

ГИДРОЛОГИЯ

С. Я. Вартазаров

Ледовый режим рек Армении

Характерной особенностью большинства горных рек Закавказья является распределение их морфологических признаков по высотным зонам. Начинаясь обычно на высоте порядка 2000—2500 м. над уровнем моря, из озер, родников или ледников, реки в своих верховьях протекают с малыми уклонами и извилистым руслом.

Далее, река входит в глубокий каньон или ущелье, образуемые или отрогами горных хребтов, или прорытые в высокогорных плато. По выходе из каньона, примерно в последней трети своего пути, река протекает вновь с пониженными уклонами в равнинных предгорьях и, в некоторых случаях, при подходе к морю, имея все признаки равнинной реки. Длина каждого из указанных участков меняется в довольно значительных пределах, в зависимости от физико-географических условий протекания, при обязательном сохранении порядка их чередования. В соответствии с этим, меняются гидрологические характеристики реки—малые скорости и уклоны в верховьях, течение с большими скоростями до 3—4 м/сек., переходящее в бурное на порожистых участках в средней зоне и наконец спокойное течение со скоростями не свыше 1 м/сек. в нижних участках реки.

Климатические характеристики бассейнов горных рек*

Пересеченность рельефа нарушает ход синоптических процессов района данной реки, создавая отдельные зоны с существенно различными климатическими характеристиками, как суточными, так и месячными.

Режим соседнего бассейна по этим же причинам может быть отличен от изучаемого, ввиду чего корреляционная связь между отдельными элементами не всегда может быть найдена.

Несмотря на количественное различие отдельных характеристик по районам и зонам, процессы их изменения по времени довольно однообразны, что позволяет делать известные обобщения, в особен-

* Статья составлена применительно к рекам Армении, с привлечением материалов по характерным рекам остальных районов Закавказья.

ности в многолетнем разрезе. Наиболее ярко эти изменения проявляются для температуры воздуха, которая, будучи легко наблюдаема, может служить основным показателем всех зимних процессов, для оценки которых прочие метеофакторы—влажность воздуха, ветер, осадки, облачность, могут быть отнесены к категории второстепенных, вносящих лишь некоторые нарушения в обнаруженные закономерности.

Суточный ход температур отличается резкой сменой дневных и ночных температур, частым переходом, в начале и в конце зимнего периода, от отрицательных к положительным значениям. Эти колебания имеют место на протяжении всего зимнего периода с переменной амплитудой от (3—4°) до (15—18°), в зависимости от характера местности и суровости зимы.

На рис. 1 приведены четырехсрочные наблюдения по одному из постов, из которых может быть усмотрена эта изменчивость и ее влияние на ледовый режим. По абсциссе отложены дни, по ординате температуры.

Помимо суточных колебаний можно наблюдать более длинные волны понижения—или повышения—среднесуточной температуры в месячном разрезе.

Длина и амплитуда этих волн меняется в течении зимнего периода. В начале и конце зимы, когда имеет место попеременное вторжение теплых и холодных воздушных масс, длина волн ограничивается 5—6 днями. В середине зимы волна понижения может охватить до 20 дней месяца с амплитудой до (12°). На волну среднесуточной температуры накладываются суточные колебания. В местности с неустойчивым режимом охлаждения можно наблюдать кратковременные волны, не выходящие из отрицательной зоны. Следует подчеркнуть, что приведенный график достаточно типичен для высокогорных рек.

Для различных лет, в зависимости от средней температуры зимнего периода, меняются экстремальные значения месячных и суточных температур при мало изменяющемся общем ходе колебаний из года в год.

Указанное своеобразие климатических и морфологических характеристик горных районов создает ряд особенностей в протекании ледовых процессов, резко отличных от равнинных рек.

Рассмотрим условия образования отдельных видов льда.

Шуга.*

Основным ледовым явлением, наиболее часто и устойчиво встречающимся на всех горных реках, следует считать шугу. Хорошо

* Необходимо подчеркнуть, что как то понимается в настоящее время, шуга и донный лед представляют собой лишь разновидности общей формы внутриводного льда. Для удобства транскрипции и лучшего понимания их особенностей мы сохраняем прочно вошедшие в литературу понятия „шуга“ и „донный лед“.

увязываясь с синоптическими процессами в бассейне реки и в большинстве случаев следуя за изменением температуры воздуха, шуга доминирует как количественно, так и по частоте появления над всеми остальными видами льда. Изменчивость метеорологической обстановки и морфологической характеристики русла способствует развитию шугообразования в отличие от других ледовых явлений, требующих устойчивых процессов охлаждения. Несмотря на кажущееся разнообразие условий протекания различных рек, имеется общность в климатических характеристиках в особенности в разрезе высотной зональности, ввиду чего для иллюстрации особенностей шугообразования приведем ниже данные по наиболее типичной реке — Ахурян, на которой все явления протекают особенно ярко.

А. Как показали наблюдения на ряде постов, может быть установлена достаточно определенная увязка между синоптическими процессами в бассейне реки и появлением шуги. Наибольшее число случаев возникновения шуги, соответствующих наиболее интенсивному охлаждению, приходится на вторжение в районы бассейна холодных полярных масс (таблица № 1)—58% от общего числа наблюдаемых случаев*.

