

УДК 551.324.86

Доктор геогр. наук Е.Н. Вилесов¹**ИЗМЕНЕНИЕ РАЗМЕРОВ ГОРНОГО ОЛЕДЕНЕНИЯ
КАЗАХСТАНА ЗА ВТОРУЮ ПОЛОВИНУ 20 – НАЧАЛО 21 в.**

Ключевые слова: каталог ледников, динамика оледенения, аккумуляция, абляция, баланс массы, ледниковый сток

По материалам Каталогов ледников, составленных в 1955...1956 гг., и более поздних определений размеров оледенения во всех горно-ледниковых районах юго-восточного Казахстана характеризуются величины и темпы сокращения количества ледников, их площадей и объемов, а также баланса их массы за 60 лет (1955...2015 гг.).

Введение. Долговременный запас воды в ледниках, таяние которых обеспечивает до 30...40 % летнего стока горных рек, служит важным показателем водных ресурсов в горах. Заметное потепление климата, обусловленное естественными причинами и антропогенным воздействием, вызывает соответствующие изменения в ледниковых системах аридных гор Центральной Азии, в том числе и на юго-востоке Казахстана. Учитывая реальную возможность быстрого изменения размеров современного оледенения, в настоящее время особенно важно проследить временные и пространственные колебания ледников и изучить влияние этих колебаний на изменение водных ресурсов в районах с развитым оледенением. В связи с этим появилась необходимость учета изменения площади и объема ледников, обуславливающего сокращение долговременного влагозапаса в них и приводящего к снижению ледникового стока и естественного саморегулирования речного стока.

Названная проблема решается с помощью мониторинга современного оледенения. При этом такой мониторинг проводится для всех ледниковых систем страны – от Алтая на северо-востоке до Таласского Алатау на юго-западе, насчитывающих сотни и тысячи ледников.

Материалы и методы. В 60-70 гг. П.А. Черкасов и автор, работая в рамках всесоюзной Программы по инвентаризации ледников, составили полный Каталог ледников страны, опубликованный в десяти выпусках [6].

¹ КазНУ им. аль-Фараби, г. Алматы

Все морфометрические показатели ледников, их площадные и линейные размеры, абсолютные высоты характерных точек получены путем картометрического анализа топоосновы М 1:100 000 с привлечением материалов аэрофотосъемки (АФС) 1955...1956 гг., согласно рекомендациям «Руководства по составлению Каталога ледников» [10]. Площади ледников были определены с точностью 0,1 км², их длины – с точностью 0,1 км, а высоты их концов и высших точек, а также фирновой линии – с точностью 10 м. По этой же методике в конце 70-х гг. и в 1990 г. для Заилийского и Джунгарского Алатау были подготовлены новые Каталоги ледников на основе топокарт М 1:25 000 и «свежих» АФС.

В разные годы начала текущего столетия для изучения состояния оледенения всех ледниковых систем страны, стали использоваться космоснимки со спутника Landsat с разрешением 15 м, бесплатно распространяемые в сети Интернет National Aeronautics and Space Administration (NASA). Космоснимки были векторизованы (оцифрованы) с помощью ГИС-программ ArcGIS и MapInfo, а также Global Mapper. Эта методика подробно изложена в [1, 3]. Для того, чтобы получить единовременный «срез» состояния ледников страны на 2015 г., автор воспользовался расчетами по формулам сложных процентов, учитывающим темпы сокращения площадей и объемов оледенения за предыдущие годы.

Динамика оледенения. В результате сравнительного анализа размеров оледенения в «реперные» годы (1955, 1990, 2000, 2006, 2008, 2013) появилась возможность объективно оценить направленность эволюции всех ледниковых систем, изменение запасов льда в них, величину ледникового стока и его роль в питании горных рек за последние 60 лет (1955...2015 гг.).

Казахстанский Алтай. Оледенение хребтов Казахстанского Алтая приурочено к бассейнам правых притоков Иртыша (Ертиса) – Кабы, Курчума, Бухтармы, Ульбы и Убы. Эти хребты протянулись с запада на восток между 83...87° в.д. в пределах 49...50° с.ш. Несколько особняком на севере района расположились ледники Катунского (в истоках Белой Берели) и Ивановского хребтов.

В конце 60-х гг. прошлого века нами был составлен первый Каталог ледников Казахстанского Алтая с характеристикой их состояния на начало второй половины столетия (1950...1955 гг.). По данным этого Каталога, на территории рассматриваемых бассейнов насчитывалось 323 ледника с чистой площадью (без конечных морен стадии фернау) 71,4 км² и объемом льда 2,41 км³.

Для оценки состояния оледенения района в начале 21 в. использовались космические снимки Landsat 2011 г. К этому году произошло уменьшение количества мелких ледников с площадями порядка 0,1 км², особенно заметное на крайних западных участках хребтов, несущих оледенение. Так, в Курчумском хребте полностью растаяли 39 ледников (87 % от их числа в 1955 г.), а в Ивановском хребте (бассейны рек Ульба, Уба и Тургусун) – 33 ледника (92 % (!) от 1955 г.). Всего же по району в целом растаяли 207 ледников (64 % от 1955 г.) общей площадью более 34 км².

