

УДК 556.124.2 (282.256.166)

## ПРЕДВЕСЕННИЕ СНЕГОЗАПАСЫ В ВЕРХНЕЙ ЧАСТИ БАССЕЙНА РЕКИ ТОБОЛ

Канд. геогр. наук И. И. Скоцеляс

*Приведены методика определения февральских и максимальных предвесенних снегозапасов, их среднемноголетние и ежегодные величины для бассейна Верхнего Тобола, а также для основных его частей. Выявлены особенности пространственного изменения и оценена вариация во времени этих характеристик снежного покрова.*

Предвесенние снегозапасы являются одним из основных предикторов, обычно используемых при прогнозировании водности рек и притока воды в водохранилища за период весеннего половодья. В данной работе приведена их оценка для бассейна Верхнего Тобола, производившаяся в связи с разработкой методики долгосрочного прогноза весеннего притока воды к каскаду водохранилищ, созданных выше г. Костанай [3].

Величины предвесенних снегозапасов определялись по материалам маршрутных снегосъемок, регулярно проводящихся на гидрометеорологической сети станций и постов. При этом, поскольку физико-географические условия в бассейне Верхнего Тобола не совсем одинаковы по всей территории и количество пунктов наблюдений за снежным покровом в разное время было непостоянным, предварительно оценивалось пространственное изменение снегозапасов и их соответствие при разном сочетании станций и постов средним значениям в бассейнах р. Тобол до с. Гришенка, р. Аят до с. Варваринка и на территории, примыкающей к каскаду водохранилищ.

Для анализа пространственного изменения снегозапасов использованы данные по снежному покрову

в 46 пунктах наблюдений, из которых 42 расположено в Костанайской области, два (Бреды, Карталы) на территории Российской Федерации, в пределах рассматриваемого бассейна, по одному в Актюбинской и Торгайской областях (соответственно Северный АМСГ и Шили). По этим данным были установлены районные зависимости снегозапасов на конец февраля и максимальных предвесенних снегозапасов от географического положения пунктов наблюдений. Границы районов показаны на рис.1. Для февральских и максимальных снегозапасов они почти совпадают и в основном согласуются с физико-географическим районированием территории [1,2].



Рис.1. Районирование бассейна Верхнего Тобола на основе зависимости снегозапасов от географических координат местности:  
1,2,3 – номера районов

Всего выделено по три района. Первый район занимает большую часть левобережья р.Тобол - ровную, лишь местами всхолмленную поверхность Зауральского плато, слабо наклоненную к долине р.Тобол. Второй район включает истоки Тобола и частично его правобережье, расположенное выше Верхнетобольского водохранилища и представляющее собой северо-западную окраину Торгайского столово-останцевого плато. Третий район - это территория, примыкающая к долине р.Тобол ниже по течению. В нее вклинивается Костанайская равнина с плоским или слабохолмистым рельефом. На поверхности равнины имеется множество блюдцеобразных впадин.

Высотные отметки в рассматриваемой части бассейна р.Тобол находятся в пределах 150-400 м. Лишь отдельные поднятия на водоразделе превышают 400 м.

Полученные районные зависимости снегозапасов имеют следующий общий вид:

$$S = a \varphi + b \lambda + c, \quad (1)$$

где  $S$  - средние многолетние снегозапасы (на конец февраля или максимальные), мм;  $\varphi$ ,  $\lambda$  - широта и долгота местности, отсчитанные соответственно от  $50^{\circ}$  с.ш. и от  $60^{\circ}$  в.д., мин;  $a$ ,  $b$ ,  $c$  - параметры. Значения  $a$ ,  $b$ ,  $c$  приведены в табл.1.

Таблица 1

Значения параметров районных зависимостей снегозапасов

Номер района	Параметры для снегозапасов на конец февраля			Параметры для максимальных снегозапасов		
	$a$	$b$	$c$	$a$	$b$	$c$
1	70,8	-0,15	0,12	53,7	0,01	0,12
2	51,8	-0,13	0,12	59,9	-0,11	0,12
3	70,8	-0,35	0,12	68,8	-0,25	0,12

Кроме того, по данным наблюдений на метеорологической станции Есенкульская были установлены зависимости между снегозапасами, измеренными в лесу и в поле. Эти зависимости можно представить в виде следующих эмпирических формул:

$$S_{\phi, л} = 1,21 S_{\phi, п} + 15, \quad (2)$$

$$S_{\max, л} = S_{\max, п} + 1,20 (S_{\phi, л} - S_{\phi, п}), \quad (3)$$

где  $S_{\phi, л}$ ,  $S_{\phi, п}$  - снегозапасы на конец февраля соответственно в лесу и в поле, мм;  $S_{\max, л}$ ,  $S_{\max, п}$  - максимальные предвесенние снегозапасы в лесу и в поле, мм.

