

НАТУРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕЧЕНИЙ НА МАЛЫХ РАВНИННЫХ ВОДОХРАНИЛИЩАХ

Изучению влияния течений на береговые процессы в условиях морей и крупных водохранилищ посвящен ряд работ [1, 2, 3], для условий же малых водохранилищ оно практически не изучалось. В общем случае в водохранилищах выделяют поверхностные (дрейфовые) течения, возникающие под воздействием ветра, и стоковые — в результате действия водосброса, насосных станций и т.д. [2, 3]. Возможно наличие градиентных, стратификационных [2, 4] вдольбереговых ветровых, волновых и прочих течений.

Задачей же наших исследований явилось изучение характера распределения скоростей течений как по акватории малых водохранилищ, так и вдоль берега. Кроме того, оценивалась роль течений как берегообразующего фактора в процессе переработки берега.

Наблюдения и исследования проводились на водохранилищах: "Заславльском", "Криницы", "Дрозды", "Чижовском" — на р. Свислочь, "Волковичи" — на р. Птичь и "Вяча" — на р. Вяча. Их морфометрические характеристики представлены в табл. 1. Изучение режима течений выполнялось в безледные периоды 1979—1980 гг. и состояло в съемке, картировании акватории водохранилищ и проведении стационарных наблюдений за вдольбереговыми течениями. Наблюдения включали регистрацию скоростей и направлений течений и факторов, оказывающих влияние на их развитие: величины расходов (Q) сбрасываемых в нижний бьеф водохранилищ, скорости и направления ветра (w) на высоте 2 м над поверхностью воды, высоты ($h_{1\%}$) и направления движения берега, величины расходов, сбрасываемых в нижний бьеф, а также отметки уровня верхнего бьефа принимались на основании данных службы эксплуатации Вилейско-Минской водной системы. Для регистрации параметров ветра использовались автоматическая метеостанция М-47 и ручной анемометр МС-3. Характеристики ветрового волнения определялись по максимально-минимальной вехе. Скорости течений измерялись при помощи

Таблица 1

Морфометрические характеристики водохранилищ

Водохранилище	Площадь при НПУ, км ²	Полный объем, млн.м ³	Глубина средняя, м	Ширина, км	Длина, км
"Заславльское"	31,1	105,5	3,50	4,50	10,0
"Криницы"	1,15	3,0	2,60	0,40	3,20
"Дрозды"	2,38	6,38	2,70	0,50	5,10
"Чижовское"	2,80	5,60	2,0	0,50	6,10
"Волковичи"	0,85	2,80	3,30	0,20	3,0
"Вяча"	1,68	5,10	2,0	0,61	5,33

измерителя течений ГР-42 и привязных поверхностных и глубинных поплавков по стандартной методике [5].

Число промерных вертикалей в створе изменялось от 4 до 9. На каждой вертикали число точек измерения равнялось 3—5. По материалам съемок были построены поперечные разрезы водохранилищ с нанесенными эпюрами скоростей и направлений течений, продольные разрезы, а также линии распространения наибольших скоростей и планы течений по акватории водоемов.

Анализ эпюр и планов течений при скоростях ветра до 5 м/с показал, что на акватории малых водохранилищ можно выделить два вида течений: поверхностное и донное. При этом параметры их зависят от конкретных морфологических особенностей чаши, берегов и дна водоемов, гидрометеорологических характеристик и сбрасываемых расходов. Поверхностные (дрейфовые) течения, развивающиеся в результате воздействия ветра на поверхность водохранилища и турбулентного перемешивания верхних слоев потока, в зависимости от направления ветра могут совпадать или не совпадать со стоковыми, направленными всегда в сторону водосброса (рис. 1, 2). Развитие поверхностного течения определяется как скоростью ветра и интенсивностью ветрового волнения, так и их длительностью [2, 6].

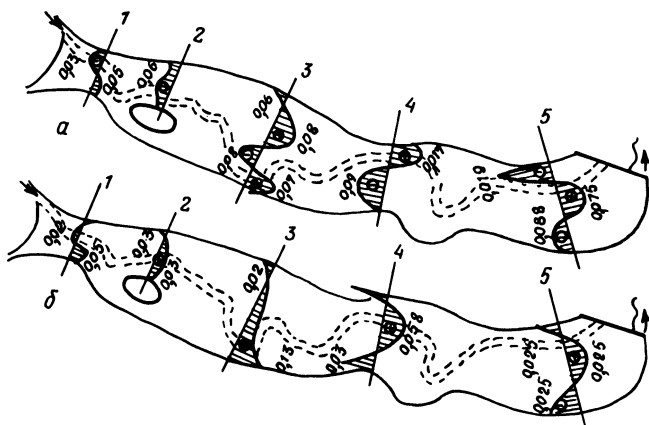


Рис. 1. Распределение скоростей течений по акватории водохранилища:
а — поверхностные; б — донные.