Ныне современное оледенение Казахстанского Алтая, по сравнению с другими ледниковыми районами страны, отличается однообразием морфологических типов ледников, с явным преобладанием ледников склонов – каровых и висячих. Многие из них представлены миниатюрными ледяными образованиями с площадью 0,03...0,04 км². Такие леднички М.В. Тронов [11] называл «остаточными оледенелыми скоплениями в каррах», представляющими последнюю степень угасания ледников. Они занимают небольшие участки каров, наиболее благоприятные для их сохранения. Понятно, что эти леднички уже тогда, 60 лет назад, являлись бесспорными кандидатами на их скорое стаивание.

На долю ледников долинного типа приходится 3/4 площади льда. К типичным долинным относятся самые крупные ледники района – Большой и Малый Берельские (№ 122 и № 116 по Каталогу) в истоках реки Белой Берели, имевшие в 1955 г. площадь, соответственно, 9,5 и 6,8 км², а также ледники Большой и Малый Бухтарминские (№ 101 и № 100) в верховьях р. Бухтармы. К 2011 г. первенство по размеру площади перешло к Малому Берельскому леднику (4,932 км²) (рис. 1), так как Большой Берельский распался на четыре самостоятельных ледника.

Сводные данные об изменении размеров оледенения в Казахстанском Алтае за 60 лет представлены в табл. 1. Данные табл. 1 показывают, что за этот период численность ледников в Казахстанском Алтае сократилась на 64 %, их площадь на 52 %, а объем льда на 53 %.

Величина среднего годового баланса массы ледников, рассчитанная по изменению их объемов и площадей, оказалась равной -36 г/см², иными словами, алтайские ледники за 60 лет со всей своей площади безвозвратно потеряли слой льда толщиной около 22 метров.

Таким образом, тенденция дегляциации Алтая, проявившаяся еще с середины 19 в., устойчиво сохраняется и в настоящее время, что четко отражается в уменьшении числа, площади и объема ледников. Почти 1/3 еще сохранившихся ледников имеет такие малые размеры, что дальнейшая

их деградация в ближайшие десятилетия приведет к полному их стаиванию, кроме 3-4-х наиболее крупных долинных ледников.



Рис. 1. Долинный ледник Малый Берельский.

Таблица 1

Сокращение числа ледников (К), их площади (F, км²) и объема (V, км³) в Казахском Алтае за 1955...2015 гг.

1955 г.			2015 г.			1955...2015 гг.		
К	F	V	К	F	V	К	F	V
Бассейн р. Кабы								
82	11,1	0,15	28	3,6	0,04	-54	-7,5	-0,11
Бассейн р. Курчум								
45	2,9	0,03	6	0,4	0,002	-39	-2,5	-0,02
Бассейн р. Сарымсақты								
49	5,4	0,07	8	1,2	0,02	-41	-4,2	-0,05
Верховья Бухтармы								
74	23,3	0,65	44	12,9	0,29	-30	-10,4	-0,36
Бассейн р. Белая Берель								
37	26,4	1,49	27	18,87	0,7627	-10	-7,53	-0,76
Бассейн р. Тургусун								
7	0,4	0,003	1	0,06	0,0005	-6	-0,34	-0,002
Бассейн р. Ульбы								
15	0,8	0,006	1	0,10	0,0009	-14	-0,70	-0,006
Бассейн р. Убы								
14	1,1	0,01	1	0,09	0,0008	-13	-1,01	-0,010
Итого								
323	71,4	2,41	116	37,21	1,12	-207	-34,19	-1,27

При интенсивном отступании ледников происходит формирование свежих конечно-моренных комплексов с серией небольших валов, образование залежей погребенных льдов с последующим их таянием и разрушением, что нередко вызывает возникновение грязекаменных потоков местного значения. Однако они не представляют серьезной угрозы из-за слабых уклонов ледниковых долин, хотя в некоторых случаях они могут распространяться на несколько километров вниз по долинам.

Хребет Саур (Сауыр) с горной группой Музтау протягивается в широтном направлении на 140 км. Протяженность хребта, несущего оледенение, – около 30 км, между 85°18' и 85°42' в.д. Высшая точка – гора Музтау, имеет отметку 3816 м и находится в пределах КНР (на китайских картах – 3835 м). На северном макросклоне хребта на территории РК ледники залегают в верховьях истоков р. Кендирлык и р. Улькен-Уласты, пограничной между РК и КНР. Они относятся к бассейну оз. Зайсан и р. Черный Иртыш (Кара Ертыс).

В середине 60-х гг. 20 в. по материалам АФС были составлены карта оледенения в М 1:100 000 и Каталог ледников Саура (в границах Казахстана) с характеристикой их состояния на 1962 г. Тогда на Сауре имелось 18 ледников с «чистой» площадью 14,8 км².

При подготовке этого материала использовались космоснимки Landsat за 15 августа 2013 г. Экспертное дешифрирование этих снимков показало, что к этому году растаял ледник № 18 – Кичкине-Куртка площадью 0,1 км² на крайнем западном фланге хребта, а за счет распада образовались четыре «новых» ледника. Таким образом, в 2013 г. на Сауре был учтен 21 ледник с площадью 11,10 км² и объемом 0,33 км³.

По оценкам, основанным на применении формулы сложных процентов, в 2015 г. площадь оледенения Саура составила 10,99 км², а его объем – 0,33 км³. Изменение размеров оледенения Саура за 53 года показано в табл. 2.

Таблица 2
Изменение числа ледников (К), их площади (F, км²) и объема (V, км³) на хребте Саур за 1962...2015 гг.