С помощью формул (1) - (3) определялись средние многолетние значения рассматриваемых характеристик снежного покрова для бассейнов р.Тобол до с.Гришенка, р.Аят до с.Варваринка и для прикаскадной территории. При этом сначала они вычислялись в узлах координатной сетки, разбитой через 10' по широте и долготе, затем осреднялись в пределах указанных частей бассейна. В результате таких расчетов средние снегозапасы на конец февраля для бассейна р.Тобол до с.Гришенка составили 51 мм, для бассейна р.Аят до с.Варваринка - 55 мм и для прикаскадной части - 57 мм, а максимальные - соответственно 57, 66, 65 мм.

Несколько большие величины средних многолетних предвесенних снегозапасов можно получить по карте, приведенной в монографии [2]. В связи с этим необходимо отметить, что при ее построении использованы материалы сравнительно непродолжительных наблюдений за снежным покровом, причем преобладающую их часть составили не данные снегосъемок, а измерения по рейкам на метеорологических станциях.

Такие же или близкие к приведенным величины снегозапасов дает осреднение последних по следующим станциям и постам: Бреды, Джетыгара (Забеловка), Шевченковка, Гришенка, Ливановка, свх "Большевик", свх им.Дзержинского, зерносовхоз им.Пушкина - для бассейна р.Тобол до с.Гришенка; Аршалинский зерносовхоз, Есенкульская, Карталы, Вар-

варинка, Маслаковцы - для бассейна р.Аят до с.Варваринка; Костанай, агро (Костанай), Рудный, Тобол, Варваринка, Гришенка, Куршункульский свх - для прикаскадной части. Полученные этим способом средние многолетние величины снегозапасов приведены в табл.2.

Таблица 2

Средние многолетние величины снегозапасов, полученные путем осреднения по пунктам наблюдений

Часть бассейна	Снегозапасы, мм	
	на конец февраля	максимальные
Р.Тобол до с.Гришенка	51	61
Р.Аят до с.Варваринка	58	66
Прикаскадная часть	56	65

Приведенные расчетные данные позволяют полагать, что при наличии всех упомянутых станций и постов снегозапасы путем их осреднения можно определять достаточно надежно. Все же во избежание систематических погрешностей в некоторые из их величин целесообразно вводить поправки для учета различий по сравнению с детальным способом расчета запасов воды в снеге.

Однако станции и посты в таком количестве и составе одновременно существовали не всегда. В связи с этим была осуществлена привodka снегозапасов, рассчитанных по имеющимся в каждом году пунктам наблюдений, к их величинам, полученным по данным всех перечисленных выше станций и постов. Для приводки использовались графические связи, построенные за годы параллельных наблюдений. В случаях недостаточной тесноты этих связей, в основном за ранние годы, снегозапасы рассчитывались с помощью следующих эмпирических формул:

$$S_{\Phi, ав} = 0,70 S_{\Phi, тг} + 20, \quad (4)$$



$$S_{\Phi, \text{пч}} = 0,92 S_{\Phi, \text{ав}} + 8, \quad (5)$$

$$S_{\text{мах, тг}} = 1,09 S_{\Phi, \text{тг}} + 4, \quad (6)$$

$$S_{\text{мах, ав}} = 1,06 S_{\Phi, \text{ав}} + 5, \quad (7)$$

$$S_{\text{мах, пч}} = 1,13 S_{\Phi, \text{пч}}, \quad (8)$$

где  $S_{\Phi, \text{ав}}$ ,  $S_{\Phi, \text{тг}}$ ,  $S_{\Phi, \text{пч}}$  - снегозапасы на конец февраля соответственно в бассейнах р.Аят до с.Варваринка, р.Тобол до с.Гришенка и в прикаскадной части бассейна р.Тобол, мм;  $S_{\text{мах, тг}}$ ,  $S_{\text{мах, ав}}$ ,  $S_{\text{мах, пч}}$  - максимальные предвесенние снегозапасы в тех же частях бассейна р.Тобол, мм.