Фронтальные зоны, дающие меньшую продолжительность отрицательной температурой волны образуют шугу в 29 случаях из 100 и, наконец, наименьшее число дней с шугой приходится на теплые полярные массы (13%). В последнем случае необходимый температурный режим для шугохода может быть получен лишь на ограниченном числе участков с благоприятным рельефом для скопления в глубоких ущельях стекающего со склонов холодного воздуха.

Увязка шугохода с отрицательными волнами кривой среднесуточной температуры хорошо видна на рис. 1 (река Ахурян, пост Капс), где каждой волне понижения соответствует определенная длительность хода шуги, в количестве тем большем, чем ниже температура.

При рассмотрении связей между ходом шуги и температурой следует иметь ввиду, что фиксируемая на данном посту шуга не образовалась в непосредственной близости от поста, а представляет собой результат различного режима вышележащих участков, на одном из которых и могла образоваться наблюдаемая шуга. Это положение приводит к тому, что связь между ходом шуги на данном посту и метеообстановкой на этом же посту, не устанавливается сколько-нибудь успешно. На рис. 1 показан ход шуги на посту Капс и температура воздуха на посту Шурабад. Увязка получилась в силу достаточной показательности данных по верхнему посту. В каждом частном случае должна быть найдена станция, с которой наилучшим образом увязываются ледовые явления на нижележащем участке.

* А. Г. Балабуев—Отчет ТНИСГЭИ, 1938 г. (рукопись).

Таблица 1.

Распределение хода шуги по синоптическим положениям 1937—38 г.

(По Балабуеву)

Синоп. поло- жен.	К а п с					К у ш и					Бармаксиз					Боржоми					Г о р и					Всего дн.	в % %
	XII	I	II	III	Σ	XII	I	II	III	Σ	XII	I	II	III	Σ	XII	I	II	III	Σ	XII	I	II	III	Σ		
Холод. полярн. массы	7	10	9	9	35	0	2	7	8	17	0	7	0	2	9	0	3	4	4	11	0	1	5	0	76	78	58
Тепл. полярн. массы	8	1	0	4	13	0	0	1	2	3	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	18	13
Фронтальн. зоны	4	5	5	3	17	0	2	3	3	8	0	3	2	0	5	0	3	2	1	6	0	1	2	0	3	39	29
С у м м а	19	16	14	16	65	0	4	11	13	28	0	11	2	2	15	0	6	6	6	17	0	2	8	0	10	135	100

Отмеченная закономерность не всегда имеет место.

Подчиненность шугообразования многим случайным факторам, как снеговой покров в верховьях, частичное покрытие реки льдом, впадение теплых родников или притоков и т. п. приводит к тому (подробности см. ниже), что во многих случаях закономерность нарушается и имеет место возникновение шуги при необычных условиях, что подлежит особому учету. При средних условиях приведенных в таблице 1 и рис. 1 зависимости общие для многих рек.

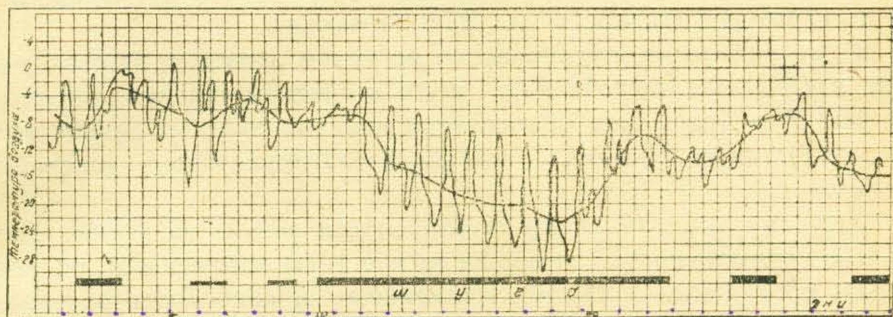


Рис. 1.

Особенно ярко проявляется отсутствие закономерности в ходе шуги для небольших рек, для которых решающее значение имеет микрорельеф. Шугоносность некоторых рек бывает весьма значительна. Так, например, приток р. Топараван река Корх с средним расходом в $0,6 \text{ м}^3/\text{сек.}$ имеет шугоносность до 90 дней, в то время как р. Топараван в месте впадения р. Корхи имеет шугоносность лишь 30 дней. К сожалению, в материалах наблюдений не отмечено сколько-нибудь подробных данных по шугоносности малых рек.

Б. Шугоносность рек* весьма различна и колеблется в значительных пределах, в зависимости от климатических характеристик бассейна, гидрологических и морфологических характеристик бассейна реки. Установить какие либо закономерности в распределении шугоносности в данное время не представляется возможным из-за недостаточности материала и поэтому приходится ограничиваться констатацией фактически наблюдаемых значений. Для возможности использования наличных материалов, составлена карта шугоносности рек Армении (рис. 2), приведенные данные должны рассматриваться как предварительные и подлежащие дальнейшему уточнению. Число рек, охваченных картой, ограничено наличием материалов. На карте приведены сведения о числе дней хода шуги без количественной его оценки. Некоторые данные по количеству шуги приводятся ниже.

* Под шугоносностью понимается число дней в году с зарегистрированным ходом шуги.

Для карты принята следующая условная оценка шугоносности.

1. Река не шугоносна там, где это подтверждено наблюдениями.
- 2 Шугоносность менее 10 дней.
3. " от 20—30 дней.
4. " от 30—50 дней.
5. " более 50 дней.

