

УДК 551.324

**ЗАВИСИМОСТЬ РОСТА ЛЕДОВЫХ ОБРАЗОВАНИЙ ОТ
ПОГОДНЫХ УСЛОВИЙ НА РЕКАХ СЕВЕРНОГО СКЛОНА
ИЛЕЙСКОГО АЛАТАУ**

В.В. Жданов

Описаны условия образования водоледовых конструкций на реках северного склона Илейского Алатау, разрушение которых может привести к формированию водоледовых селей. Оценена связь интенсивности роста ледовых образований от погодных условий.

Водоледовый сель является опасным природным явлением. В архиве Гидрометцентра имеются сведения о двух случаях прохождения катастрофических водоледовых потоков на реках Алматинской области. Один из них зафиксирован в ноябре 1987 г. в период установления межени на реках во время вторжения арктических масс воздуха из районов Карского моря. 24...27 ноября наблюдалось резкое падение температур воздуха: минус 23,8 °С на метеорологической станции (М) Алма-Ата ОГМО и минус 27,6 °С на М Мынжилки [2]. Низкие температуры воздуха явились причиной образования внутриводного льда, ледяных мостов и выхода воды за пределы русла. Обследование, проведенное сотрудниками КазНИГМИ, позволило установить, что причиной паводка стала подвижка льда между гидрологическим постом (ГП) «Дамба» и вододелителем на р. Малая Алматинка, вызванная работой бульдозера. Поток двигался в виде одной паводочной волны и состоял из воды с большим содержанием битого льда. Расход водоледовой массы составил 120 м³/с. Скорость потока изменялась от 1 до 4 м/с. Были разрушены прилегающие к руслу строения, но особого вреда он не причинил, поскольку был аккумулирован в водохранилище. Увеличение расхода авторы связывают с заторно-зажорными явлениями. Аналогичная ледовая обстановка имела место и на других реках северного склона Илейского Алатау, но это не привело к формированию паводков [2].

С 1 по 6 января 2006 г. резкое понижение температуры воздуха, вызванное арктическим вторжением, привело к образованию внутриводного льда и повышению уровня воды на реках северного склона Илейского Алатау. Наиболее сильно это проявилось на р. Узункаргалы. Образовался водо-

ледовый поток, приведший к разрушениям и человеческим жертвам [4]. Его расход достиг 150...200 м³/с при среднем многолетнем расходе 1,73 м³/с. Разрушительная сила и расход селя были снижены благодаря наличию гидротехнических сооружений на реке. Как и в первом случае, автор статьи связывает увеличение расхода с аномальной ледовой обстановкой, вызванной резким понижением температуры воздуха. В те же сроки на ГП «Дамба» наблюдался рост уровня воды более чем на 80 см.

Следует отметить, что назрела необходимость изучения этого водоледового явления, поскольку это уже не первый случай, который приводил к разрушениям. Однако сведений о таких катастрофах в литературе приводится крайне мало.

Существует огромное количество ледовых явлений. Их разнообразие зависит от погодных и климатических условий, а также от гидравлических и морфологических особенностей рек. Необходимым условием для начала ледообразования является переохлаждение воды, наблюдающееся в зимний период при отрицательных температурах воздуха [1]. При этом большое влияние на ледообразование оказывает интенсивность перемешивания водных масс. При слабом перемешивании наблюдается переохлаждение воды в поверхностном слое и образование поверхностного льда, а при сильном – переохлаждение всей толщи воды и образование внутриводного и донного льда. Определяющим параметром является интенсивность ледообразования (P).

В природе существует несколько типов замерзания рек – быстрый, замедленный и длительный [1]. Для равнинных рек характерен первый и второй типы замерзания. Это связано с большими значениями P и малыми скоростями течения воды. Для горных рек свойственен третий тип замерзания – длительный, что обусловлено большими скоростями течения, интенсивным перемешиванием водных масс и малыми значениями P . Горные реки замерзают в течение длительного времени, отмечается образование заберегов, шуги, на отдельных участках – зажоров. При этом прочность и структура льда напрямую связаны с температурным режимом в период его образования. Процесс образования льда меняется не только при изменениях метеорологических условий, но и от состояния водной толщи.

Как говорилось выше, для горных рек характерно переохлаждение всей водной толщи и образование внутриводного льда по всей глубине. Обычно это происходит в течение длительного периода. Горные реки с бурным течением постепенно зашуговываются, затем при смыкании забере-

регов образуется ледяной покров. Лед образует слои, между которыми течет вода. Для того чтобы понять сущность явления, были рассмотрены случаи повышения уровня воды в период межени при резких понижениях температур воздуха. Особый интерес вызвали два гидрологических поста – «Дамба» и «Проходная-Устье». На этих постах наблюдалось повышение уровня практически одновременно. Наблюдателями было отмечено явление – донный лед. Во время катастрофы на р. Узункаргалы также было отмечено повышение уровня воды.