Теснота связей, выраженных формулами (5) - (8), характеризуется коэффициентами корреляции  $r$ , находящимися в пределах 0,89-0,93, и средними квадратическими погрешностями  $b_r < \pm 0,04$ . Для связи, представленной в виде формулы (4),  $r=0,79$ ,  $b_r = \pm 0,09$ .

Из действующих в настоящее время станций и постов для определения снегозапасов в бассейне р.Тобол до с.Гришенка можно рекомендовать следующие: для бассейна р.Тобол до с.Гришенка - Бреды, Джетыгара, Гришенка, для бассейна р.Аят до с.Варваринка - Есенкульская, Карталы, для прикаскадной части - Костанай, агро, Гришенка, Варваринка. Приведение снегозапасов, осредненных по этим станциям и постам, к величинам, полученным при полном наборе пунктов наблюдений, можно выполнить, используя следующие выражения:

$$S_{\Phi, \text{тг}} = 0,97 S_{\Phi, \text{бдг}} - 4,8, \quad (9)$$

$$S_{\Phi, \text{ав}} = 0,87 S_{\Phi, \text{ек}} + 11,0, \quad (10)$$

$$S_{\Phi, \text{пч}} = 0,98 S_{\Phi, \text{квг}}, \quad (11)$$

$$S_{\text{мах, тг}} = 1,03 S_{\text{мах, бдг}} - 8,2, \quad (12)$$

$$S_{\text{мах, ав}} = 0,75 S_{\text{мах, ек}} + 20,9, \quad (13)$$

$$S_{\text{мах, пч}} = 0,88 S_{\text{мах, квг}} + 3,9, \quad (14)$$

где  $S_{\phi, бдг}$  - осредненные снегозапасы на конец февраля по данным наблюдений на станциях Бреды, Джетыгара и на посту Гришенка, мм;  $S_{\phi, ек}$  - то же по станциям Есенкульская и Карталы, мм;  $S_{\phi, квг}$  - то же по станции Костанай, агро и постам Варваринка и Гришенка, мм;  $S_{max, бдг}$  - осредненные максимальные снегозапасы по станциям Бреды, Джетыгара и посту Гришенка, мм;  $S_{max, ек}$  - то же по станциям Есенкульская и Карталы, мм;  $S_{max, квг}$  - то же по станции Костанай агро и постам Варваринка и Гришенка, мм.

Коэффициенты корреляции связей, использованных для получения выражений (9) - (14), находятся в пределах 0,85 - 0,92, а их средние квадратические погрешности изменяется от  $\pm 0,02$  до  $\pm 0,06$ .

Ежегодные рассчитанные снегозапасы для рассматриваемых частей бассейна р.Тобол приведены в прил.1. В прил.2 представлены соответствующие им величины, выраженные в объемных единицах. По этим данным произведена оценка многолетней изменчивости и синхронности колебаний предвесенних снегозапасов, а также соотношений между максимальными и февральскими запасами воды в снеге.

Для бассейна р.Тобол до с.Гришенка коэффициент вариации ( $C_v$ ) и февральских, и максимальных снегозапасов равен 0,43. Средние величины этих характеристик снежного покрова за период 1939-1991 гг. в конце февраля составили 51 мм (679 млн  $m^3$ ), максимальные - 57 мм (762 млн  $m^3$ ). Февральские снегозапасы изменялись от 6 мм (80 млн  $m^3$ ) до 114 мм (1528 млн  $m^3$ ), а максимальные - от 7 мм (94 млн  $m^3$ ) до 124 мм (1662 млн  $m^3$ ).

В бассейне р.Аят до с.Варваринка изменчивость рассматриваемых характеристик меньше. Для снегозапасов на конец февраля  $C_v=0,30$ . При этом их средняя за весь период величина составила 55 мм (570 млн  $m^3$ ), наименьшая - 19 мм (196 млн  $m^3$ ), наибольшая - 103 мм (1061 млн  $m^3$ ). Максимальные запасы воды в снеге находились в пределах от 23 мм (237 млн  $m^3$ ) до 112 мм (1154 млн  $m^3$ ) при средней величине 66 мм (682 млн  $m^3$ ) и  $C_v = 0,27$ .

В прикаскадной части бассейна р.Тобол наименьшие снегозапасы в конце февраля составили

25 мм (522 млн м<sup>3</sup>), средние - 57 мм (1187 млн м<sup>3</sup>), наибольшие достигали 99 мм (2069 млн м<sup>3</sup>). Максимальные предвесенние запасы изменялись от 25 мм (522 млн м<sup>3</sup>) до 110 мм (2299 млн м<sup>3</sup>), при средней многолетней величине 65 мм (1355 млн м<sup>3</sup>). Коэффициент вариации февральских снегозапасов в этой части бассейна р.Тобол равен 0,27, максимальных - 0,26.

