

О ВОЗМОЖНОСТИ РАСЧЕТА СРЕДНИХ ГЛУБИН НА р. АМУДАРЬЕ ПРИ ЕЕ ЗАМЕРЗАНИИ

Развитие ледовых процессов на реках в осенний и зимний периоды определяется общей гидрометеорологической обстановкой района и гидравлическими условиями реки. В САНИИ создана учитывающая указанные условия модель и численная схема ледообразования на шугоносной реке (на примере Амударьи), которая может быть использована при разработке методов прогноза различных элементов зимнего состояния реки. В настоящее время на основе модели ледообразования построен метод краткосрочного прогноза шугохода на Амударье.

При дальнейшем усовершенствовании расчетной схемы необходимы учет взаимодействия воды и льда, а также описание процессов, происходящих на кромке ледяного покрова. Одной из конкретных задач такого описания является расчет подъема уровней воды (или изменения глубин) при замерзании реки. Общее решение этой задачи сопряжено со значительными трудностями [1, 3, 5]. Поэтому часто исследователи идут по пути построения эмпирических зависимостей, оставляя в стороне точное решение соответствующих гидродинамических задач. В частности, О. П. Чижев [6, 7] рассматривал возможность прогнозирования зажорных подъемов уровней на Амударье в зависимости от расходов воды и средней температуры воздуха в период установления ледяного покрова. П. М. Машуков [2] при изучении заторов и зажоров на Амударье подробно проанализировал изменение уровней воды в зимний период.

В настоящей работе предпринята попытка отыскания локальных зависимостей, связывающих изменение глубин при установлении ледяного покрова на Амударье с температурами воздуха и водностью реки.

Рассмотрим случай, когда на подъем уровней воды при установлении ледяного покрова накладывается изменение уровней за счет паводочной волны. Выберем период 10—15 дней, включающий дату установления ледяного покрова в данном створе. В начале этого периода состояние реки — свободное с расходом Q_1 , в конце — ледяной покров при установившихся расходах воды Q_2 :

$$Q_2 = Q_1 + \Delta Q,$$

где ΔQ — изменение расхода воды за указанный период.

Используя формулы Шези и Маннинга, получаем

$$\frac{n_1}{n_2} \frac{h_2}{h_1} \left(\frac{R_2}{R_1} \right)^{2/3} \left(\frac{I_2}{I_1} \right)^{1/2} = 1 + \frac{\Delta Q}{Q_1}, \quad (1)$$

где h — глубина реки, n — приведенный коэффициент шероховатости русла в формуле Маннинга, R — гидравлический радиус,

i — гидравлический уклон, индексы 1 и 2 относятся соответственно к началу и концу периода.

При гидравлических расчетах потоков под ледяным покровом некоторые авторы предполагают равенство гидравлических уклонов при свободном русле и под ледяным покровом [4, 8]. При определенных условиях (в частности, при установившихся расходах воды, сглаженной нижней поверхности ледяного покрова) это допущение не вносит больших погрешностей в расчеты. Используя соотношение

$$(i_1/i_2)^{0,3} \approx 1$$

и учитывая, что при свободном русле $R_1 \approx h_1$, а при ледоставе $R_2 \approx h_2/2$, соотношение (1) перепишем

$$\frac{h_2}{h_1} = 2^{2/5} \left(\frac{n_2}{n_1} \right)^{3/5} \left(1 + \frac{\Delta Q}{Q_1} \right)^{3/5}. \quad (2)$$

Для выявления эмпирического соотношения между изменениями глубин в период установления ледяного покрова и изменением водности реки были привлечены материалы наблюдений за ледо-

Сведения о соотношении расходов воды и глубин потоков в период установления ледяного покрова на Амударье

