных рыб не будет достаточно эффективным. Следует разработать согласованные заинтересованными ведомствами постоянные правила эксплуатации вододелителя.

Настоящая работа посвящена оценке эффективности работы вододелителя как с помощью традиционных методов, так и посредством расчетов на гидродинамической модели Нижней Волги, построенной авторами и позволяющей оценить изменение уровней и расходов воды по рукавам дельты Волги.

Анализ режима уровней воды в период работы вододелителя в 1977 г. с 19 мая по 6 июня и в 1978 г. с 1 по 16 июня показал, что выше вододелителя на участке Черный Яр – Енотаевск создается дополнительный подпор.

Поскольку авторам не удалось найти никаких сведений о том, как именно работал вододелитель, т. е. какое количество затворов было закрыто и на какое время, то для анализа использовались традиционные методы.

Величина подпора по сравнению с естественными условиями может быть определена по методу соответственных уровней воды.

При этих расчетах использованы полученные графики связи $H=f(Q)$ с учетом времени добегания, где H – уровень воды по Черному Яру или Енотаевску, Q – расход воды в нижний бьеф Волгоградской ГЭС (соответствует в естественных условиях расходу воды Волги в створе Горно-Водяного и Дубовки). При построении этих графиков время добегания (τ) от Горно-Водяного до Черного Яра принято 6 сут., до Енотаевска – 7 сут., от Дубовки – 5 и 6 сут., соответственно.

При определении τ использованы сведения по уровням воды по Волгограду, Черному Яру и Енотаевску за 1941–1958 гг. Время добегания на участке Волгоград – Черный Яр оказалось равным 4 сут., на участке Волгоград – Енотаевск в среднем – 5 сут. Время добегания от Горно-Водяного и Дубовки до Волгограда принято, соответственно, 2 и 1 сут., согласно расстоянию между ними.

Так как вододелитель испытывался на спаде половодья, то для графика связи $Q(H)$ взяты естественные расходы и уровни воды на спаде половодья за маловодные 1937, 1945 и 1954 гг.

По расходам воды в нижний бьеф Волгоградской ГЭС в период работы вододелителя определены уровни у Черного Яра и Енотаевска, которые могли быть без работы вододелителя в 1977 и 1978 гг. (таблица). Погрешность при определении уровней составляет от ± 5 –10 до ± 20 –25 см.

При анализе полученных данных (см. таблицу) одинаковым расходам воды в нижний бьеф Волгоградской ГЭС в условиях работы вододелителя соответствуют более высокие уровни, чем без его работы. За период с 20 мая по 3 июня 1977 г. уровни у Черного Яра были выше на 72–162 см, у Енотаевска – 89–208 см, в 1978 г. с 1 по 16 июня – 52–95 см и 64–166 см, соответственно. Величины подпора в 1978 г. были меньше, чем в 1977 г. потому, что в течение всего периода работы вододелителя расходы в западную часть дельты были больше, чем в восточную.

В результате работы вододелителя стояние максимального уровня половодья (в пределах 20 см от максимума) в западной части дельты сокращено на 5–7 дней, а в восточной продлено на 5–7 дней.

При уровне +50 см по Астраханскому гидрологическому посту, +130 см по Красному Яру заливаются нерестовые пойменные площади. При этом же уровне на спаде они освобождаются от воды. Продолжительность периода между затоплением пойм является одним из основных факторов выживаемости молоди рыб.

Таблица. Фактические уровни воды в период работы вододелителя и возможные (без его работы) в 1977 г. и 1978 г.

Дата	Черный Яр			Енотаевск		
	Фактические уровни воды	Возможные уровни воды	Разница между фактическими и возможным и уровнями, см	Фактические уровни воды	Возможные уровни воды	Разница между фактическими и возможным и уровнями, см
1977 г.						
20.05	628	525	103	571	485	96
21.05	612	470	142	557	460	97
22.05	590	470	120	551	400	151
23.05	566	460	106	545	400	145
24.05	552	440	112	539	400	139
25.05	539	400	139	527	380	147
26.05	528	400	128	516	340	176
27.05	516	400	116	516	340	176
28.05	488	400	88	495	340	155
29.05	452	400	152	478	340	138
30.05	406	380	26	455	340	115
31.05	352	280	72	419	330	89
1.06	317	210	107	394	240	154
2.06	282	120	162	368	190	178
3.06	237	120	117	328	120	208
1978 г.						
1.06	678	620	58	594	530	64
2.06	662	620	42	591	530	61
3.06	644	620	24	584	530	54
4.06	622	570	52	574	530	44
5.06	593	520	73	559	485	64
6.06	556	470	86	540	440	100
7.06	506	430	76	518	400	118
8.06	455	400	55	490	380	110
9.06	398	330	68	458	340	118
10.06	340	260	80	422	290	132
11.06	274	180	94	374	240	134
12.06	215	120	95	326	160	166
13.06	184	100	84	284	120	164
14.06	169	100	69	248	90	158
15.06	170	100	70	210	90	120

Примечание: уровни даны в см над «0» графика.