Карта составлена по материалам исследований ТНИСГЭИ* до 1937 г., материалам АрмУГМС** с 1937 по 1943 г. и по личным наблюдениям автора; также использована составленная автором в 1935 г. карта шугоносности для ВЭС Закавказья.

В распределении шугоносности по рекам обращает на себя внимание наибольшая частота хода шуги в среднем течении большинства рек. Это положение объясняется неустойчивостью синоптических процессов на средних отметках и благоприятными условиями течения.

Экстремальные величины шугоносности весьма различны. Наибольшая шугоносность отмечена за все годы наблюдений по реке Ахуриан, пост Капс—в 82 дня. Наименьшая шугоносность ограничивается отдельными днями появления шуги. Пределы колебания по одному и тому же участку реки из года в год также велики. По р. Капс (р. Ахуриан), (см. табл. 2), в 1936—37 г. шугоносность составила 37 дней с общей продолжительностью хода в 459 часов, в 1937—38 г.—68 дней с продолжительностью хода в 1201 час. Приводимые на карте данные выведены как средние многолетние, но не приведены к одному периоду из-за разрозненности данных.

Таблица 2.

Средне-многолетние данные. Пост Капс, река Ахуриан

Наименование элементов	М е с я ц ы						За зимн. период
	XI	XII	I	II	III	IV	
Темпер. средн. воздуха	—0,9	—6,4	—11,2	—9,3	—3,8	0,4	114
макс.	4,3	—0,4	—2,7	—1,8	1,2	4,3	
миним.	—4,3	—9,6	—26,7	—13,8	—12,4	4,1	
Сумма отриц. темпер.	28	176	327	294	114	10	61
Продолжительность стояния отрицательных температур в днях	16	20	31	28	16	3	
Температура воды	+0,2	+0,1	0	0	+0,1	+0,2	
Средняя температура шугохода	—2,4	—8,6	—14,3	—10,6	—6,3	—1,2	
Шугоносность дней	8	14	18	14	6	1	

* Архив гидролаборатории ТНИСГЭИ (Тбилиси).

** Архив Водно-энергетического Ин-та Акад. Наук Арм. ССР (Ереван).

В. В пределах зимнего сезона шугоносность распределяется довольно закономерно, следуя за среднемесячной температурой.

Наиболее шугоносными месяцами, обычно, являются январь и февраль и иногда декабрь (табл. 2), но, однако, не исключено и иное распределение в зависимости от особенностей температурного режима зимы.

Г. Продолжительность непрерывного хода шуги также претерпевает существенные изменения довольно случайного порядка.

Средняя продолжительность шугохода обычно не превышает 10—14 часов, но отмечены периоды резкого охлаждения в бассейне реки, когда шуга движется по реке почти непрерывно в течении нескольких дней, (напр. 2 декада декабря 1936 г., когда длительность хода шуги составила 233 часа). Очевидно, что такие случаи достаточно редки. Длительность хода шуги на нижних постах по реке суммирующих весь сток, еще не означает факта ее возникновения в течении всего наблюдаемого периода.

Появление шуги отмечено главным образом в ночные и утренние часы. При внезапных похолоданиях, вызванных резким вторжением холодной воздушной массы, наблюдалось появление шуги и в вечерние часы. После восхода солнца, в особенности в ясные дни, шуга прекращается, даже если температура воздуха остается отрицательной, порядка -3 — -4° ; при более низких температурах убывает количество шуги, но движение ее продолжается в течение всего дня.

Следует подчеркнуть исключительную роль радиационной теплопотери для охлаждения горных рек и образование шуги. Наибольшая интенсивность шугохода наблюдается в периоды с ясным небом. К сожалению, из-за слабой освещенности вопроса радиации по Закавказью, нет возможности привести количественные данные теплопотери.

Д. Для полной оценки явления шугообразования необходимо охарактеризовать количественную сторону явления. В этом направлении автором были предприняты в 1935 г. на Ленинканской ГЭС опытные замеры расходов шуги специальными приборами—шугомерами*. Частицы шуги концентрируются в верхних слоях потока, причем с увеличением скорости течения происходит занос частиц в глубину. Наблюдениями установлены два предельных состояния влечения шуги потоком. Концентрированный пласт в поверхностном слое и равномерное распределение шуги по всему сечению. Промежуточные стадии являются функцией скорости. Автором получена расчетная формула для определения кривой распределения шуги.

Замеры расхода производятся по батометрическому принципу—мгновенным взятием из потока пробы воды и шуги и определения

* С. Я. Вартазаров—Методы количественного учета шуги Мет. и Гидр., № 9 1939 г.

ее содержания в точке, после чего графоаналитически подсчитываются расходы шуги*. Не останавливаясь подробно на характере движения и распределения шуги в потоке, описанных нами ранее**, приведем некоторые данные замеров***.

Измеряемыми величинами для определения расхода шуги является коэффициент сплошности (балльность), т. е. степень заполнения зеркала реки шуговыми пластами, толщина слоя шуги, средняя концентрация шуги и скоростной режим потока.

