

УДК 551.311

Доктор геогр. наук

Канд. геогр. наук

Канд. геогр. наук

А.Р. Медеу \*

Т.Л. Киренская \*

Н.К. Машукова \*

А.К. Мусина \*\*

**ОБ ОБЩИХ ЗАКОНОМЕРНОСТЯХ ПРОСТРАНСТВЕННОГО И  
ВРЕМЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЛЕДОВОВОДНЫХ ПАВОДКОВ  
(ШУГОХОДОВ) НА РЕКАХ ИЛЕЙСКОГО АЛАТАУ***ЛЕДОВОВОДНЫЕ ПАВОДКИ, ГОРНЫЕ РЕКИ, РАСПРЕДЕЛЕНИЕ,  
ПРОСТРАНСТВЕННОЕ, ВРЕМЕННОЕ, ИЛЕЙСКИЙ АЛАТАУ*

*Собраны и систематизированы данные о наблюдавшихся за 1994...2010 гг. ледововодных паводках (шугоходах) на реках Иле Алатау, выявлено их пространственно-временное распределение, особенности формирования и прохождения.*

Освоение горных и предгорных территорий связано с опасностью, вызываемой экзогенными, гидрологическими и метеорологическими явлениями. Особым типом катастрофических явлений являются ледововодные паводки (шугоходы). Ущерб, наносимый ими, нередко сопровождается человеческими жертвами и это обуславливает необходимость учитывать подверженность территорий их разрушительному действию при освоении и использовании, прогнозировать опасности их возникновения, осуществлять превентивные и защитные мероприятия в зонах распространения ледововодных паводков (шугоходов).

Работ, посвященных изучению ледововодных паводков (шугоходов), мало. Чаще всего это работы, посвященные изучению ледововодного режима равнинных рек и прохождению на них шугоходов, образованию и развитию ледовых явлений и процессов на крупных горных реках, а также шугоходных явлений и заторообразования в зонах расположения ГЭС [1, 2, 5]. О слабой изученности этого явления свидетельствуют используемые в научно-справочной литературе неоднозначные толкования и термины.

Гляциологический словарь толкует этот процесс следующим образом: «Водолеяной поток речного генезиса образуется в период зимних оттепелей

---

\* Институт географии, г. Алматы

\*\* КазНУ им. аль-Фараби, г. Алматы

вследствие срыва ледяных порогов из донного льда или прорыва снежных завалов, созданных лавинами. Твердая составляющая потока формируется, помимо тел ледяных порогов и снежных завалов, за счет снежно-ледяного покрова, наледей, шуги, русловых отложений. Такие потоки возможны до 3...5 раз за зиму. Несмотря на ограниченную мощность, они приносят значительный ущерб водохозяйственным и дорожным сооружениям» [2].

В «Большой советской энциклопедии» определение ледоводного паводка (шугохода) трактуется следующим образом: «Шуга, скопления рыхлого губчатого льда, находящиеся в водной толще (глубинная шуга) или на поверхности водоёма (поверхностная шуга). Образуется из кристалликов глубинного льда (внутриводного и донного), а также сала и снежуры. Возникает до ледостава при переохлаждении воды ниже 0 °С преимущественно на горных и порожистых реках, ниже поймы и в нижних бьефах гидроузлов, реже – на равнинных реках и озёрах. Шуга, сплывая вниз по течению (шугоход), занимает большие площади, забивает живое сечение, образуя зажоры. Шуга создаёт существенные затруднения в эксплуатации гидротехнических сооружений, забивая фильтры водозаборов и решётки отверстий ГЭС».

В научных статьях и монографиях отмечается в основном, что шугоход – движение всплывающего на поверхность водного потока и переносимого течением внутриводного льда (шуги), представляющего собой ноздреватую, рыхлую массу, состоящую из кристаллов пластинчатой формы. Шугоход образуется перед ледоставом, а также зимой на незамерзающих порожистых участках рек [7, 8]. На горных реках ледоводный паводок (шугоход) может быть весь зимний период и состоит из скоплений отдельных, не смерзшихся между собой кристаллов льда крупчато-шарообразной формы или в виде комьев. Значительные скопления шуги на реках подо льдом могут образовывать зажоры, что приводит к подъёму уровня воды, иногда значительному. Рассматриваются особенности развития процессов при наличии крупных гидротехнических сооружений и на отдельных конкретных крупных реках и водоёмах, предлагаются методы расчета характеристик шугоходов.