1962 г.			2015 г.			1962...2015 гг.		
К	F	V	К	F	V	К	F	V
18	14,8	0,47	21	10,99	0,33	+3	-3,81	-0,14

Приведенные выше оценки современного состояния ледников Саура свидетельствуют о сокращении размеров оледенения, характерном и для других ледниковых районов Центральной Азии. Эти оценки говорят об относительной устойчивости оледенения Саура, обусловленной высокой годовой аккумуляцией (800...1000 мм), летними снегопадами, боль-

шой отражательной способностью деятельной поверхности ледников, коротким периодом абляции и сравнительно низкими температурами воздуха в летний период. Поэтому скорое исчезновение, во всяком случае, в ближайшие десятилетия, здешним ледникам не грозит.

Джунгарский (Жетысу) Алатау – самый «оледенелый» хребет страны. Первый Каталог ледников, отражающий их состояние в 1956 г., был опубликован в четырех выпусках: 1) Бассейны рек Тентек и Ргайты на востоке северного склона хребта, условно – Восток; 2) Бассейны рек Биен, Аксу и Лепсы на северном склоне хребта – Север; 3) Бассейн р. Каратал в западной части хребта – Запад и 4) Бассейны рек Хоргос и Усек на южном макросклоне хребта – Юг.

Сопоставление данных этих Каталогов, материалов АФС 1990 г., космоснимков 2000 и 2004 гг. и оценки состояния ледников в 2015 г. показало существенное сокращение площади оледенения региона (табл. 3).

Как видим, максимум абсолютной величины сокращения площади льда имеет место в Северной Джунгарии, обладавшей в середине прошлого века (1956 г.) наибольшими размерами оледенения. Однако относительное сокращение площади ледников этого района, имеющих в основном северную ориентацию и залегающих на высотах 4200...4600 м, характеризуется минимальным значением. Наибольшие относительные потери площади (48,2 %) понесли ледники, расположенные на южном макросклоне Южного Центрального хребта и хребта Беджинтау.

Таблица 3

Изменение площади ледников Казахстанской Джунгарии за 1956...2015 гг.

Район	1956 г.	1990 г.	2000 г.	2015 г.	1956...2015 гг.	
					км ²	%
Восток	95,5	72,0	59,6	52,2	-43,3	-45,3
Север	304,1	222,1	200,7	182,5	-121,6	-40,0
Запад	215,0	159,273	131,925	115,0	-100,0	-46,5
Юг	226,4	158,607	135,751	117,2	-109,2	-48,2
Всего	841,0	611,986	528,010	466,9	-374,1	-44,5

Ныне, как и в середине прошлого века, крупнейшим по площади в регионе остается ледник Берга (№ 214 по Каталогу) – 10,5 км². К крупным долинным относятся ледники Безсонова (№ 275) и Калесника (№ 202) с площадями >10 км², а также ледник Абая (№ 166) – 8 км² (рис. 2). Все они лежат в верховьях р. Лепсы.

Изменение (сокращение) ледниковой площади в границах Казахстанской Джунгарии за 59-летний период (1956...2015 гг.) иллюстрирует рис. 3. На рис. 3 видим, что сокращение ледниковой площади в Джунгарс-

ком Алатау происходило практически по линейному закону. Площадь оледенения ледниковой системы горной Джунгарии за 59 лет (1956...2015 гг.) сократилась на 374 км², с 841 до 467 км² (по 6,34 км²/год), или на 44,5 %, по 0,75 %/год.

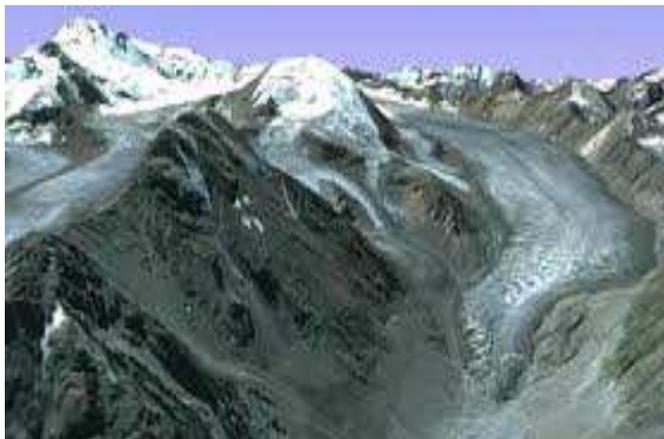


Рис. 2. Ледник Абая.

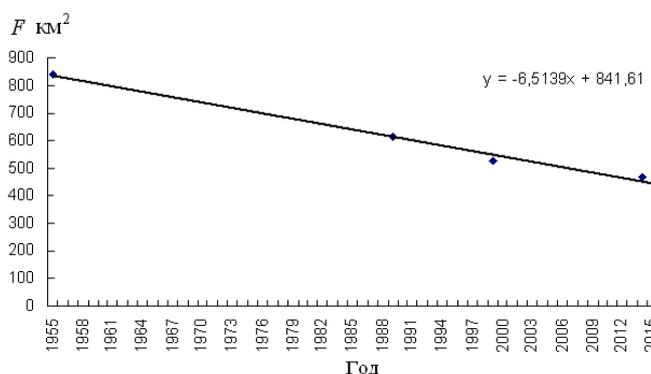


Рис. 3. Динамика сокращения площади ледников Казахстанской Джунгарии за 1956...2015 гг.