Для изучения интенсивности нарастания льда на реках взят пятнадцатилетний период (1992...2006 гг). За этот период отмечено 11 случаев явления. Мы разбили их на два класса: значительное повышение уровня при резких понижениях температуры воздуха и небольшой рост (или отсутствие роста) уровня воды при понижениях температур. Сведения о них приведены в табл. 1...4.

Таблица 1

Случаи повышения уровня воды (50...100 см) при резких понижениях температуры воздуха на ГП «Дамба»

Дата	$\Delta h, \text{ см}$	$\Sigma T, \text{ }^\circ\text{C}$	$T_{\text{min}}, \text{ }^\circ\text{C}$	$T_{\text{воды}}, \text{ }^\circ\text{C}$	$T, \text{ }^\circ\text{C}$	$\Delta T, \text{ }^\circ\text{C}$
02...20.01.93	60	-111,8	-16,8	0,1	-8	-8,8
15...28.02.93	83	-121,7	-15,2	0,1	-4,8	-10,4
10...20.01.94	103	-130,7	-22,6	0,1	-7	-15,6
09...15.12.94	54	-58,4	-11,6	0,1	-2,6	-9
18...24.12.02	62	-54,2	-18,2	0	-6	-12,2
24...30.01.03	75	-67,8	-14,3	0	-5,3	-9
29.01...08.02.04	87	-118	-21,5	0	-11,8	-9,7
24.12.05...10.01.06	88	-135,2	-21,2	-	-4,4	-16,8
Среднее значение	76,5	-99,7	-17,7	0,1	-6,2	-11,4

Таблица 2

Случаи повышения уровня воды (менее 30 см) при резких понижениях температуры воздуха на ГП «Дамба»

Дата	$\Delta h, \text{ см}$	$\Sigma T, \text{ }^\circ\text{C}$	$T_{\text{min}}, \text{ }^\circ\text{C}$	$T_{\text{воды}}, \text{ }^\circ\text{C}$	$T, \text{ }^\circ\text{C}$	$\Delta T, \text{ }^\circ\text{C}$
07...15.01.92	14	-31,8	-14,2	0,1	-6,9	-7,3
11...19.12.95	33	-79,6	-21	0,1	-5,7	-15,3
25.11...13.12.96	30	-120,1	-12,1	0,1	-7,3	-4,8
Среднее значение	25,7	-77,2	-15,8	0,1	-6,6	-9,1

Очень важную роль в формировании ледовых образований играет температура воды. При равном понижении температуры воздуха на обоих ГП есть случаи, когда подъема уровня на одном из них не наблюдалось из-за положительной температуры воды. Вполне возможно, что это происхо-

дило из-за выклинивания более теплых подземных вод. Подобный случай приведен на рис. 1.

Таблица 3

Случаи повышения уровня воды (20...40 см) при резких понижениях температуры воздуха на ГП «Проходная-Устье»

Дата	Δh , см	ΣT , °C	T_{min} , °C	$T_{воды}$, °C	T , °C	ΔT , °C
01...18.01.93	37	-50,5	-12,5	0	-4,2	-8,3
12...23.02.93	30	-33,1	-12,1	-	-0,5	-11,6
10...18.01.94	36	-73,7	-22,6	0	-9,3	-13,3
05...15.12.94	29	-25,5	-8,6	0	-1,1	-7,5
07...17.12.95	34	-78,0	-21	0	-5,8	-15,2
01...09.01.99	21	-73,1	-15,2	0	-2	-13,2
31.01...06.02.04	36	-62,4	-18,2	0	-16,6	-1,6
Среднее значение	31,9	-57,1	-15,7	0,0	-5,6	-10,1

Таблица 4

Случаи повышения уровня воды (менее 10 см) при резких понижениях температуры воздуха на ГП «Проходная-Устье»

Дата	Δh , см	ΣT , °C	T_{min} , °C	$T_{воды}$, °C	T , °C	ΔT , °C
01...06.01.06	11	-61,4	-22,2	0	-12	-10,2
19...26.01.03	2	-19,8	-12,2	1	-2,3	-9,9
14...22.12.02	1	-37,4	-17,4	0,4	-6,3	-11,1
07...14.01.92	1	-20,8	-8,8	0,4	-2,1	-6,7
Среднее значение	3,8	-34,9	-15,2	0,5	-5,7	-9,5

Примечание: Δh – изменение уровня воды, ΣT – сумма срочных температур воздуха, T_{min} – минимальная температура воздуха, $T_{воды}$ – средняя температура воды за период явления, T – средняя температура воздуха перед началом явления, ΔT – амплитуда температур воздуха. Данные взяты за утренний срок наблюдений – 8:00 ч местного времени.