В терминологическом словаре В.Ф. Перова [6] ледоводным паводком (шугоходам) дается следующее объяснение: «водоледяной поток – один из типов параселевых потоков, в селевой массе которых твердая составляющая представлена обломками льда, с участием снега и обломков горных пород. Водоледающие потоки бывают ледникового и речного генезиса. Водоледающие потоки ледникового генезиса образуются вследствие срыва ледяных масс, на-

сыщенных трещинными водами; причинами срыва служат неустойчивое положение конца ледника, возникающее на определенном этапе его деградации или вследствие пульсации. Характеризуются гигантскими объемами выноса и очень высокими скоростями движения. Водолеянные потоки речного генезиса образуются в период зимних оттепелей вследствие срыва ледяных порогов из донного льда или прорыва снежных завалов, созданных лавинами. Твердая составляющая потока формируется помимо тел ледяных порогов и снежных завалов за счет снежно-ледового покрова, наледей, шуги, русловых отложений. Сход водолеянных потоков возможен до 3...5 раз за зиму. Несмотря на ограниченную мощность, приносят значительный ущерб водохозяйственным и дорожным сооружениям».

Механизмы формирования шугоходов на горных реках имеют ряд принципиальных особенностей.

Ниже приводится теория механизма формирования шугоходов рассмотренная Б.С. Степановым, Р.К. Яфязовой и В.В. Ждановым, именуемая ими водолеяными селями [3, 4, 9, 10].

Благоприятные условия для образования водолеяных селей создаются при резком понижении температуры воздуха, когда водная поверхность не защищена от переохлаждения ледяными образованиями. Интенсивный теплообмен между водной и воздушной массами приводит к переохлаждению воды, благоприятствующему образованию внутриводного льда, ледяных перемычек и т.д. В местах стеснения русла образуются зазоры. Образование зазора приводит к подъему уровня воды непосредственно на участке зазора и выше по течению. В свою очередь увеличение уровня воды, при практически неизменном расходе, сопровождается уменьшением скорости потока и, следовательно, уменьшением турбулентного перемешивания. Это ухудшает условия образования внутриводного льда, но создает предпосылки для образования поверхностного льда. За счет увеличения смоченного периметра возрастает гидравлическое сопротивление. Это приводит к уменьшению скорости потока, дальнейшему увеличению уровня воды и выходу на поверхность образующегося ледяного покрова. Описанный процесс многократно повторяется и, как следствие, образуется «слоеный пирог» из тонких прослоек льда и воды. Уровень заполнения русла водолеяными образованиями может превышать 2 м, тогда как до наступления низких температур уровень воды не превышал нескольких десятков сантиметров. Суммарные потери стока на ледообразование и подъем уровня воды в реке могут достигать десятков тысяч кубометров. Неоднородность морфологических характеристик по

длине реки приводит к формированию системы водоледовых образований ступенчатой формы. Их разрушение в результате быстрого потепления, антропогенного воздействия или недостаточной прочности отдельных ступеней водоледовых образований может приводить к формированию водоледового потока. По механизму и составу эти потоки могут быть отнесены к селям: лавинообразное нарастание расхода, большая концентрация льда (твердой составляющей). Особенностью водоледового селя является формирование одиночной волны, так как при ее прохождении в движение вовлекается практически весь лед, находящийся в русле, и снежный покров, попадающий в зону воздействия потока. В течение зимы неоднократное формирование водоледовых селей становится возможным при чередовании теплых и холодных периодов. Расход водоледовой волны может в 100 раз и более превышать расход воды в реке, предшествовавший селевому процессу.

По мнению Касенова М.К. (сотрудника ГУ «Казселезащита»), имеющего большой опыт наблюдения за формированием и прохождением шугоходов, эти явления целесообразно называть ледоводными селями. Процессы, их обуславливающие, в схематическом виде описываются Касеновым М.К. следующим образом: «Главная роль в формировании и прохождении шугоходов принадлежит донному льду: появление его – как первая предпосылка формирования, нарастание – как признак повышения опасности, срыв и всплытие – как начало процесса движения шугохода» (рис. 1а, 1б).