Для всего бассейна в среднем за рассматриваемый период запасы воды в снеге в феврале составили 55 мм (2436 млн м<sup>3</sup>), максимальные - 63 мм (2799 млн м<sup>3</sup>). В конце февраля они изменялись от 19 мм (865 млн м<sup>3</sup>) до 96 мм (4294 млн м<sup>3</sup>), максимальные находились в пределах 21-108 мм (920-4871 млн м<sup>3</sup>), а коэффициент вариации соответственно оказался равным 0,30 и 0,29.

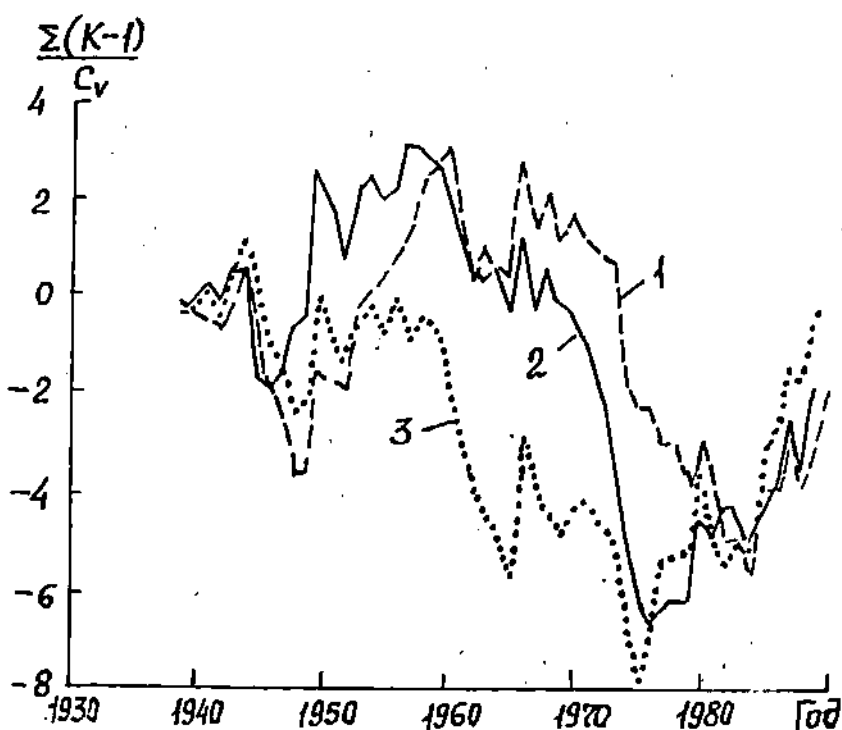


Рис. 2. Интегральные кривые снегозапасов:  
 1 - бассейн р.Аят до с.Варваринка;  
 2 - бассейн р.Тобол до с.Гришенка;  
 3 - прикаскадная часть бассейна .



Максимальные снегозапасы в верховьях Тобола в среднем в 1,1-1,2 раза больше по сравнению с февральскими, причем в бассейне р.Тобол до с.Гришенка это соотношение меньше, чем на остальной территории. Более того, в 27 % лет максимальные и февральские запасы воды в снеге здесь были одинаковыми. В то же время в отдельные годы их максимальные величины превышали февральские в 1,5-1,6 раза, а в бассейне р.Аят до с.Варваринка - даже в 1,8-1,9 раза. В целом же многолетние колебания предвесенних снегозапасов в разных частях бассейна Верхнего Тобола достаточно синхронны (рис.2) и удовлетворительно описываются кривой биномиального асимметричного распределения при соотношении коэффициентов асимметрии и вариации равном 2. Различия состоят, в основном, лишь в средних многолетних значениях снегозапасов.