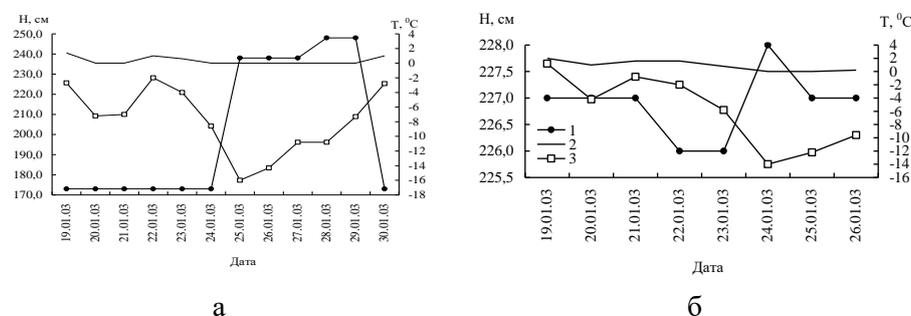


Рис. 1. Изменения уровня воды (1), температуры воды (2) и воздуха (3).
а – ГП Дамба, б – ГП Проходная-Устье.
Срок наблюдений – 8:00 ч местного времени.

Данные обработаны с помощью программы Statistica 6.0 [3]. Построены графики и получены формулы линейной регрессии. Зависимость подъема уровня воды от суммы отрицательных срочных температур воздуха на ГП «Дамба» показана на рис. 2. Сумма температур бралась за несколько предшествующих дней: от начала резкого похолодания и роста уровня до момента прекращения роста уровня воды.

Коэффициенты корреляции приведены в табл. 5. Статистическая зависимость появилась при уровне значимости 10 %, а при стандартном 5 % уровне значимости зависимости не наблюдалось.

Таблица 5

Корреляционная матрица

Переменная	$\Delta h, \text{ см}$	$\Sigma T, ^\circ\text{C}$	$T_{\text{min}}, ^\circ\text{C}$
$\Delta h, \text{ см}$	1,00	-0,76	-0,75
$\Sigma T, ^\circ\text{C}$	-0,76	1,00	0,67
$T_{\text{min}}, ^\circ\text{C}$	-0,75	0,67	1,00

На рисунке 2 приведен график линейной регрессии.

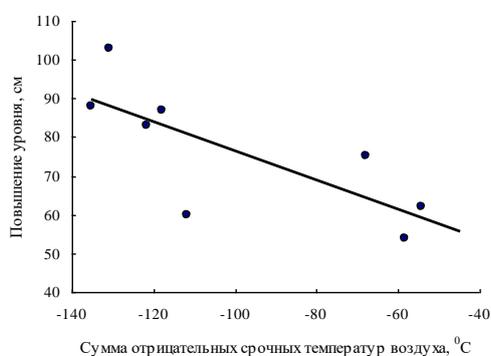


Рис. 2. Зависимость роста уровня воды от суммы отрицательных срочных температур воздуха (ГП «Дамба»).

Данную зависимость можно выразить формулой, которая позволяет оценить темпы роста уровня воды, а значит и ледовых образований:

$$\Delta h = -0,38 \Sigma T + 39,$$

где Δh – изменение уровня воды, см; ΣT – сумма срочных отрицательных температур воздуха, °C.

Наличие связи между суммой срочных отрицательных температур воздуха и величиной роста уровня воды в реке говорит о возможности разработки прогноза водоледового сея в дальнейшем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Донченко Р.В. Ледовый режим рек СССР. – Л.: Гидрометеиздат, 1987. – 248 с.
2. Мочалов В.П., Шевырталов Е.П. Краткие сведения о паводке на р. Малая Алматинка 28 ноября 1987 г. // Селевые потоки. – М.: Гидрометеиздат, 1989. – № 11. – С. 76-78.
3. Тюрин Ю.Н., Макаров А.А. Статистический анализ данных на компьютере. – М.: Изд-во «Инфра-М», 1998. – 528 с.
4. Яфязова Р.К. О катастрофических явлениях на горных реках в зимний период // Гидрометеорология и экология. – 2005. – № 4. – С. 114-124.

РГП «Казгидромет», г. Алматы

ІЛЕ АЛАТАУЫНЫҢ СОЛТҮСТІК БЕТКЕЙ ӨЗЕНДЕРІНДЕ АУА РАЙЫ ЖАҒДАЙЛАРЫНАН МҰЗДАРДЫҢ ПАЙДА БОЛУЫНЫҢ КӨБЕУІНЕ ТӘУЕЛДІЛІГІ

В.В. Жданов

Іле Алатауының солтүстік жотасындағы өзендерде сулы мұз конструкцияның пайда болу жағдайы, сулы мұз селдерді қалыптасуының бұзылуына әкелуі жазылған. Ауа райы жағдайынан пайда болатын мұздың өсу қарқындылығының байланысы бағаланған.