Замеры показывают, что с увеличением расхода шуги увеличивается коэффициент сплошности и толщина слоя, причем последняя в значительной степени зависит от скорости потока и определяется в пределе его глубиной. Коэффициент сплошности по нашим наблюдениям не может превысить 0,85—0,90 площади зеркала. Во всех наблюдаемых случаях у берегов сохраняются узкие кромки чистой воды. После достижения обеими величинами при заданных гидравлических условиях некоторого предела, при возрастании расхода шуги происходит дальнейший рост насыщения шугой потока, которое, исходя из физических особенностей шуговых пластов, не может, очевидно, превысить значения 0,80—0,85 без дальнейшего смерзания. Значение 15—20%-порозности плотной массы шуги (полученной по замерам) является следствием обволакивания частиц шуги пленкой воды.

Эти предельные случаи обычно не имеют место и относятся к разделу катастрофических явлений, когда происходит смерзание движущихся масс шуги и закупорка живого сечения. Обычно, в средних условиях расход шуги колеблется от 3÷5% до 25÷30% от общего расхода воды, в зависимости от величины расхода реки. Как то видно из графика связи коэффициента сплошности и расхода шуги, величина „К“ растет до некоторого значения расхода, после которого изменяется в пределах, практически неуловимых существующими методами измерения (рис. 3). Разброс точек на графике объясняется неточностью замера расхода и балльности.

Характерное распределение шугового слоя наблюдается на р. Б. Лиахва (рис. 4), при котором очертание нижней кромки слоя точно соответствует режиму глубин и скоростей по сечению, с максимальной глубиной погружения слоя на стрелке потока.

Результаты замеров расхода шуги на канале КанакиргЭС**** показывают величину расхода шуги в 1,2 м³/сек. при расходе воды в 40,0 м³/сек.

* Р. С. Малхазян—К вопросу измерения количества шуги. Изв. ТНИСГЭИ № 1, 1939 г.

** С. Я. Вартазаров—Распределение шуги в потоке. Труды Энергосектора АН Груз. ССР, № 1, 1940 г.

*** Материалы замеров находятся в архиве Гидролаборатории ТНИСГЭИ (Тбилиси), а также в отчетах автора по ТНИСГЭИ за 1936, 1937 и 1938 г. г. (рукопись).

**** Данные любезно предоставлены нам Р. С. Малхазяном, проводившим измерения.

Отсутствие систематических наблюдений за расходом шуги на ряде пунктов не дает возможности проанализировать шугообразующую способность рек и построить соответствующие расчетные зависимости.

Донный лед.

Донный лед образуется на ограниченном числе участков реки при благоприятных условиях морфологии русла и течения. Распределение донного льда по реке своеобразно и не подчиняется ярко выраженным закономерностям.

На некоторых участках можно наблюдать интенсивное образование донного льда, покрывающего временами все дно реки, причем лед обнаруживается на них из года в год. На многих же участках донный лед вообще не наблюдается. В таблице 3 приведены наблюдения на посту р. Ахурян по ст. Амасия, из которых можно усмотреть, что появление донного льда имеет место почти ежедневно и при весьма небольших отрицательных температурах.

Сопоставляя ряд наблюдений на различных реках, можно прийти к выводу, что благоприятными условиями для образования донного льда будут:

1. Скорость течения не выше 1,0—1,5 м/сек.
2. Достаточное перемешивание, обеспечивающее поступление шуги в донные слои потока.
3. Наличие каменистого ложа, создающего задержку плывущим шуговым пластам.
4. Интенсивный шугоход.
5. Сравнительно высокие температуры воздуха (не ниже 10°).

Длительность нахождения слоя донного льда в русле реки обычно не велика и редко превышает 1—2 суток.

Нормальные условия появления донного льда—образование в ночные часы и всплывание днем при потеплении воды и дна. При длительном устойчивом шугоходе, а также под льдом, донные отложения могут сохраняться в продолжении нескольких суток.

Всплывший донный лед присоединяется к шуге или движется отдельными пластами.

Нередко можно наблюдать отложение донного льда под берегами или под ледяным покровом. В последнем случае легко образуется затор, существенно влияющий на режим реки.

Частота появления донного льда и увязка с шугоходом приведена в таблице 4, на основании наблюдений по посту Амасия, р. Ахурян и по посту Джава, р. Б. Лиахва.

Число случаев появления донного льда дано в многолетнем разрезе.

С особой интенсивностью происходят процессы образования донного льда на малых реках. Бурное течение, при наличии в русле реки многочисленных валунов и порогов создает благоприятные ус-