Таким образом, с помощью изложенной методики получены достаточно надежные средние многолетние и ежегодные величины февральских и максимальных предвесенних снегозапасов в бассейне Верхнего Тобола и отдельных его частях. Установлено наличие:

- возрастания средних многолетних запасов воды в снеге в однородных физико-географических районах с увеличением долготы и уменьшением широты местности, что можно объяснить влиянием Уральских гор и общим наклоном поверхности бассейна с юга на север;

- повышенной по сравнению с другими частями изменчивости снегозапасов во времени в бассейне р.Тобол до с.Гришенка;

- синхронности их колебаний в различных частях бассейна;

- превышения максимальных предвесенних снегозапасов над февральскими в среднем в 1,1-1,2 раза.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Водный баланс Кустанайской области / Под ред. А.И.Чеботарева. - Л.: Гидрометеиздат, 1966. - 212 с.

2. Ресурсы поверхностных вод районов освоения целинных и залежных земель / Под ред. В.А.Урываева. - Вып.2. - Кустанайская область Казахской ССР. - Л.: Гидрометеиздат, 1959. - 711 с.
3. Скоцеляс И.И. Методика долгосрочного прогноза весеннего притока воды к каскаду Верхнетобольских водохранилищ // Гидрометеорология и экология. - 1995. - N 1. - С. 58-69.

Приложение 1

Предвесенние снегозапасы в верхней части бассейна р.Тобол, мм

Год	Бассейн р.Тобол до с.Гришенка		Бассейн р.Аят до с.Варваринка		Прикаскадная часть		Бассейн в целом	
	$S_{\phi}$	$S_{max}$	$S_{\phi}$	$S_{max}$	$S_{\phi}$	$S_{max}$	$S_{\phi}$	$S_{max}$
1939	49	53	51	62	55	63	52	60
1940	51	56	53	64	57	66	54	63
1941	60	65	59	71	62	71	61	69
1942	42	46	46	57	50	58	47	54
1943	66	72	63	75	69	79	67	76
1944	51	56	65	77	68	78	62	71
1945	6	7	31	41	37	43	26	32
1946	45	49	40	51	45	52	44	51
1947	64	70	46	57	50	58	53	61
1948	66	72	37	47	42	49	48	55
1949	54	59	56	68	60	69	57	66
1950	114	124	88	101	89	102	96	108
1951	34	43	52	60	45	51	43	51
1952	28	44	52	57	50	59	44	54
1953	80	114	81	112	65	74	73	95
1954	60	72	60	69	69	77	64	74
1955	39	51	65	60	48	54	49	56
1956	55	84	59	62	66	85	61	79
1957	72	83	65	89	68	91	68	88
1958	50	77	71	71	51	58	55	67
1959	44	44	60	67	43	48	47	51
1960	46	50	61	65	51	57	52	57
1961	25	25	30	44	28	34	28	34

Продолжение прил. 1

Год	Бассейн р.Тобол до с.Гришенка		Бассейн р.Аяг до с.Варваринка		Прикаская- ная часть		Бассейн в целом	
	$S_{\Phi}$	$S_{max}$	$S_{\Phi}$	$S_{max}$	$S_{\Phi}$	$S_{max}$	$S_{\Phi}$	$S_{max}$
1962	32	32	34	51	45	55	39	47
1963	50	60	69	62	50	74	54	72
1964	57	63	47	50	47	47	50	52
1965	31	34	41	41	47	47	41	42
1966	87	93	103	112	99	110	96	105
1967	16	22	33	39	33	36	28	32
1968	68	71	68	80	57	60	63	68
1969	35	35	38	50	52	61	44	51
1970	48	49	64	77	62	63	58	62
1971	37	53	46	75	61	78	50	70
1972	32	36	52	59	52	57	46	51
1973	28	28	51	57	51	52	44	46
1974	11	12	19	23	25	25	19	21
1975	23	23	42	42	46	49	38	40
1976	45	60	55	59	67	70	58	64
1977	54	54	76	82	83	84	73	75
1978	58	58	56	72	59	74	58	69
1979	51	52	49	64	58	63	54	60
1980	86	91	70	80	78	83	79	85
1981	41	52	33	62	35	55	36	56
1982	63	63	42	49	53	62	53	59
1983	52	58	56	80	66	71	59	69
1984	35	35	45	63	52	64	45	55
1985	89	89	81	91	85	91	85	90
1986	60	60	58	69	65	73	62	68
1987	82	77	82	82	78	90	79	85
1988	28	39	39	69	52	66	42	59
1989	86	86	81	83	79	86	82	85
1990	81	88	80	82	74	85	77	85
1991	19	21	38	40	31	34	29	31
Сред.	51	57	55	66	57	65	55	63