а



б

*Рис. 1. Фрагмент зон формирования (а) и прохождения (б) ледоводного паводка на р. Каскелен (Фото М.К. Касенова).*

Появление донного льда отмечается при отрицательных значениях температуры воздуха. При дальнейшем похолодании толщина донного льда увеличивается, что вызывает повышение отметок дна русла. Водный поток выходит за пределы соответствующего данному расходу сечения русла, рас-

текаясь по прилегающим к нему берегам, где часть воды застывает, образуя наледи. В местах скопления крупных камней или расположения элементов технических сооружений интенсивность нарастания донного льда резко возрастает. Возникают ледовые дамбы, частично или полностью препятствующие прохождению бытового стока. Вследствие возникающего подпора на вышерасположенных участках русла отмечается подъем уровня водного потока, который снова не вмещается в отведенное ему сечение, разливается и частично застывает, образуя новые наледи, ледяные мосты и ледяные дамбы. Процесс развивается как вверх, так и вниз по течению реки. Таких ледяных дамб по течению реки может образовываться несколько, с расстоянием примерно от 10 до нескольких сот метров между ними и на протяжении 1 км и более. Это период появления и увеличения потенциальной опасности шугоходов, а участки между ледяными запрудами – места наиболее вероятного их зарождения. Возникновение и формирование шугоходов происходит сверху вниз по течению и происходит при резком и значительном повышении температуры.

При повышении расхода за счет притока талых вод, объем воды на верхнем, характеризующемся наличием потенциально опасной обстановки, участке, происходит отрыв и всплытие фрагментов донного льда. При этом частично происходит срыв мелко фракционной части самоотмостки русла. О последнем свидетельствует появление красноватого оттенка потока. При движении смеси воды, ледяных обломков и грунтовых включений происходит сначала разрушение первого (сверху по течению) ледяного барьера. Затем при возрастающем расходе потока за счет вовлечения все новых масс воды, льда и грунта – последующих, расположенных на пути его движения. При этом в одних случаях движение потока в силу малых расходов или чрезмерной насыщенности ледово-грунтовыми включениями может замедляться или прекращаться перед очередным препятствием или преодолевает его, и активизируется вновь после поступления дополнительных порций талого стока. В других – характеристики потока могут непрерывно возрастать, достигая максимальных значений к выходу за пределы участков его формирования.

Такие процессы неоднократно наблюдались на реке Каскелен и являются типичными для других рек рассматриваемой территории.

Описания механизмов формирования наблюдаемых на горных реках шугоходов свидетельствует о том, что они могут быть выделены в самосто-

ятельный класс явлений с присвоением им отличного от принятого в основном для равнинных рек названия.

На основе приведенных выше описаний механизмов и особенностей прохождения представляется целесообразным называть наблюдающиеся на горных реках Иле Алатау явления *ледоводными паводками*.

Образование шуги, а также сала и снежуры обуславливают название явления – шугоходы. Явления, наблюдаемые на горных реках Иле Алатау, имеют ряд принципиальных отличий, поэтому вышеназванный термин не вполне им соответствует. В тоже время, отнесение наблюдаемых процессов к селевым может приниматься с оговорками. Наряду с такими признаками, как внезапность возникновения, быстрое протекание, со значительным увеличением расходов и большая разрушительная сила, плотность их, благодаря большому содержанию включений льда, невелика. В связи с этим данные явления более идентичны наносоводным селевым потокам. Поэтому предлагаемое название складывается из первой части – ледоводные (что показывает представление твердой составляющей льдом и частично относится к селевым) и второй – паводки, в связи с присутствием таких основных «паводочных» признаков, как резкое нарастание расходов, значительно превышающих исходные и быстрый их спад.

В наибольшей степени ледоводные паводки свойственны рекам центральной и особенно восточной частей Илейского Алатау. Их прохождение зафиксировано на реках Узынкаргалы, Шамалган, Каскелен, Аксай, Улькен Алматы. Формирование ледоводных паводков преимущественно происходит на низкогорных, реже среднегорных участках рек. Карта-схема распространения ледоводных явлений приведена на рис. 2.