Оценки изменения состояния оледенения горной Джунгарии за 59 лет (1956...2015 гг.) представлены в табл. 4.

Как видим, за это время число ледников сократилось на 462 единицы, т.е. на 32,7 %. Объем льда уменьшился на 15,46 км³, с 33,31 до 17,85 км³, т.е. на 46,4 %, по 0,79 %/год. Максимальные абсолютные потери объема льда отмечены у ледников Северной Джунгарии (почти 5,4 км³).

Средняя за 59 лет величина баланса массы оледенения изменяется от -34 г/см в Северной Джунгарии до -39 г/см (из-за стаивания половины ледников) в Восточной Джунгарии, составив в целом по казахстанской её части -36 г/см². Иначе говоря, общая безвозвратная потеря массы со всей площади ледников за это время составила более 21 м в слое воды.

Таблица 4

Изменение основных морфометрических показателей оледенения
Казахстанской Джунгарии за 1956...2015 гг.

Район	1956 г.			2015 г.		
	К	F	V	К	F	V
Восток	208	95,5	3,93	74	52,2	2,02
Север	348	304,1	12,45	294	182,5	7,08
Запад	382	215,0	8,55	250	115,0	4,56
Юг	474	226,4	8,37	332	117,2	4,18
Итого	1412	841,0	33,30	950	466,9	17,84

Эти значения совершенно определенно указывают на устойчиво сохраняющуюся длительное время общую тенденцию в преобладании отрицательного баланса массы Джунгарских ледников и их деградации в течение всего исследуемого периода. В условиях нарастающего антропогенного воздействия на окружающую среду и потепления климата высокогорья юго-восточного Казахстана процесс дегляциации будет продолжаться и далее. Эта тенденция ныне является доминирующей, и пока нет оснований полагать, что она изменится к лучшему (для состояния ледников).

Бассейны рек Чарын и Текес расположены к югу от горной Джунгарии, за долиной р. Или и хребтом Кетмень (Узынкара). Современное оледенение в этих бассейнах располагается между $79^{\circ}13'$ и $80^{\circ}13'$ в.д. и $42^{\circ}41'$ и $40^{\circ}17'$ с.ш. (на юго-востоке Алматинской области) на северных склонах хребтов Терской-Алатау и Сарыджаз и на западных склонах Меридионального хребта, входящих в горную систему Центрального Тянь-Шаня.

Первое обследование ледников района провел украинский академик В.В. Резниченко 100 лет назад, в 1915 г. [9]. Он не учел тогда многие мелкие ледники и выявил здесь лишь 74 ледника с площадью 116 км^2 .

В конце 60-х гг. прошлого века автором на основе аэрофотосъемки 1956 г. был составлен первый Каталог ледников бассейнов Чарына и Текеса. Тогда здесь было учтено 184 ледника с площадью чистого льда $143,9 \text{ км}^2$ и объемом льда $6,36 \text{ км}^3$. Наиболее крупными по размерам являлись три ледника, залегающие в верховьях р. Баянкол: сложные долинные ледники Симонова (№ 89) и Мраморной стены (№ 94) и долинный ледник Баянкол (№ 91) общей площадью около 50 км^2 . Крупнейшим среди них являлся ледник Мраморной стены (рис. 4), длина которого равнялась 7,3 км, а площадь – $22,4 \text{ км}^2$. Средняя абсолютная высота участка хребта Сарыджаз, с которого начинаются эти ледники, достигает 5700 м.

Вторая каталогизация ледников обоих бассейнов была проведена по материалам аэрофотосъемки залета 1990 г. (тогда здесь было зафиксировано

159 ледников общей площадью 116,0 км²), а третья – была осуществлена В.И. Морозовой с использованием космических снимков Landsat 2006 г.



Рис. 4. Царство снега и льда. Верховья ледника Мраморной стены на склонах одноименной вершины (6400 м).

Наконец, последний Каталог ледников района по их состоянию в 2013 г. был составлен З.С. Усмановой [12]. Тогда здесь оставалось 144 ледника с площадью 100,1 км². Для оценки состояния оледенения бассейнов Чарына и Текеса в 2015 г., как и для других горно-ледниковых районов страны, использованы расчеты по формулам сложных процентов. В 2015 г. здесь сохранились 144 ледника с площадью 99,1 км² и объемом 4,83 км³. Таким образом, за 59 лет (1956...2015 гг.), число ледников в районе сократилось на 40 единиц (на 22 %), их площадь – на 44,8 км² (на 31 %, по 0,53 %/год), а объем – на 1,53 км³ (на 24 %, по 0,41 %/год).

Средняя годовая величина баланса массы льда оказалась равной 20 г/см. Таким образом, невозобновимые потери вещества за 59 лет составили 12 м водного эквивалента со всей поверхности ледников.

Среди всех ледниковых районов Казахстана потери площади и массы льда в бассейне Текеса оказались наименьшими, что однозначно обуславливается самым высоким гипсометрическим уровнем, на котором залегают здесь ледники (до 5000...6000 м).

Бассейны левых притоков р. Или (Иле) – северный склон Заилийского (Иле) Алатау. Первые достаточно достоверные сведения о размерах оледенения северного склона Заилийского Алатау в середине 40-х гг. приведены в монографии Н.Н. Пальгова [8]. По его данным, тогда здесь насчитывалось 194 ледника с общей площадью 297 км².