Объем воды в снежном покрове, млн м<sup>3</sup>

Год	Бассейн р.Тобол до с.Гришенка		Бассейн р.Аят до с. Варваринка		Прикаскад- ная часть		Бассейн в целом	
	$S_{\phi}$	$S_{max}$	$S_{\phi}$	$S_{max}$	$S_{\phi}$	$S_{max}$	$S_{\phi}$	$S_{max}$
1939	657	710	525	639	1150	1317	2332	2666
1940	683	750	546	659	1191	1379	2420	2788
1941	804	871	608	731	1296	1484	2708	3086
1942	563	616	474	587	1045	1212	2082	2415
1943	884	965	649	772	1442	1651	2975	3388
1944	683	750	670	793	1421	1630	2774	3173
1945	80	94	319	422	773	899	1172	1415
1946	603	657	412	525	940	1087	1965	2269
1947	858	938	474	587	1045	1212	2377	2737
1948	884	965	381	484	878	1024	2143	2473
1949	724	791	577	700	1254	1442	2555	2933
1950	1528	1662	906	1040	1860	2132	4294	4834
1951	456	575	536	618	940	1066	1932	2259
1952	375	590	536	587	1045	1233	1956	2410
1953	1072	1528	834	1154	1358	1547	3264	4229
1954	804	965	618	711	1442	1609	2864	3285
1955	523	683	670	700	1003	1129	2206	2512
1956	737	1126	608	639	1379	1776	2724	3541
1957	965	1112	670	917	1421	1902	3056	3931
1958	670	1032	731	731	1066	1212	2467	2975
1959	590	590	618	690	899	1003	2107	2283
1960	616	670	628	670	1066	1191	2310	2531
1961	335	335	309	453	585	711	1229	1499
1962	429	429	350	525	940	1150	1719	2104
1963	670	804	711	845	1045	1547	2426	3196
1964	764	844	484	515	982	982	2230	2341
1965	415	456	422	422	982	982	1819	1860
1966	1166	1246	1061	1154	2069	2299	4296	4699
1967	214	295	340	402	690	752	1244	1449
1968	911	951	700	834	1191	1254	2802	3039
1969	469	469	391	515	1087	1275	1947	2259
1970	643	657	659	793	1296	1317	2598	2767
1971	496	710	474	772	1275	1630	2245	3112

Год	Бассейн р.Тобол до с.Гришенка		Бассейн р.Аят до с. Варваринка		Прикаская - ная часть	Бассейн в целом		
	$S_{\Phi}$	$S_{max}$	$S_{\Phi}$	$S_{max}$		$S_{\Phi}$	$S_{max}$	
1972	429	482	536	608	1087	1191	2052	2281
1973	375	375	525	587	1066	1087	1966	2049
1974	147	161	196	237	522	522	865	920
1975	308	308	433	433	981	1024	1702	1765
1976	603	804	566	608	1400	1463	2569	2875
1977	724	724	783	845	1735	1756	3242	3325
1978	777	777	577	742	1233	1547	2587	3066
1979	683	697	505	669	1212	1317	2400	2673
1980	1152	1219	721	824	1630	1735	3503	3778
1981	549	697	340	639	732	1150	1621	2486
1982	844	844	433	505	1108	1296	2385	2645
1983	697	777	577	824	1379	1484	2653	3085
1984	469	469	464	649	1087	1338	2020	2456
1985	1193	1193	834	927	1776	1902	3803	4032
1986	804	804	597	711	1358	1526	2759	3041
1987	1099	1099	802	927	1609	1756	3511	3782
1988	375	523	402	711	1087	1379	1864	2613
1989	1152	1152	834	855	1651	1797	3637	3804
1990	1085	1179	824	845	1547	1776	3456	3800
1991	255	281	391	412	648	711	1294	1404
Сред.	679	762	570	682	1187	1355	2436	2799

Казакхский научно-исследовательский институт  
мониторинга окружающей среды и климата

### ТОВЫЛ ӨЗЕНІНІҢ ЖОҒАРЫ АЙДАРЫНЫҢДАҒЫ ЕРТЕ КӨКТЕМДЕГІ ҚАР ҚОРЫ

Георг. р. канд. И.И. СКОЦЕЛЯС

Жоғары Тобыл өзенінің айдалындағы және оның негізгі салдарындағы ақпан айында және ерте көктемдегі ең көп қар қорын оның көп жылғы және әр жылғы мәшерін анықтаудың әдістері негізге алынды. Мақалада қыс мезгілдеріндегі қар қорының аумағына және қар жамылғыларының ерекшеліктеріне баға берілген.