На спаде половодья у Красного Яра уровень +130 см наступил через 5 дней после начала меженных расходов (порядка 4000–5000 м³/с) в нижний бьеф Волгоградской ГЭС, что соответствует тем же срокам, что и без работы водodelителя. В 1978 г. в период работы водodelителя в западной и восточной части дельты спад наблюдался более медленный, чем в 1977 г. Спад в восточной части дельты (уровень у Красного Яра +130 см) закончился через 8 дней после снижения расходов воды в нижний бьеф Волгоградской ГЭС до 4000–5000 м³/с, что на три дня позже, чем в 1977 г. В более многоводные годы время добегания больше.

На максимуме половодья в 1977 г. в пределах Астраханской области Волго-Ахтубинская пойма была затоплена на 35–40 %, а западная часть дельты Волги на 40–45 %. При работе водodelителя восточная часть дельты была затоплена на 72 %.

Анализ приведенных материалов показывает, что за счет подпора, создаваемого водodelителем, можно увеличить заливаемость Волго-Ахтубинской поймы в начале половодья даже без увеличения объема попусков Волгоградским гидроузлом.

Новым направлением исследований явилось моделирование режима работы водodelителя при помощи гидродинамической модели Нижней Волги, разработанной авторами ранее [2].

В модели на основе численного решения уравнения движения, известного как уравнение Сен-Венана (УСВ), и уравнения неразрывности потока определяются неизвестные гидравлические характеристики в любом рукаве и створе потока по любым заданным входным расходам или уровням воды и морфометрическим характеристикам в различных створах исследуемого участка бассейна (площадь живого сечения, гидравлический радиус и гидравлические сопротивления по участкам, т. е. коэффициенты Шези).

В структуру модели для расчетов были включены все основные рукава и протоки дельты и Волго-Ахтубинской поймы до морского края дельты, действующие в период межени, ширина которых ориентировочно превышала 20 м и обеспечивала пропуск расхода больше определенной величины. Гидрографическая расчетная схема модели создана на основе космоснимков бассейна Нижней Волги, топографических карт масштаба 1:100 000 и лоцманских карт 1:25 000 (1970, 1982, 2005 гг.) с учетом всех характерных точек русел (перегибы, разветвления, острова и пр.). Выбраны расчетные точки и участки, определены необходимые для расчетов поперечные сечения, глубины и ширины русел, площади живого сечения. Положение расчетных узлов выбиралось с учетом рисунка гидрографической сети (рис. 3).

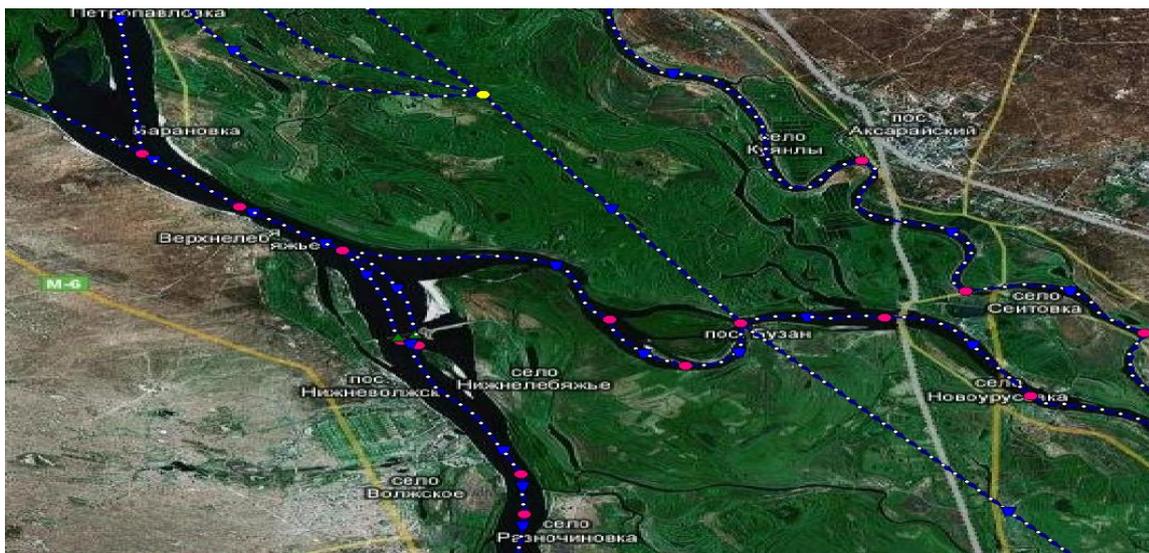


Рис. 3. Фрагмент расчетной сети компьютерной гидравлической модели в районе вододелителя.