Результаты, приведенные в табл. 2, а также анализ эпюр скоростей течений указывает, что в наблюдаемых условиях (скорость ветра 1—5 м/с, высота волн 0,1—0,3 м, глубины — до 8 м) поверхностные течения охватывают 0,5 площади сечения водохранилища, а их значения достигают 0,28 м/с.

В ряде случаев наблюдалось по оси водохранилища увеличение значений скоростей поверхностных течений в конце разгона (см. рис. 2).

Рассматривая стоковые течения, следует отметить, что под ними понимается перенос жидкости, происходящий в придонной области и приуроченный затопленному руслу водотока. При этом однонаправленное движение жидкости в сторону водосброса зависит лишь от величины сбрасываемого в нижний бьеф расхода и типа водосброса.

Значение скоростей поверхностных течений, м/с

Водохранилище	Номер створа	Вертикаль				
		I	II	III	IV	V
"Криницы"	III	0,04	0,03	0,08	0,07	0,03
"Дрозды"	IV	0,03	0,12	0,17	0,13	—
"Чижевское"	II	0,05	0,05	0,07	0,2	—
"Волковичи"	IV	0,03	0,07	0,02	0,13	—
"Вяча"	I	0,04	0,04	0,04	0,05	—

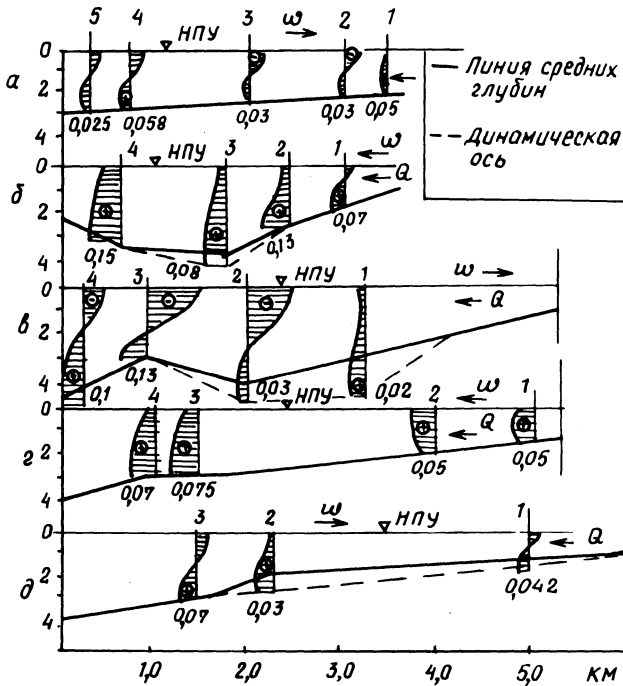


Рис. 2. Распределение максимальных скоростей течений по длине водохранилищ: а — "Криницы", б — "Волковичи"; в — "Дрозды"; г — "Вяча"; д — "Чижевское".

Изменения направления ветра, как показали наблюдения, не оказывают влияния на стоковые течения. Значение скоростей стоковых течений, в силу возникающих поперечных и продольных циркуляций по живому сечению водохранилища и его длине, могут изменяться и достигать 0,14 м/с (табл. 3).

Было установлено, что течения поверхностные, развивающиеся на акватории водохранилища, воздействуют на береговой склон в виде вдольбереговых ветровых течений, развивающихся по всей ширине береговой отмели,

**Значения средних скоростей стоковых течений (м/с)
по длине водохранилища**

Водохранилище	Величина расхода, м ³ /с	Зона водохранилища		
		верховая	средняя	приплотинная
"Криницы"	13,9	0,04	0,10	0,3
"Дрозды"	14,0	0,10	0,10	0,05
"Чижовское"	14,0	0,04	0,04	0,05
"Вяча"	0,27	0,04	0,10	0,05

в приузовской зоне, складываясь с другими видами течений, в частности волновыми, которые и доминируют.

Что касается стоковых течений, то они даже в случае приближения к одному из береговых склонов, как правило, проходят гораздо ниже береговой отмели.

Исходя из вышесказанного, в дальнейшем нами были выполнены наблюдения за вдольбереговыми ветровыми течениями.