Первоначальной же «точкой отсчета» слежения за состоянием ледниковой системы северного склона Заилийского (Иле) Алатау послужил

1955 г., когда здесь впервые была проведена аэрофотосъемка, охватившая весь макросклон хребта. Ее материалы легли в основу составленного нами, совместно с Р.В. Хониным, Каталога ледников бассейнов левых притоков р. Или, а так же карты оледенения хребта в масштабе 1:100 000.

В 1979 и 1990 гг. были составлены 2-й и 3-й Каталоги по данным АФС, покрывшей территорию гляциальной зоны хребта. По их материалам была создана новая карта оледенения хребта в масштабе 1:25 000. Точность определения площадей увеличилась на порядок и составила 0,01 км², а ошибка их измерений не превышала 2...3 %. Результаты этих определений обобщены в работах [2, 4].

Четвертый по счету Каталог ледников района по их состоянию на 2008-й год составлен по данным космических снимков Ikonos, ALOS, IRS и Landsat в двух вариантах – А.Л. Кокаревым [7] и, параллельно и независимо, автором. Расчеты параметров ледников производилось в ГИС программе MapInfo. Сразу же отметим, что определения площади льда по обоим вариантам дали весьма близкие результаты: у А.Л. Кокарева 171,96 км², у автора – 171,48 км². Имеющиеся данные за четыре «реперных» года (1955, 1979, 1990 и 2008 гг.) позволяют выявить изменения основных показателей оледенения, получить объективную количественную информацию о темпах и интенсивности этих изменений для суждения о направленности процессов массообмена ледниковой системы за 53 года.

Как и в других ледниковых районах, изменение количества ледников происходило за счет: их полного стаивания, распада крупных ледников на более мелкие и отчленения притоков. За эти годы в сумме преобладали второй и третий процессы, что привело к увеличению числа ледников на 76 единиц – от 307 до 383.

Сопоставление данных Каталогов ледников за четыре временных среза показывает весьма заметное сокращение площади оледенения района (табл. 5).

Таблица 5

Изменение площади оледенения (км²) по частным бассейнам северного макросклона Заилийского Алатау за 1955...2008 гг.

Бассейн	1955	1979	1990	2008	1955...2008	в %
Узункаргалы	12,9	10,31	9,17	7,64	-5,26	-40,8
Чемолган	2,6	2,24	1,54	1,06	-1,54	-59,2
Каскелен	13,5	12,86	10,67	8,13	-5,37	-39,8
Аксай	13,5	12,49	10,64	8,64	-4,86	-36,0
Каргалинка	3,9	2,89	2,44	1,98	-1,92	-49,2

Бассейн	1955	1979	1990	2008	1955...2008	в %
Б. Алматинка	33,9	25,25	21,94	18,08	-15,82	-46,7
М. Алматинка	9,3	8,12	6,35	5,62	-3,68	-39,6
Талгар	112,5	89,24	79,70	67,81	-44,69	-39,7
Иссык	49,5	36,77	34,76	30,58	-18,92	-38,2
Тургень	35,7	28,88	26,34	21,93	-13,77	-38,6
Итого	287,3	229,05	203,55	171,47	-115,83	-40,3

Наибольшему сокращению подверглось мелкое дисперсное, расчлененное на большой территории оледенение бассейнов Чемолгана, Каргалинки и Большой Алматинки. Менее значительны потери площади льда у ледников бассейнов Акса, Иссыка и Тургени, часто залегающих в глубоких и затененных «закоулках» рельефа. Увеличение численности ледников к 2008 г. способствовало увеличению дробности оледенения, показателем которой служит средняя площадь ледника в системе, которая сократилась на $0,55 \text{ км}^2$, с $0,94$ до $0,39 \text{ км}^2$.

Представляет также интерес изменение размеров самых крупных ледников макросклона хребта. В 1955 г. первую пятерку самых больших по площади составляли ледники Дмитриева (№ 134) – $17,0 \text{ км}^2$, Шокальского (№ 167) – $10,8 \text{ км}^2$ (рис. 5), Горного института (№ 234) – $9,4 \text{ км}^2$, Григорьева – $8,5 \text{ км}^2$ и Пальгова – $7,1 \text{ км}^2$. В процессе деградации ледники Горного института и Григорьева разделились на 3 ледника, ледник Дмитриева – на 4 (к 2012 г. он распался уже на 6 отдельных ледников, а ледник Шокальского – на 7 ледников. В результате в 2008 г. самым крупным по площади остался ледник Дмитриева, точнее, его левая ветвь – $5,66 \text{ км}^2$, за ним следуют ледники Кассина – $4,90 \text{ км}^2$, Пальгова – $4,71 \text{ км}^2$ и Горного института – $4,20 \text{ км}^2$.

Здесь уместно напомнить, что ледник Туюксу (рис. 6), залегающий в верховьях р. Малой Алматинки и на протяжении многих десятков лет служащий природной лабораторией казахстанских гляциологов, является самым изученным горным ледником в мире.

За 53 года площадь оледенения северного макросклона хребта сократилась на $115,83 \text{ км}^2$, с $287,30$ до $171,47 \text{ км}^2$, т.е. на $40,3 \%$. Средняя скорость сокращения площади ледников за весь период составила $2,18 \text{ км}^2/\text{год}$, или по $0,76 \%$ /год.

По всем частным бассейнам хребта для всех четырех реперных лет были получены величины объемов ледников, рассчитанные по известной формуле Н.В. Ерасова [5], представленные в табл. 6.