Таблица 3

Р. Ахуран, п. Амасия

Дата	Часы	Температ. воздуха	Температ. воды	Облач- ность	Осадки	Данные о шуге	Данные о донном льде
11/ XII	7	-10°	0°	0	—	Весь день идет шуга зернистого строения. Покрытие реки $K=0,6$. К 4 часам дня шугоход уменьшился ($K=0,3$) к вечеру опять увеличился.	Утром обнаружен донный лед, покрывающий все дно реки такой же структуры, что и шуга. Располагается с верхней стороны камней. Толщина слоя 10—15 см.
	13	-2°	0	2	—		
	19	-6°	0	0	—		
6/1	7	-16°	0°	0	—	Шуга шла всю ночь. Особенно большое количество было утром. Почти вся поверхность воды покрыта шугой. В некоторых местах возникают зажоры, т. к. шуга не успевает проходить между камнями. Днем шугоход несколько уменьшился. Отмечены смерзшиеся комья шуги.	Донный лед лежит сплошным слоем на дне реки, толщина до 25 см. Не покрыты льдом только крупные камни. Особенно много льда в местах со слабым течением. Можно наблюдать свежие уплотненные отложения.
	13	-8°	0°	6	—		
	19	-11°	0°	4	—		
17/ II	7	-8°	0	8	—	Утром шла шуга в небольшом количестве. Шугоход прекратился в 8 ч. и возобновился в 12 ч. Шуга идет грязная—очевидно всплывший лед. К 3 ч. ход шуги опять прекратился.	Утром отмечен донный лед у берегов, под заберегами. Судя по его плотной структуре—это лед оставшийся от прошлых дней. В середине реки дно чистое.
	13	0°	0	10	снег		
	19	-2°	0	10	—		
22/ II	7	-6°	0	0	—	Ночью шла шуга в небольшом количестве и продолжала идти все утро. К 12 часам вода помутнела и среди шуги стали попадаться грязные комья с вкраплением песка и водорослей. Временами появляются отдельные льдины	Донный лед наблюден у нескольких камней в середине реки. Днем дно очистилось полностью
	13	+4°	+0,4	0	—		
	19	-2°	+0,1	0	—		

ловия для отложения донного льда. Количество его бывает временами настолько значительным, что дно реки, покрывается сплошным покровом льда, и вода выходит из берегов. Имеются отдельные сведения о такого рода явлениях на реках, стекающих со склонов Арагаца.

Также отмечено интенсивное всплывание донного льда в дневные часы и движение его в виде шуги.

При устойчивых морозах мощные пласты донного льда примерзают, превращаясь в устойчивый ледяной покров.

Поверхностный лед.

Процесс образования поверхностного льда на горных реках носит характер случайного явления, находясь под влиянием многочисленных факторов, в отличие от устойчивых и длительных процессов ледостава и ледохода на равнинных реках.

Таблица 4

Месяцы число дней		XI	XII	I	II	III	IV	За зиму
Ахурян- Амасия	шуга	7	14	13	13	8	5	66
	донн. лед	2	10	19	10	4	1	46
Лиахва- Джава	шуга	10	13	23	16	12	2	76
	донн. лед	8	12	20	16	9	—	65

Плотный, большей частью кристаллической структуры лед образуется на поверхности реки на ограниченных участках, с пониженными скоростями (не свыше 1 м/сек.) при условии, что течение не способно сломать и унести льдины в первый период их образования. После того, как образовались забереги и замерзли плесы, ледяной покров постепенно распространяется на поверхности реки и при благоприятных метеорологических условиях может захватить участки реки и со значительными скоростями течения. В особо суровые зимы, при длительном устойчивом стоянии отрицательной температуры, льдом покрываются даже порожистые участки с бурным течением, со скоростями до 3—4 м/сек.

В обычных условиях течения и суровости зимнего периода поверхностный лед может быть наблюдаем в виде заберегов в среднем и нижнем течении рек, или в виде ледяных мостов—узких полос льда, идущих от берега к берегу, или из небольшого протяжения ледяных полей. Сплошной ледяной покров, как правило, наблюдаем лишь в верховьях рек на участках с малыми уклонами и скоростями течения.

Рост льда происходит довольно интенсивно и следует за ходом температуры воздуха. В таблице 5 приведены данные по росту льда на посту Амасия р. Ахурян, из которой видно, что достигнув предельной толщины в 36 см., ледяной покров в дальнейшем меняет толщину, в зависимости от средне-суточной температуры, причем даже небольшое повышение температуры дает заметное уменьшение толщины.

Эта зависимость от температуры воздуха обуславливает крайнее непостоянство ледяного покрова. Резкое колебание температуры

Таблица 5

Месяц	Ф е в р а л ь										М а р т									
Д н и	12	14	16	18	20	22	24	26	28	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	
Температура	-7	-5	-2	-4	-4	-6	-5	-6	-8	-10	-16	-12	-2	-5	+3	0	-8	-5	-6	
Толщина льда в см.	12	14	15	15	18	20	18	20	23	27	34	36	36	35	34	34	36	34	34	

в течение суток или кратковременное потепление вызывает стаивание ледяного покрова, его ломку, отрыв заберег и движение разрозненных льдин по реке. В силу этого, явление ледохода не может быть приурочено к какому-либо определенному моменту зимнего периода, а наблюдается с различной частотой и интенсивностью в течение всей зимы. Каждая последующая волна холода вновь вызывает образование льда, что приводит к непрерывной смене ледостава и ледохода. Отдельные ледяные поля также не могут быть достаточно устойчивы из-за отсутствия на них снегового покрова, одуваемого ветром.

Устойчивость ледяного покрова может быть наблюдаема в верховьях рек озерного питания, где рельеф местности и большая устойчивость волн охлаждения способствует росту льда и сохранению на нем снега. Явление ледохода, в виде одновременного сдвига ледяных масс на значительном протяжении реки не наблюдается. Снижение дебета реки к концу зимнего периода приводит к тому, что под ледяным покровом река течет свободно. При стаивании льда центральная часть ледяной коры обрушивается, после чего происходит постепенное разрушение поднявшейся водой оставшихся заберег.

Малые размеры рек и их заваленность крупными камнями способствует частому образованию заторов от плывущих льдин, которые, в сочетании с другими ледовыми явлениями, могут существенно нарушать режим реки (см. ниже).