В результате сбора, анализа и систематизации данных за 1994...2010 гг. установлено прохождение 20 ледоводных паводков. Из них наибольшее количество относится к реке Каскелен. – 55 %. Второй по повторяемости ледоводных явлений является река Узынкаргалы – 15 %; 10 % – приходится на р. Шамалган, по 5 % – на реки Аксай, Улькен и Киши Алматы (рис. 3).

Ледоводные паводки на реках отмечаются практически ежегодно. За период с 1994 по 2010 гг. лишь в течение пяти зимних сезонов (1995...1996, 1998...2000 и 2008...2010 гг.) не зафиксировано их прохождение (рис. 4).

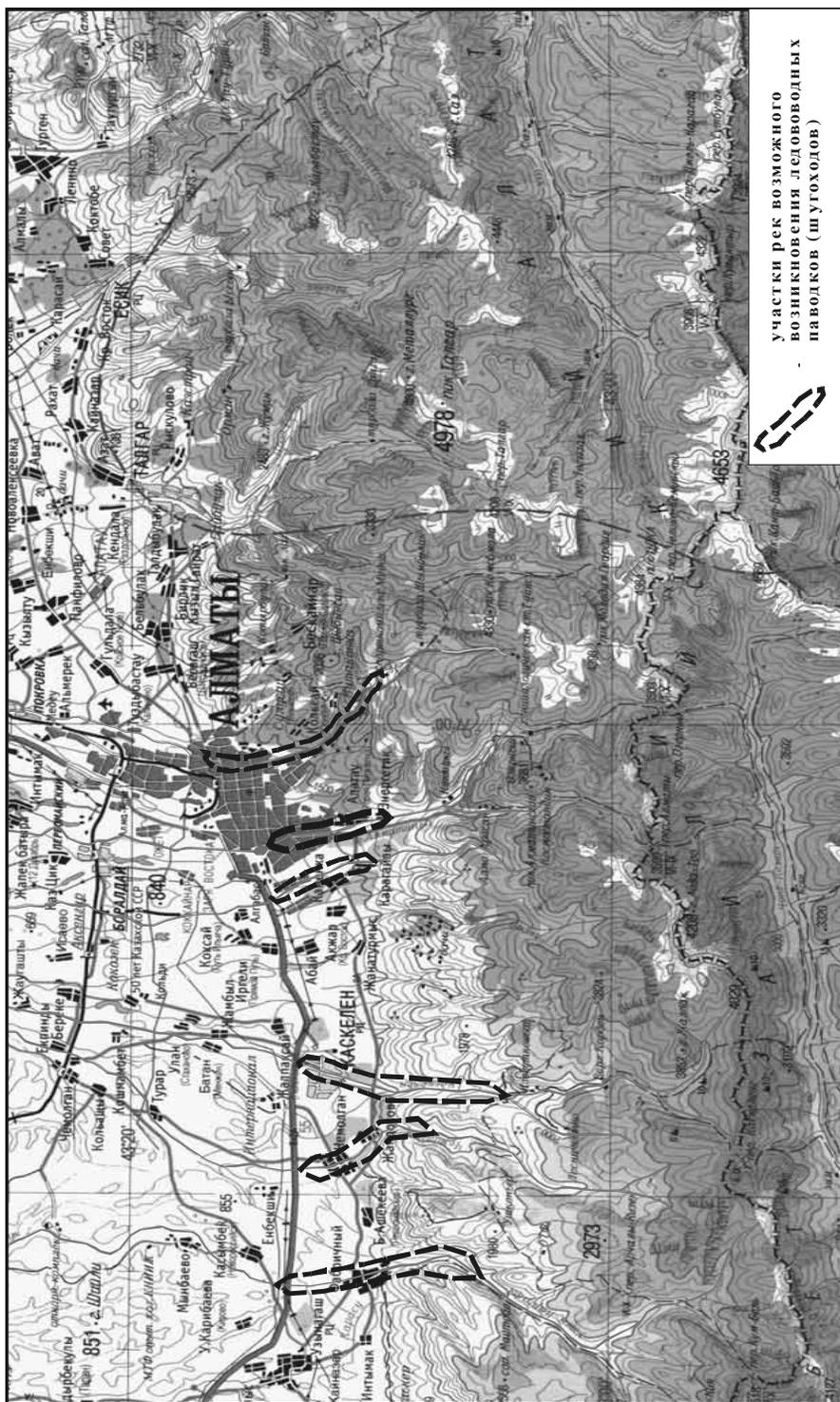


Рис. 2. Карта-схема ледоводных паводков на реках Илейского Алатау.