Створ	Дата установления ледяного покрова	Расход воды в предледоставный период Q_1 , м ³ /с	Расход воды в период ледостава Q_2 , м ³ /с	$\Delta Q = Q_2 - Q_1$, м ³ /с	$\frac{\Delta Q}{Q_1}$	$2^{2/5} \left(\frac{\Delta Q}{Q_1} + 1 \right)^{3/5}$	Предледоставная глубина h_1 , см	Глубина при ледоставе h_2 , см	$\frac{h_2}{h_1}$
Тюямуюн	10 I 1972	353	199	-154	-0,436	0,935	175	257	1,47
	11 I 1974	360	222	-138	-0,383	0,987	180	227	1,26
	16 II 1976	260	308	48	0,185	1,46	208	316	1,52
	24 XII 1976	608	568	-40	-0,066	1,27	382	406	1,06
	4 II 1978	333	200	-133	-0,399	0,927	240	270	1,13
	26 I 1979	670	373	-297	-0,443	0,929	432	512	1,19
Кипчак	17 XII 1976	427	274	-153	-0,358	1,01	143	147	1,23
	25 I 1978	179	214	35	-0,195	1,16	142	229	1,16
	14 I 1979	327	240	-87	-0,266	1,10	142	194	1,37
Чатлы	9 I 1970	621	637	16	-0,026	1,30	193	327	1,69

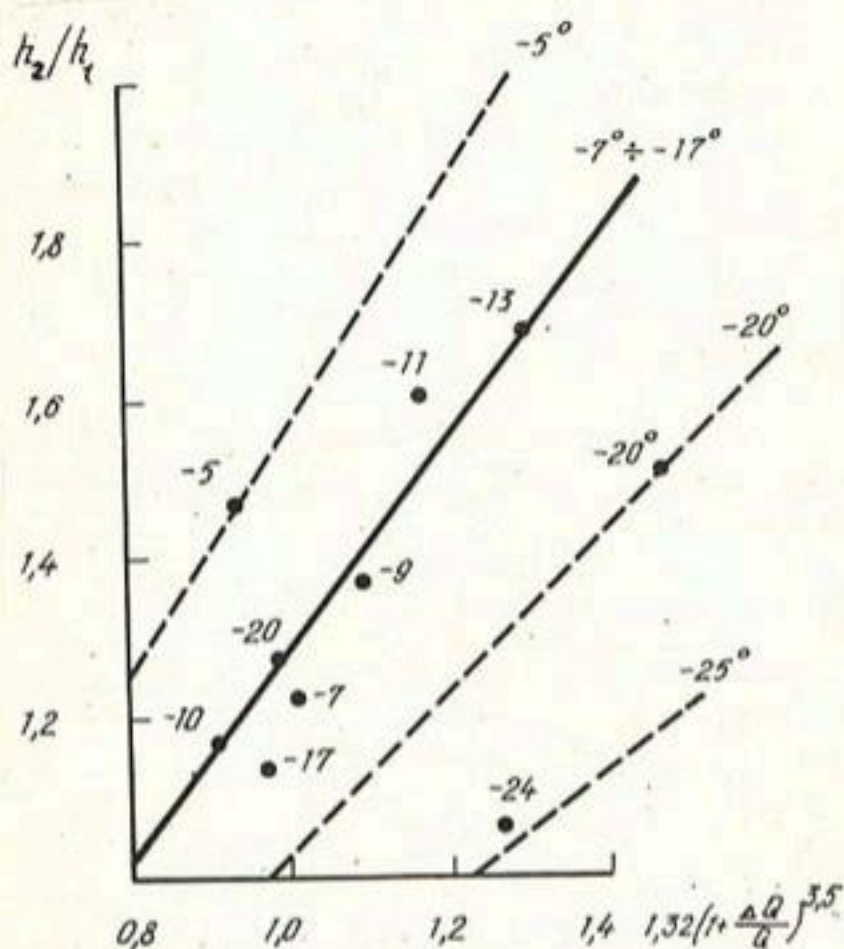
выми явлениями и стоком Амударьи по станциям Тюямуюн, Кипчак и Чатлы за 1972, 1974—1976, 1978—1979 гг. (таблица). Здесь и дальше не учитываются колебания уровней, вызванные неустановившимися расходами воды в период перемещения вблизи поста кромки льда.