Благоприятным обстоятельством для возникновения заберег и частичного ледяного покрова являются остатки шуговых зажоров. Шуговые массы, уплотненные при их большом скоплении, легко смерзаются и дают основание для роста ледяных полей. Интересно отметить, что лед шугового происхождения весьма непрочен и легко разламывается.

Увеличение толщины льда в некоторых случаях происходит за счет образования донного льда, который часто обнаруживается под берегами. Это явление наблюдается сравнительно редко, из-за неустойчивости самих заберег.

Толщина ледяного покрова колеблется в значительных пределах и зависит от многих случайных факторов.

В среднем течении рек редко можно наблюдать лед толщиной свыше 15—25 см. поскольку нет устойчивости в метеорологической обстановке. В верховьях мощность ледяного покрова достигает иногда до 60—70 см. (р. Ахурян, Шурабад 1936 г.) обычно не превышая 40—50 см.

Небольшая площадь зеркала реки приводит к тому, что при впадении теплого родника или притока вся река остается открытой и полынья не образуется, как это имело бы место на равнинной реке.

Ввиду малой тепловой инерции водных масс горного потока и знакопеременности температурного режима воды в соответствии с суточными колебаниями температуры воздуха, обычные методы расчета толщины ледяного покрова, движения кромки льда, местоположения нулевой изотермы и т. п. неприменимы*.

Снежура.

Движение по реке снега, сдутого с берегов и выпавшего на поверхность потока, наблюдается довольно часто и потому должно быть рассмотрено как один из элементов ледового комплекса, имеющего не меньшее значение для зимнего режима горных рек, чем поверхностный или донный лед.

Рассмотрение данных по снеговому покрову и по метелевой деятельности показывает, что в районах с большим количеством твердых осадков, метели встречаются достаточно часто и перенос ими снега происходит весьма интенсивно.

Для примера приведем данные по району Н. Ахты, бассейна р. Раздан (Занги), по которому имеются наиболее полные данные. Необходимо иметь ввиду, что приводимые характеристики применимы для ряда других районов.

В таблице 6 приведены средние многолетние данные по числу дней

Таблица № 6

(Балабуев)

Месяцы	XI	XII	I	II	III	IV	З а з и м у
Число дней	3	20	31	28	31	10	123

со снеговым покровом, из которых усматривается, что 60% всего зимнего периода, в районе лежит снег. Мощность снегового покрова составляет в среднем 40—50 см., но в отдельные периоды достигает 1,0 м. В таблице 7 приведена толщина снегового покрова по станции Н. Ахта.

* В настоящее время в Водно-энергетическом Ин-те АН Арм. ССР проводится работа по расчету ледообразования для горных потоков.

Таким образом, запасы снега достаточно велики и при благоприятных условиях рыхлости снегового покрова перенос снега может быть значительным.

Метелевая деятельность в этом же районе может быть охарактеризована цифрами табл. 8.

Таблица 7
(Балабуев)

Толщина снегового покрова в см.

Дек. мес.	Средн. за декаду			Средн. за м-ц
	1	2	3	
XI	4	7	7	6
XII	10	12	21	14
I	24	26	32	27
II	33	42	43	39
III	54	54	48	52
IV	35	15	—	17

В месяцы с наибольшей толщиной снега количество метелей доходит до 11. Интересны сведения о продолжительности метелей (таблица 9).

По уточненным данным, метели обычно не продолжаются круглые сутки. Непрерывная метель зарегистрирована в течении 10—14 часов. Если принимать по Хргиану*, то интенсивность метелевого переноса снега может составить 50 гр./мин. на 1 пог. м., то станет по-

нятым то количество снегуры, которое наблюдается на некоторых реках, достигающее, напр., на р. Ахуран до 1,5—1,8 м²/сек.

Таблица 8

М е с я ц ы	I	II	III	IV	XII	Всего
Число дней с метелью	2	11	9	1	3	25

Движение снегуры по реке начинается с первых же часов снегопада или метели. При продолжающемся попадании снега в реку количество снегуры возрастает и в некоторых случаях доходит до 50—60% от общего расхода воды в реке (для условий малых рек). Такое количество было неоднократно наблюждено нами на р. Ахуран и на Ленинанканской ГЭС, когда по каналу двигалась кашеобразная масса снега и воды**. Нужно подчеркнуть, что для сооружений, снегура, в силу большой смерзаемости, более опасна, чем шуга.

По своим гидравлическим свойствам снегура довольно близка к шуге и потому к ней полностью применимы те характеристики, которые даны нами для шугохода.

При движении по реке большие массы снега легко образуют заторы, которые, смерзаясь, переходят в сплошной ледяной покров.

* Хргиан—„Мет. Гидр“, № 7, 1938.

** Вартазаров С. Я.—Труды Энергосектора АН Груз. ССР, 1941 г. № 1.

При низкой температуре воздуха может иметь место переохлаждение сдуваемого ветром снега. В этом случае снег попадает в воду, создает благоприятные условия для ее переохлаждения и образования шуги.

Таблица 9 Наблюдения показывают,

Число дней		Число случаев
1	День подряд	13
2	"	4
3	"	3
4	"	—
5	"	2
6	"	1

что многие метели имеют место при температуре воздуха -10° и ниже, что и создает условия для охлаждения снежных частиц.