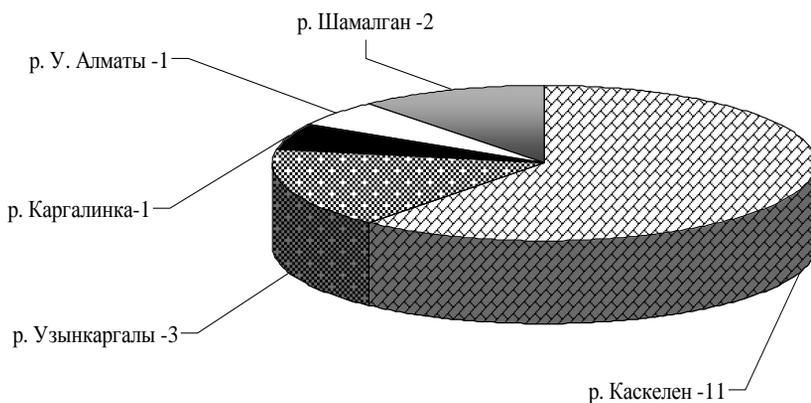


Рис. 3. Распределение ледоводных паводков в бассейнах рек Иле Алатау.

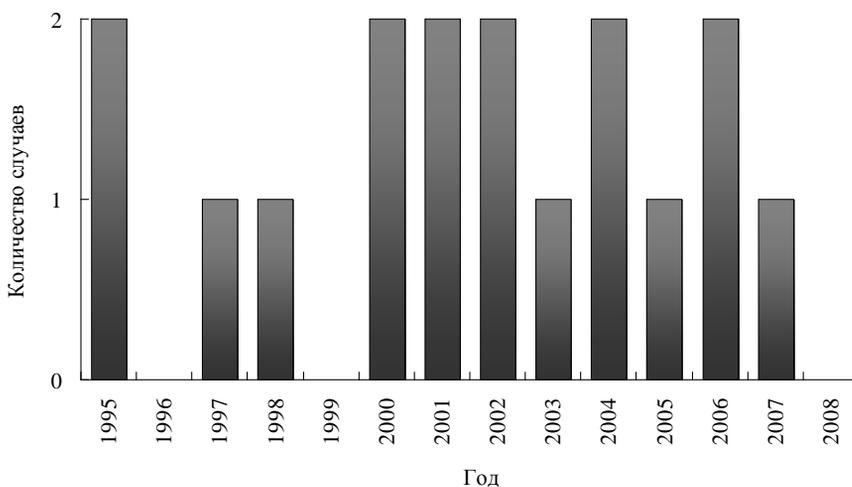


Рис. 4. Распределение ледоводных паводков в бассейнах рек Илейского Алатау по годам.

Период наиболее вероятного прохождения ледоводных паводков в холодный сезон начинается со второй половины ноября и продолжается до второй половины февраля. Наиболее характерны ледоводные паводки для января и декабря, на которые приходится суммарно 76 %, почти по 40 % на каждый, 15 % случаев составляют ледоводные паводки, формирующиеся в феврале, наименьшее число их в ноябре. В отдельные сезоны проходит по не-