В соответствии с выражением (2) на основе указанных материалов наблюдений была построена зависимость, приведенная на рисунке. По одной из осей координат отложено отношение глу-

бин потока до и после установления ледяного покрова, по другой — характеристика изменения водности потока за тот же отрезок времени. Видно, что точки, относящиеся к случаям формирования ледяного покрова при температурах воздуха от -7 до -17°C , достаточно хорошо описываются прямой, проходящей через начало координат. Среднее отклонение h_2/h_1 от прямой составляет 0,05, что при глубинах зимой на Амударье около 2,5 м соответствует ошибке расчетного подъема уровней 12 см. Угловой коэффициент этой прямой численно равен величине

$$K = (n_2/n_1)^{3/5}$$

и может служить характеристикой изменения гидравлических сопротивлений при установлении ледяного покрова. Для основной прямой, приведенной на рисунке, отношение коэффициентов шероховатости при ледоставе и при открытом русле составляет 1,55. Чем ниже температуры воздуха, сопровождающие формирование ледяного покрова, тем меньше приведенная шероховатость русла подолдом отличается от шероховатости свободного русла и тем меньше за-



Относительное увеличение глубин на р. Амударье при установлении ледяного покрова. Цифры у точек — минимальная температура воздуха в сутках, предшествующие установлению ледостава

жорные подъемы уровней воды. Напротив, при относительно высоких температурах воздуха создаются благоприятные условия для формирования вблизи кромки льда зажорных скоплений, являющихся причиной высоких гидравлических сопротивлений. Например, для случая замерзания реки при предшествующих ночных температурах воздуха около -5°C (рисунок) приведенный коэффициент шероховатости возрастает в 2,1 раза по сравнению с шероховатостью открытого русла. Замерзание Амударьи и повышение уровней происходит, как правило, на фоне уменьшающихся расходов воды. При неизменном же стоке установление ледяного покрова на Амударье, как видно из рисунка, может сопровождаться увеличением глубин в 1,7 раза.

Для ориентировочных расчетов при температурах воздуха, выходящих за указанный выше интервал $-7 \dots -17^\circ\text{C}$, можно ис-

пользовать вспомогательные зависимости, приведенные на рисунке пунктиром.

Предложенную в данной работе зависимость можно использовать для предварительной оценки увеличения глубин реки при ее замерзании, если имеются сведения об изменении расходов воды за этот период. При минимальных суточных температурах воздуха, на фоне которых происходит замерзание реки, от -7 до -17°C , полученное соотношение имеет удовлетворительную точность.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Генкин З. А. Экспериментальная зависимость для определения приведенного коэффициента шероховатости. — Труды координационного совещания по гидротехнике, 1968, вып. 42, с. 87—89.
2. Машуков П. М. Затопы и заборы на р. Амударье. — М.: Гидрометеоздат, 1977. — 120 с. (Труды САРНИГМИ. Вып. 47(128)).
3. Нежиховский Р. А. Коэффициенты шероховатости нижней поверхности шуголедяного покрова. — Труды ГГИ, 1964, вып. 110, с. 54—82.
4. Панов Б. П. Зимний режим рек СССР. — Л.: Изд-во Ленингр. гос. ун-та, 1960. — 239 с.
5. Синотин В. И. Гидравлический расчет потока при наличии в нем движущегося сплошного слоя ледового материала. — Труды координационного совещания по гидротехнике, 1968, вып. 42, с. 83—85.
6. Чижев О. П. О возможности прогноза уровня Амударьи при ее замерзании. — Метеорология и гидрология, 1955, № 5, с. 44—46.
7. Чижев О. П. Опыт разработки способов прогноза высоких зимних уровней Амударьи в ее нижнем течении. — Труды ЦИП, 1956, вып. 48(75), с. 72—91.
8. Шуляковский Л. Г. О подсчете зимнего стока нешугоносных рек. — Метеорология и гидрология, 1954, № 2, с. 37—41.

Х. К. ТАШМЕТОВ, Б. К. ЦАРЕВ

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ КОМПОНЕНТНОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ТВЕРДЫЙ СТОК ГОРНЫХ РЕК СРЕДНЕЙ АЗИИ

Интенсивное использование водных ресурсов для нужд энергетики и орошаемого земледелия выдвигает задачу изучения твердого стока с бассейнов горных рек в ряд важнейших проблем гидрологии.

Сток взвешенных наносов рассматривается, как правило, в зависимости от площади водосбора, модуля жидкого стока, средней взвешенной высоты водосбора и других показателей, которые представляют собой исходные измеряемые переменные [3, 4, 6, 7, 9, 10].

В качестве примера можно привести работу Л. Г. Ткачевой [4], рассмотревшей формирование стока взвешенных наносов рек Средней Азии в зависимости от модуля жидкого стока, площади водосбора и средней взвешенной высоты водосбора методом мно-