При узких ущельях и мощном снеговом покрове, после продолжительной метели, может образоваться сплошной

снежный свод над рекой, который, уплотняясь, сохраняется длительное время и снижает теплоотдачу потока.

Особенно ярко это явление наблюдается на небольших притоках при направлении доминирующего ветра поперек реки.

Общие условия зимнего режима.

Установив особенности возникновения на горных реках отдельных видов льда, дадим характеристику всего комплекса ледовых явлений при различных условиях зимнего периода.

Наблюдены три вида протекания зимнего периода:

1. Сумма отрицательных температур резко возрастает в первые месяцы зимы.

2. Сумма отрицательных температур нарастает равномерно с наибольшим градиентом после середины зимы.

3. Медленное нарастание суммы отрицательных температур при перемежающихся оттепелях.

В первом случае ледовые процессы протекают интенсивно с первых же дней зимы. Образовавшиеся забереги постепенно нарастают и в скором времени смыкаются, перекрывая все зеркало реки на стремнинах. На участках с медленным течением поверхностный лед образуется с первыми заморозками и растет без нарушений.

Шуга идет почти непрерывно до тех пор, пока большая часть реки не покрывается льдом и шугообразование уменьшается, становясь случайным явлением.

Длительность устойчивого ледостава доходит до 2—2,5 месяцев. С началом вторжения теплых воздушных масс устойчивость ледяного покрова нарушается, река вскрывается и возобновляется шугоход.

При равномерном нарастании охлаждения бассейна не наблюдается устойчивый ледяной покров и шуга идет в течение всей зимы с одинаковой интенсивностью. В эти периоды наиболее часто наблюдается

снежура, так как открытая поверхность реки аккумулирует перемещаемый ветром снег на всем протяжении реки.

Характерное влияние режима охлаждения на шугоход приведено в таблице 10. Зима 1936—37 г. типична ранним ледоставом с 24/XII по 2/II. За декабрь м-ц интенсивность шугохода та-же, как и для декабря 1937 г.

Последующие месяцы обоих сезонов резко различны. Из-за отсутствия ледостава в зиму 1937—38 г. шуга идет непрерывно, в то время, как в январе и феврале 1937 г. наблюдаены единичные случаи появления шуги.

Третий из описанных видов режима охлаждения бассейна характерен неустойчивостью ледовых процессов. Шуга появляется от случая к случаю. Иногда наблюден непрерывный ход шуги в течение нескольких дней, с последующим за тем перерывом в 5—10 дней. Забереги неустойчивы и шугоход чередуется с ледоходом. Часты метели с небольшой продолжительностью. Зима с попеременным вторжением холодных и теплых воздушных масс при частых окклюзиях обычно характеризуется как „теплая“.

В такие зимы особенно ярко проявляется элемент случайности в отдельных ледовых явлениях.

При неблагоприятном сочетании условий—резкого падения температуры, интенсивного хода шуги и метели, может иметь место катастрофическое образование льда. Возникающие зажоры создают ряд небольших бьефов, которые быстро покрываются льдом и при небольшой их глубине промерзают до дна. Переливающаяся через перекаты вода вновь замерзает, создавая еще большие нагромождения. Одновременно поступающий в реку снег затрудняет обстановку. В 1937 г. на р. Ахурян имел место аналогичный случай, когда после двух суток стояния температуры ниже -20° и непрерывной метели, река представляла собой хаотическое скопление ледяных масс и доступ воды на Ленинканскую ГЭС прекратился полностью на 18 часов. Аналогичный случай был после наблюден на р. Ганджа-чай в 1936 году.

Прогнозирование ледовых явлений.

В заключение укажем на возможность прогнозирования ледовых явлений на горных реках, имеющее существенное значение для эксплуатации гидростанций.

Приведенные данные показывают, что основным показателем, характеризующим возникновение и развитие ледовых процессов, является температура воздуха. Прямая и однозначная связь отсутствует и потому при одинаковых температурных условиях можно наблюдать различной интенсивности ледовые явления. Сложное взаимодействие многочисленных факторов влияния приводит к возникновению статистических закономерностей и оценке вероятности возникновения на том или ином участке реки отдельных видов льда.

Таблица 10

Р. А х у р я н. 1936—37 г.

Месяцы	XI	XII				I				II				III				за сезон	
декады	3	1	2	3		1	2	3		1	2	3		1	2	3			
1936—1937																			
Число дней с шугой	2	5	10	4	19	3	0	2	5	0	1	5	6	1	3	1	5	37	Ледостав 24/XII река вскрылась 21/II
Продолжительность хода шуги (в часах)	14	37	233	57	327	17	0	21	38	0	7	53	60	3	15	2	20	459	
1937—1938																			
Число дней с шугой	0	7	7	5	19	5	2	9	16	5	7	5	17	7	5	4	16	68	Ледостава не было
Продолжительность хода шуги (в часах)	0	136	119	111	366	78	21	182	281	67	124	70	261	140	119	44	303	1211	

Попытка применения методов математической статистики к анализу процессов шугообразования не дала еще удачных результатов, но следует полагать, что и при соответствующем выборе расчетного аппарата приведет к возможности с достаточной степенью точности осуществлять прогноз. Изложение этой проработки результатов выходит за рамки настоящей статьи.