Для исследования параметров вдольбереговых ветровых течений в приузовской зоне были выполнены специальные измерения, включающие регистрацию скорости ветра (w_2), высоту 1% волны ($h_{1\%}$) и скорость вдольберегового течения ($\bar{V}_{в.б}$). Наблюдения осуществлялись с эстакад длиной до 30 м на закрепленных вертикалях и охватывали всю ширину береговой отмели до глубины 1,5 м. Принятая методика измерений позволила регистрировать параметры скоростей течений лишь до зоны обрушения волны. Величины средних скоростей вдольбереговых течений в условиях наблюдений изменялись в пределах 0,02–0,07 м/с. Поток в зоне береговой отмели имел чаще однородное строение; при этом наибольшие значения скоростей наблюдались у поверхности. По ширине отмели величина скоростей изменялась от 0,06 м/с на свале до 0,1 м/с и более в приузовской зоне.

Стационарные наблюдения, выполненные на вышеуказанных водохранилищах, позволили выявить зависимость между параметрами $\bar{V}_{в.б}$, w_2 , $h_{1\%}$.

$$\bar{V}_{в.б} = f(w_2); \quad (1)$$

$$\bar{V}_{в.б} = f(h_{1\%}). \quad (2)$$

Обработка информации, выполненная при помощи ЭВМ, дала возможность установить коррелятивные соотношения и тесноту связей между параметрами ветроволнового режима и скоростью вдольберегового течения:

$$\bar{V}_{в.б} = 1,614 + 0,498w_2, R = 0,60; \quad (3)$$

$$\bar{V}_{в.б} = 2,909 + 5,472h_{1\%}, R = 0,40, \quad (4)$$

где R – коэффициент корреляции.

Таким образом, наблюдения показали, что размыв берегов и перенос продуктов размыва происходит под действием волновых течений, а вдольбереговые ветровые активного влияния на них не оказывают.

ЛИТЕРАТУРА

1. Караушев А.В. Неустановившиеся и стационарные ветровые течения и нагоны в водоемах. — Тр. ГГИ. Л., 1952, вып. 35 (89).
2. Богословский Б.Б. Озероведение. — М., 1960.
3. Богачев А.Г., Филатова Т.М. Течения в мелководных нестратифицированных водоемах (на примере Чудско-Псковского озера). — Тр. VI Всесоюз. гидролог. съезда, т. 5. Гидрология озер, водохранилищ и устьев рек. Л., 1975.
4. Гидрология озер Воже и Лача (в связи с переброской северных вод в бассейн р. Волги). — Л., 1979.
5. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. — Л., 1973, вып. 7, ч. I.
6. Ширков В.М. Влияние гидрометеорологических факторов на формирование берегов и ложа Куйбышевского водохранилища. — Тр. 7-го Байкальск. науч.-координац. совещ. по изучению берегов водохранилищ. Т. 1. М., 1961.

УДК 628.152

В.П.СТАРИНСКИЙ, канд. техн. наук, доц.

ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ВОДОПРОВОДНЫХ СЕТЕЙ МЕТОДОМ БАЛАНСА РАСХОДОВ ВОДЫ В УЗЛАХ

Гидравлический расчет водопроводных сетей является одной из наиболее сложных и трудоемких операций при проектировании. Он ставит своей задачей найти для заданной схемы сети и величин узловых и сосредоточенных отборов Q_{yi} и Q_{ci} значения расходов воды Q_{ij} в линиях и наметить стандартные диаметры d_{ij} труб этих линий, при которых как для сети в целом, так и для отдельных ее узлов и контуров соблюдаются два известных условия Кирхгофа:

$$\begin{aligned} p_i \\ \sum_{j=1} Q_{ij} - Q_{yi} - Q_{ci} = 0; \end{aligned} \quad (1)$$

(i = 1,2,3, ..., m - 1)

$$\begin{aligned} p_k \\ \sum_{L_k} \Delta h_{ij} = 0, \end{aligned} \quad (2)$$

(k = 1,2,3, ..., n),

где Q_{ij} — расходы воды в отдельных линиях сети; Q_{yi} и Q_{ci} — соответственно узловые и сосредоточенные отборы (или подачи с противоположными знаками) воды в узлах; p_i — число водопроводных линий в рассматриваемом i-ом узле сети; m — число узлов в сети; Δh_{ij} — потери напора в отдельных водопроводных линиях; p_k — число линий, входящих в рассматриваемый контур сети; k — число рассматриваемых контуров или колец сети.

Число расчетных уравнений вида (1) и (2), из которых можно определить искомые неизвестные, равно $n+m-1 = p$, где p — общее число линий в