Таблица

Сведения о прошедших ледоводных паводках в бассейнах рек Илейского Алатау\*

№ п/п	Дата прохождения	Река	Участки прохождения и воздействия	Расход, м <sup>3</sup> /с	Основные причины процессов формирования и возникновения	Ущерб
1	28.11.1987 г.	Киши Алматы	Быстроток селехранилища на р. Есентай	-	Гидрометеорологические и антропогенные	Существенное нарушение прочности ж/б конструкций
2	12.01.1995 г.	Каскелен		50	Преимущественно гидрометеорологические	Жертв и разрушений нет
3	18.12.1995 г.	Каскелен		30		
4	23.01.1997 г.	Каскелен	В черте г. Каскелена	1	Преимущественно гидрометеорологические	Жертв и разрушений нет
5	02.12.1998 г.	Улькен Алматы	В районе 7-ой ГЭС	12	Преимущественно гидрометеорологические	Снесено 12 откосных плит стабилизации русла реки
6	18.01.2000 г.	Каскелен	В черте г. Каскелена	110	Преимущественно гидрометеорологические	Частично поврежден пешеходный мост, нарушена стабилизация русла
7	05.02.2000 г.	Узынкаргалы	Низке селезадерживающей плотины		Преимущественно гидрометеорологические	Жертв и разрушений нет
8	08.12.2001 г.	Каскелен	В черте г. Каскелена	80...100	Преимущественно гидрометеорологические	В районе Казахско-арабского интерната была подтоплена территория
9	18.12.2001 г.	Каскелен	В черте г. Каскелена	40	Преимущественно гидрометеорологические	Скопление воды в районе а/д моста Алматы – Бишкек

№ п/п	Дата прохода	Река	Участки прохода и воздействия	Расход, м³/с	Основные причины процессов формирования и возникновения	Ущерб
10	07.12.2002 г.	Каскелен	В черте г. Каскелена	30	Преимущественно гидрометеорологические	Жертв и разрушений нет
11	09.12.2002 г.	Шамалган		5	Преимущественно гидрометеорологические	Снесен пешеходный мост в с. Шамалган
12	10.12.2003 г.	Каргалы			Антропогенные	Забит мостовой переезд по а/д пос. Калкаман – пос. Каменка
13	03.02.2004 г.	Каскелен	В р-не санатория «Сары-Ар-ка» в р-не казахско-арабской школы в р-не центрального рынка	5...6 12 до 30	Преимущественно гидрометеорологические	
14	04.02.2004 г.	Каскелен	В 300 м ниже устья р. Касымбек в створе селезадерживающей плотины в р-не санатория «Сары-Ар-ка» в створе казахскоарабской школы в р-не центрального рынка	5...6 17 50...60 60...65 до 75	Преимущественно гидрометеорологические	В районе центрального рынка в поток попал ребенок Жертв и разрушений нет.

№ п/п	Дата прохождения	Река	Участки прохождения и воздействия	Расход, м <sup>3</sup> /с	Основные причины процессов формирования и возникновения метеорологических	Ущерб
15	13.12.2005 г.	Шамалган		10...12	Преимущественно гидрометеорологические	Снесен пешеходный мостик выше школы, жертв нет
16	04.01.2006 г.	Каскелен		от 17 до 30	Преимущественно гидрометеорологические	Жертв и разрушений нет
17	05.01.2006 г.	Аксай			Гидрометеорологические и антропогенные	При прохождении ледяной массы под мостом образовался затор, вода вышла из русла и подтопила прилегающую территорию
18	05.01.2006 г.	Узынкаргалы	п. Фабричный	20...30 – 70...80	Гидрометеорологические и антропогенные	Погибли люди, разрушены гидротехнические сооружения и мосты, нарушено водоснабжение
19	05.01.2007 г.	Узынкаргалы	п. Фабричный	40...80	Антропогенные	Снесены пешеходные мостики через реку в п. Фабричном, ледяная масса в 3 местах вышла на а/дорогу на протяжении 150 м, повреждены элементы шпозов
20	07.01.2007 г.	Каскелен	В черте г. Каскелена	от 40 до 45	Преимущественно гидрометеорологические	Жертв и разрушений нет.
21	07.01.2007 г.	Узынкаргалы	п. Фабричный		Преимущественно гидрометеорологические	Жертв и разрушений нет.

*Примечание:* \* материалы сети наблюдений ГУ «Казселезашита» МЧС РК.

сколько ледовоходных паводков только в одном каком-либо месяце, в другие – в течение различных месяцев.

Наиболее типичным является прохождение ледовоходных паводков во второй половине суток, а именно в вечернее и даже ночное время.