До получения дополнительных данных систематических наблюдений по тем объектам, которые не получили своего отражения на прилагаемой карте шугоносности, можно в первом, грубом приближении, при оценке шугоносности той или иной реки, пользоваться следующими положениями.

Условиями благоприятствующими образованию шуги можно считать:

1. Неустойчивый температурный режим воздуха с большими амплитудами колебаний как в суточном, так и в месячном разрезе.

2. Подверженность бассейна реки вторжению холодных воздушных масс, создающих кратковременные устойчивые волны отрицательной температуры.

3. Наличие больших уклонов, поддерживающих скорость реки, выше $1,5 \text{ м}^3/\text{сек.}$ и отсутствие длинных участков с малыми скоростями, допускающими образование ледяного покрова.

4. Отсутствие интенсивного грунтового питания, влияние озерной воды или впадение мощных теплых родников с дебетом свыше 10% от зимнего расхода реки.

5. Характер местности, способствующий стеканию в ущелье реки холодного воздуха, понижающего температуру над поверхностью реки.

6. Совпадение направления течения реки с доминирующим направлением ветров зимнего периода.

Имея эти данные, а также материалы карты шугоносности и используя приведенные выше данные об условиях ледообразования на горных реках, можно составить себе некоторое представление о возможных ледовых процессах на изучаемой реке. Необходимо иметь в виду, что только прогнозы без фактических наблюдений не могут дать правильной картины режима реки.

В том случае, если река, по которой необходимы сведения по ледовому режиму, является притоком одной из изученных рек, можно воспользоваться данными карты следующим образом:

Поскольку притоки, как правило, не изучены как в части метеорологии, так и гидрологии, необходимо знать уклон притока, характер ущелья в отношении возможности снежных завалов и грубо интенсивность родникового питания. Если приток имеет малый уклон, или обильно питается родниками, или наблюдаются интенсивные снежные завалы, сохраняющиеся в течении всей зимы и отепляющие реку, то шугоносность может быть понижена на $20-25\%$ по сравнению с основной рекой.

При резких уклонах и бурном течении шугоносность должна повышаться на 25—30%, по сравнению с основной рекой.

Если нет этих уклонов, то правильно распространять шугоносность данного участка рек на все впадающие в этом месте притоки.

На некоторых реках, напр. Воротан (Базар-чай) недостаточно изучено верховье и нижнее течение, не охарактеризованные на карте.

При необходимости энергетического использования этих участков следует распространять на них, в запас обеспеченности, шугоносность прилегающих участков, уменьшая ее в случае явного наличия факторов отепляющих поток (мощные родники, общее повышение температуры воздуха при переходе к низким отметкам и т. д.)

В случае отсутствия в верховьях малых уклонов и снежных завалов, следует шугоносность этих участков несколько увеличивать по сравнению с предыдущим изученным участком.

Необходимо еще раз подчеркнуть условность такого рода подсчетов, годных лишь для первой оценки ледовой обстановки на проектируемом объекте.

Приведенные характеристики особенностей ледового режима горных рек Армении, в случае общности условий, могут быть распространены и на другие реки Закавказья.

Ս. Յեմ. Վարդապետյան

ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ԳԵՏԵՐԻ ՍԱՌՑԱՅԻՆ ՌԵՏԻՄԸ

Ա Մ Փ Ո Փ Ո Ւ Մ

Ռեկլեֆի կտրվածությունը և եղանակի պայմանների անկայունությունը որոշում են Հայաստանի գետերի սառցային պայմանները: Սղինը հանդիսանում է սառցային հիմնական արգասիք: Սղինը շատ գետերում դիտվել է տվյալ շրջանի ջերմաստիճանի կորի ընթացքի հետ շղկապված: Սառցային մյուս տեսակները—հատակային սառույցը, մակերեսային սառույցը և լողացող ձյունն առաջանում են պատահաբար, օդերևութաբանական և հիդրոլոգիական բարենպաստ պայմանների դեպքում:

Հեղինակի դիտողությունները նյութերի հիման վրա բերված են սառույցի առանձին տեսակների ընդորոշումները: Նշված է սառցային երևույթների կապը եղանակի պայմանների հետ:

Կազմված է Հայաստանի գետերի սղինատարության քարտեզ, որը հնարավորություն է տալիս գնահատելու սառցային պայմաններն էներգետիկական օգտագործման համար՝ նշված գետերում:

Հեղինակի կողմից մշակված սղինի քանակական հաշվառման եղանակները հնարավորություն տվեցին գնահատելու սղինի ելքի մեծությունը:

S. I. Vartasarov

The winter regime on rivers of Armenia

S u m m a r y

It is stated, that unsteady weather processes and mountainous conditions determine the winter and ice regime of the rivers of Armenia.

Most frequently, during every wave of negative temperatures of air, the transport of frazil-ice by streams can be observed. Other kinds of ice, as anchor ice, crysalline ice and wet snow, occur accidentally as a result of favourable meteorological and hydrological conditions.

Based on investigations of the author, a detailed description of the different kinds of ice and also some characteristics connected with weather conditions, which are based on the investigations of the author, are given in this article.

A method of measuring the discharge of frazil in streams, proposed by the author, gives an opportunity to define the quantity of frazil ice produced by rivers.

A map of the intensity of frazil formation in rivers of Armenia is given, which can be used for practical purposes to forecast the ice conditions in hydroelectrical plants.