Рис. 5. Ледник Шокальского в бассейне р. Средний Талгар.



Рис. 6. Долинный ледник Туюксу (в центре).

Таблица 6

Изменение объема ледников (км³) по бассейнам рек на северном склоне
Заилийского Алатау за 1955...2008 гг.

Бассейн	1955	1979	1990	2008	1955...2008
Узункаргалы	0,386	0,307	0,278	0,170	-0,215
Чемолган	0,040	0,047	0,032	0,011	-0,028
Каскелен	0,522	0,555	0,505	0,290	-0,232

Бассейн	1955	1979	1990	2008	1955...2008
Аксай	0,4222	0,455	0,4029	0,2135	-0,2087
Каргалинка	0,1011	0,102	0,0863	0,0427	-0,0584
Б. Алматинка	1,1122	0,781	0,6835	0,3889	-0,7233
М. Алматинка	0,3172	0,280	0,2234	0,1743	-0,1429
Талгар	4,6694	3,580	3,1100	2,3543	-2,3151
Иссык	2,1012	1,449	1,3505	1,1875	-0,9137
Тургень	1,3152	1,273	1,1429	0,7148	-0,6004
Всего	10,9857	8,829	7,8141	5,5481	-5,4376

За весь период ледники района потеряли 49,5 % от своего объема в 1955 г., по 0,93 %/год.

По рассчитанным потерям объема льда, отнесенным к средней площади оледенения, были оценены величина и знак баланса массы ледниковой системы за 53 года. Среднее годовое значение баланса массы оледенения за этот период оказалось равным – 40,2 г/см². Иначе говоря, общая безвозвратная потеря массы со всей площади ледников за это время составила около 22 м в слое воды.

Июль 2015 г. в рассматриваемом районе оказался самым теплым за весь период метеонаблюдений (с 1879 г.). Средняя месячная температура в Алматы составила 27,2 °С, а максимальная – 37,1 °С. На высоте 3800 м средняя температура июля равнялась +5 °С, а максимальная +15 °С. Именно к 2015 г. в бассейнах района растаяли около шести десятков мелких ледников с площадью 0,05 км² и менее, и число ледников здесь к этому году уменьшилось до 318. Согласно расчетам по формуле сложных процентов, ныне эти ледники имеют площадь 162,5 км² и объем почти 5,2 км³.

Представленные здесь материалы о состоянии ледников за четыре временных среза объективно отражают пространственно-временные изменения в сокращении площади и объема оледенения северного склона Заилийского Алатау. Эти материалы однозначно указывают на устойчиво сохраняющуюся общую тенденцию в преобладании отрицательного баланса массы ледников и их деградации в течение 60 лет.

Бассейн р. Чилик лежит между хребтами Заилийский и Кунгей Алатау. В 50-х гг. прошлого века Н.Н. Пальгов [8] по материалам топокарт и глазомерных съемок достаточно точно оценил площадь оледенения Чилика в 300 км², из которых 141 км² приходился на южный склон Заилийского Алатау.

Позднее автором с использованием крупномасштабных карт и материалов АФС были составлены три Каталога ледников бассейна Чилика, от-

ражающих состояние оледенения в 1955, 1979 и 1990 гг. Кроме того, было проведено дешифрирование космоснимков Landsat, отражающих состояние оледенения бассейна в 2005 г. В 1955 г. в бассейне было учтено 257 ледников с площадью 286,96 км² и объемом 16,02 км³. При этом на южном склоне Заилийского Алатау насчитывалось 87 ледников с площадью 136,38 км² и объемом 8,71 км³, на северном склоне Кунгей Алатау было 169 ледников с площадью 133,28 км² и объемом 5,84 км³. На Чилико-Кеминской перемычке находился один ледник – Жангырык с площадью 17,3 км².

В бассейне Чилика залегают крупнейший в Казахстане сложный долинный ледник Корженевского (№ 38) длиной 11,5 км и площадью 37,5 км² (рис. 7), котловинные ледники Богатырь (№ 55), Жангырык (№ 74), Новый (№ 85), долинный ледник Южный Жангырык (№ 77) и др.



Рис. 7. Ледник Корженевского из космоса. Снимок 2005 г.

С 1955 по 2005 гг. в бассейне Чилика растаяли 72 ледника с суммарной площадью 5,23 км². За это же время здесь распались 58 ледников, за счет чего за 50 лет число ледников увеличилось на 14 единиц – с 257 до 271.

Площадь оледенения здесь за те же 50 лет сократилась с 286,96 до 207,47 км², т.е. почти на 80 км², по 1,59 км²/год. Величина относительной потери площади льда составила 27,7 %, по 0,55 %/год. Средние размеры ледника были равны 1,12 км² в 1955 г., 1,03 км² в 1979 г., 0,85 км² в 1990 г. и 0,77 км² в 2005 г. И в 2005 г. ледник Корженевского, хотя и потерял более 3 км² своей площади, по-прежнему оставался самым крупным в стране с длиной 10,3 км и площадью 34,26 км².

Объем ледников в бассейне за 50 лет сократился на 4,59 км³ при относительной убыли массы льда в 28,6 %, по 0,57 % год.

Сводные данные по изменению основных характеристик оледенения (количество ледников и их площади) в бассейне Чилика за 50 лет приведены в табл. 7.

Таблица 7

Изменение числа ледников (К) и их площади (F, км²) в бассейне р. Чилик за 1955...2005 гг.