В основном в течение зимы отмечалось по 2 случая ледовоходных паводка, в 15 % зим рассматриваемого периода – по 1 ледовоходному паводку. В зимний период 2006...2007 гг. было зафиксировано 3 случая.

В отдельные годы общее количество наблюденных ледовоходных паводков относится только к одной реке, на которой они имели место. В другие годы общее количество ледовоходных паводков является суммой случаев их прохождения по разным рекам.

Ледовоходные паводки могут проходить синхронно по разным рекам или с разницей во времени в 1...2 суток. Одновременное прохождение ледовоходных паводков может наблюдаться на 2...3 реках. При одновременном прохождении ледовоходных паводков на двух реках, в дальнейшем они могут продолжать формироваться только по одной из них последовательно друг за другом в течение достаточно короткого периода.

Систематизированные основные сведения по ледовоходным паводкам на реках Илейского Алатау приводятся ниже (табл.).

Несмотря на значительную угрозу для населения и хозяйственных объектов это природное явление мало изучено. В тоже время в целях избежания негативных последствий необходимо своевременное выявление опасности его возникновения и принятие защитных мер.

Для принятия управляющих решений по защите от разрушительных воздействий ледовоходных паводков необходимы методы их прогноза, профилактики, а также защитных мероприятий. Разработка таких методов является сложной задачей, требующей проведения углубленных научных исследований по обоснованию условий и механизмов формирования и движения ледовоходных паводков на базе не только материалов наблюдений, но и с использованием математического и физического моделирования, исследования геоморфологических факторов, русловых процессов и т.д.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Берденников В.П. Условия шугохода в зоне кромки льда при формировании затора // Труды ГГИ. – 1962. – Вып. 93. – С. 24-39.
2. Гляциологический словарь. / Под ред. Котлярова В.М. – Л.: Гидрометеоиздат, 1984. – 528 с.
3. Жданов В.В. Гидрометеорологические условия зимнего периода на север-

- ном склоне Заилийского Алатау // Гидрометеорология и экология. – 2006. – №4. – С. 102-107.
4. Жданов В.В. К оценке роли изменения температуры воздуха в формировании водоледовых селей // Гидрометеорология и экология. – 2006. – №2. – С. 73-78.
  5. Козлов Д.В. Лед пресноводных водоемов и водотоков. – М.: Изд-во МГУП, 2000. – 263 с.
  6. Перов В.Ф. Селевые явления. Терминологический словарь. – М.: Изд-во МГУ, 1996. – 46 с.
  7. Пехович А.И., Трегуб Г.А. Расчет шугообразования и движения кромки ледяного покрова в нижних бьефах ГЭС. // Известия ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева. – 1980. – Т. 143. – С. 87-91.
  8. Рымша В.А. Методика расчета стока шуги. // Труды ГТИ. – 1956. – Вып. 55. – С. 70-93.
  9. Степанов Б.С., Яфязова Р.К., Жданов В.В. Водоледающие сели. К механизму формирования водоледающих конструкций // Гидрометеорология и экология. – 2009. – №3. – С. 143-152.
  10. Яфязова Р.К. Природа селей Заилийского Алатау. Проблемы адаптации. – Алматы, 2007. – 158 с.

Поступила 21.12.2011

Геогр. ғылымд. докторы	А.Р. Медеу
Геогр. ғылымд. канд.	Т.Л. Киренская
	Н.К. Машукова
Геогр. ғылымд. канд.	А.К. Мусина

**ІЛЕ АЛАТАУЫ ӨЗЕНДЕРІНДЕ МҰЗДЫ-СУЛЫ СУ  
ТАСҚЫНДАРЫНЫҢ (АНЖЫР ЖҮРІСІ) КЕҢІСТІК ЖӘНЕ УАҚЫТ  
БОЙЫНША ҮЛЕСТІРІЛУІНІҢ ЖАЛПЫ ЗАҢДЫЛЫҚТАРЫ  
ЖАЙЫНДА**

*Іле Алатауы өзендеріндегі 1994...2010 жж. аралығында бақыланған мәліметтер жиналып, жүйеленген, олардың кеңістіктік-уақыттық үлестірімдері анықталып, олардың қалыптасуы мен жүріп өту ерекшеліктері қарастырылған.*