Выбранная оболочка модели (DELFT HYDRAULICS SOFTWARE) дает возможность имитировать различные режимы работы гидротехнических сооружений (в нашем случае вододелителя), задавая различные сочетания продолжительности и количества открытых затворов в плотине вододелителя.

При необходимости продления периода стояния более высоких уровней воды в системе рукава Бузан с помощью модели можно выбрать оптимальный режим его работы. На рис. 4 показан вариант расчета по типовому гидрографу стока с объемом сброса Волгоградской ГЭС 100 км^3 с произвольно выбранным режимом закрывания затворов (всех одновременно).

**Схема закрытия затворов
вододелителя**

дата	м	дата	м
25.05.77	10	11.06.77	2
26.05.77	5	12.06.77	2
27.05.77	4	13.06.77	2
28.05.77	3	14.06.77	3
29.05.77	2	15.06.77	3
30.05.77	2	16.06.77	3
31.05.77	2	17.06.77	3
01.06.77	2	18.06.77	3
02.06.77	2	19.06.77	3
03.06.77	2	20.06.77	3
04.06.77	2	21.06.77	3
05.06.77	2	22.06.77	3
06.06.77	2	23.06.77	4
07.06.77	2	24.06.77	4
08.06.77	2	25.06.77	5
09.06.77	2	26.06.77	5
10.06.77	2	27.06.77	10

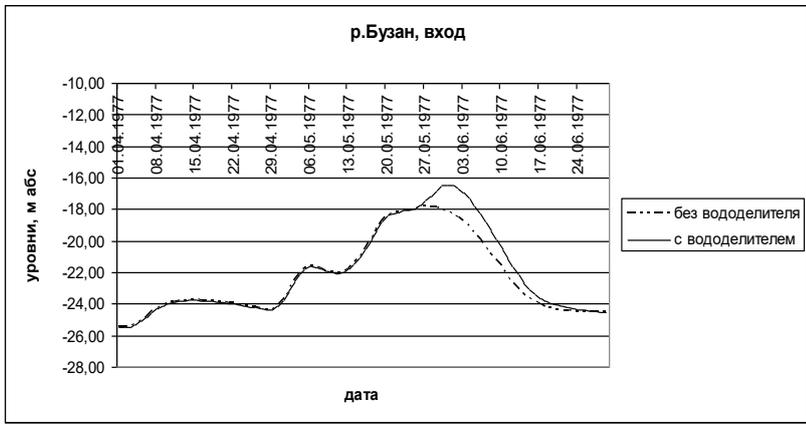


Рис. 4. Динамика уровней воды Волги и рукава Бузан при расчете по типовому гидрографу с объемом сброса с Волгоградской ГЭС 100 км³ за половодье с учетом работы вододелителя и без него.

Модель позволяет рассчитать любой заданный вариант пространственно-временного распределения стока в пределах дельты. Речь идет не только о пропуске стока по восточным или западным рукавам, но и по конкретным заданным участкам.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Временные правила эксплуатации вододелителя в дельте р. Волги. 1973.
2. Болгов М.В., Красножон Г.Ф., Шаталова К.Ю. Компьютерное моделирование изменений уровня воды на Нижней Волге // Природообустройство. М. 2009. № 4. С. 68–72.
3. Полонский В.Ф., Лупачев Ю.В., Скриптунов Н.А. Гидролого-морфологические процессы в устьях рек и методы их расчета (прогноза)// СПб: Гидрометеиздат, 1992. 383 с.
4. Полонский В.Ф., Михайлов В.Н., Кирьянов С.В. Устьевая область Волги: гидролого-морфологические процессы, режим загрязняющих веществ и влияние колебаний уровня Каспийского моря. М.: ГЕОС, 1998. 280 с.

Сведения об авторах:

Красножон Гений Федорович, д. г. н., главный научный сотрудник, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт водных проблем Российской академии наук (ФГБУН ИВП РАН), 119333, Москва, ул. Губкина, 3.

Шаталова Ксения Юрьевна, к. т. н., старший научный сотрудник, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт водных проблем Российской академии наук (ФГБУН ИВП РАН), 119333, Москва, ул. Губкина, 3; e-mail: k.shat@mail.ru