1955 г.		1979 г.		1990 г.		2005 г.		1955...2005 гг.	
К	F	К	F	К	F	К	F	К	F
Южный склон Заилийского Алатау									
8	153,68	82	136,71	104	130,56	109	122,97	+21	-30,71
Северный склон Кунгей Алатау									
169	133,28	155	107,73	162	94,55	162	84,50	-7	-48,78
Бассейн р. Чилик в целом									
257	286,96	237	244,44	266	225,11	271	207,47	+14	-79,49

Что касается баланса массы ледников, то его величина, рассчитанная по разности объемов льда в 1955 и 2005 гг., отнесенной к средней площади льда за этот период, оказалась равной -26 г/см^2 для южного склона Заилийского Алатау, -43 г/см^2 – для северного склона Кунгей Алатау и -33 г/см^2 – для бассейна р. Чилик в целом. Иначе говоря, безвозвратные потери льда в бассейне за 50 лет составили около 17 м в слое воды со всей поверхности ледников.

И после 2005 г. обусловленное потеплением климата сокращение размеров оледенения в бассейне Чилика продолжалось с не меньшей интенсивностью. Как показали рекогносцировочные облеты на вертолете гляциальной зоны района в августе 2013 г., в которых принимал участие автор, деградация оледенения здесь не вызывает сомнений. Некоторые ледники отступают настолько быстро, что даже не успевают сформировать выраженного в рельефе конечно-моренного вала.

Для оценки реального состояния ледников на современном этапе их эволюции, в 2015 г., использовались выявленные тенденции в изменении размеров оледенения на обоих хребтах и по бассейну в целом за 1955...2005 гг. За эти 10 лет (2005...2015 гг.) должны были бы растаять около полусотни ледников с площадями менее $0,05 \text{ км}^2$, т.е. в 2015 г. в бассейне в «живых» должны остаться 220 ледников. Расчеты по формулам сложных процентов, а также по уравнениям линий трендов показали, что в 2015 г. площадь оледенения на южном склоне Заилийского Алатау составила 117 км^2 , на северном склоне Кунгей Алатау – 75 км^2 и по бассейну Чилика – 192 км^2 . Объем льда по бассейну в целом в 2015 г. был определен в $10,8 \text{ км}^3$. Оледенение бассейна Чилика, особенно на северном склоне Кунгей Алатау, продолжает свое существование в условиях заметной дезинтеграции и деградации.

Бассейны рек Мерке и Аспара – единственный участок Киргизского хребта в пределах Казахстана. Ледники этих бассейнов мало известны и почти не упоминаются в научной литературе. Лишь в 1962 г. экспедиция ЛГПИ им. Герцена под руководством Е.В. Максимова провела рекогносцировочное обследование ледников района. Результаты этого обследования, а также отдешифрованные АФС залета 1955 г. легли в основу составленного Е.В. Максимовым и В.Я. Бажевой Каталога ледников района. Повторная инвентаризация ледников здесь проведена лишь в 2013 г.

В 1955 г. в описываемом районе имелось 20 ледников общей площадью 8,9 км² и объемом 0,26 км³. При этом более 1/3 этой площади (3,2 км²) приходилось на самый крупный долинный асимметричный ледник под названием Казахстан (№ 19 по Каталогу) (рис. 8). Для района в целом свойственны малые формы оледенения, прежде всего различные варианты каровых ледников. Из 20 ледников 17, так или иначе, связаны с карами.

Для оценки современного состояния ледников в этих бассейнах использовались космические снимки Landsat за 27 августа 2013 г., заимствованные с сайта «Google Earth», дешифрирование которых позволило установить количество ледников, определить их контуры и подсчитать их площадь и объем.



Рис. 8. Асимметричный долинный ледник Казахстан в верховьях р. Мерке.

В результате было установлено, что к 2013 г. здесь растаяли три ледника (все в верховьях Аспары), а один ледник распался на два. Таким образом, ныне в этих бассейнах сохранились 18 ледников общей площадью 4,16 км² и объемом 0,09 км³. Площадь самого крупного в бассейне р. Мерке ледника № 19 – Казахстан сократилась в два раза, с 3,2 до 1,6 км². Также почти вдвое уменьшилась средняя площадь ледников в обоих бассейнах, с 0,41 до 0,23 км².

Согласно расчетам по формулам сложных процентов, в 2015 г. площадь оледенения в районе сократилась до $4,09 \text{ км}^2$, а его объем - до $0,088 \text{ км}^3$. Следовательно, за весь исследуемый период (1955...2015 гг.) площадь оледенения здесь уменьшилась на $4,81 \text{ км}^2$ с $8,90$ до $4,09 \text{ км}^2$, по $0,08 \text{ км}^2/\text{год}$, т.е. на 54% или по $0,90 \%$ /год. Более значительными темпами сокращался объем льда, который уменьшился на $0,17 \text{ км}^3$, с $0,26$ до $0,09 \text{ км}^3$, т.е. по $0,003 \text{ км}^3/\text{год}$ или по $1,09 \%$ /год.

Величина среднего годового баланса массы льда за весь период оказалась равной -39 г/см^2 , т.е. безвозвратная потеря ледниковой массы составила около 23 м в слое воды. Ледники бассейнов Мерке и Аспары продолжают свое существование в режиме интенсивной деградации.

Бассейн р. Ассы. Большая его часть располагается на территории Кыргызской Республики. В пределах Казахстана находится крайний западный участок этого бассейна, куда входят верховья рек Аксай и Коксай – правых притоков р. Ассы. Их территория лежит на северном склоне хребта Таласский Алатау (Западный Тянь-Шань).

Оледенение названных бассейнов среди всех горно-ледниковых районов Казахстана отличается наименьшей гляциологической изученностью. Об этом, в частности, свидетельствует тот факт, что в Каталоге ледников бассейна р. Ассы, составленном сотрудниками УГМС Кыргызской ССР по материалам АФС 1957 г., в графах Таблицы, содержащей сведения о ледниках, вместо конкретных величин стоят знаки вопроса. По данным этого Каталога, в 1957 г. в казахстанской части бассейна р. Ассы было зафиксировано 20 ледников общей площадью, включая погребенные льды, $4,6 \text{ км}^2$.

В конце 1960-х гг. при дешифрировании тех же АФС залета 1957 г. были несколько уточнили размеры оледенения района. По уточненным данным, в этом году в бассейнах Аксая и Коксая имелось 29 ледников с площадью открытого льда $5,4 \text{ км}^2$ и объемом льда $0,09 \text{ км}^3$. Средняя площадь ледника равнялась $0,19 \text{ км}^2$.

Для суждения о нынешнем состоянии оледенения в этом бассейне, как и для бассейнов Мерке и Аспары, использованы космоснимки Landsat за 15 августа 2013 г. В результате выяснилось, что к 2013 г. здесь растаяли 13 малых ледников площадью $0,5 \text{ км}^2$, а за счет распада образовались шесть «новых» ледников. Таким образом, ныне здесь осталось 22 ледника площадью $2,65 \text{ км}^2$ и объемом льда $0,03 \text{ км}^3$. Судя по результатам расчетов по формулам сложных процентов, в 2015 г. в обоих бассейнах площадь оледенения составила $2,60 \text{ км}^2$, а объем – $0,03 \text{ км}^3$.

Итак, за 58 лет (1957...2015 гг.) количество ледников в бассейнах Аксая и Коксая в результате стайвания мелких ледников (площадью $0,1 \text{ км}^2$ и

менее) уменьшилось с 29 до 22. Площадь льда сократилась с 5,4 до 2,60 км², т.е. на 2,8 км², по 0,048 км²/год. Относительная величина сокращения площади за весь период составила 52 %, по 089 %/год. Средняя площадь ледника уменьшилась на 1/3 – с 0,19 до 0,12 км². Объем льда сокращался более высокими темпами – с 0,09 до 0,03 км³, т.е. на 0,06 км³, или по 0,001 км³/год. Относительное значение убыли объема льда составило 66 %, по 1,14 %/год. Сокращение размеров оледенения района обусловило отрицательный баланс массы, средняя годовая величина которого составила -23 г/см². Со всей своей поверхности ледники потеряли более 13 м в слое воды.

Таким образом, ледники казахстанской части бассейна р. Ассы продолжают деградировать, оставляя при своем отступании свежие моренные отложения, многочисленные участки мертвого льда и пр. В ближайшие десятилетия их ожидает нелегкая судьба.

Бассейн р. Арысь. Верховья левых притоков р. Арысь представляют крайний северо-западный район современного оледенения Западного Тянь-Шаня. Это – бассейны рек Жебаглысу, Аксу с притоком р. Жусалы и Бадам, в который впадает р. Сайрам с притоком Балдабрек. Ледники здесь залегают на северных склонах отрогов Таласского Алатау и северо-западных склонах Угамского хребта.

Первая каталогизация ледников бассейна Арыси проведена автором по материалам АФС 1957 г. Тогда здесь было учтено 156 ледников с площадью (без погребенных льдов) 35,3 км² и объемом 0,78 км³.

Для оценки современного состояния оледенения бассейна Арыси В.И. Морозовой составлены новая карта и новый Каталог ледников района с использованием космоснимков Landsat 2011 г. В этом году здесь сохранились 139 ледников с «чистой» площадью 22,18 км² и объемом 0,42 км³. Изменение основных показателей оледенения района по частным бассейнам за 54 года показано в табл. 8.

Таблица 8

Изменение количества (К) и площади (F, км²) ледников бассейна р. Арысь за 1957...2011 гг.

Бассейн	1957 г.		2011 г.		1957...2011 гг.	
	К	F	К	F	К	F
Жебаглысу	22	4,70	17	3,35	-5	-1,347
Аксу	80	14,4	60	8,30	-20	-6,104
Балдабрек	16	4,70	18	2,72	+2	-1,984
Сайрам	38	11,5	44	7,81	+6	-3,689
Итого	156	35,3	139	22,18	-17	-13,12

За 54 года в бассейне растаяли 45 малых ледников, имевших площадь $0,1 \text{ км}^2$ и менее. За то же время за счет распада здесь образовались 28 ледников. Число ледников сократилось на 11 %. Наряду с заметным уменьшением численности ледников не менее интенсивно происходило сокращение их площади. За 54 года площадь ледников сократилась с $35,3$ до $22,2 \text{ км}^2$, т.е. на $13,12 \text{ км}^2$, по $0,24 \text{ км}^2/\text{год}$. Относительное сокращение площади льда за этот период составило 37,2 %, т.е. по $0,69 \text{ %}/\text{год}$. В связи с уменьшением количества и площади ледников средняя площадь ледника сократилась на 1/3 – от $0,23 \text{ км}^2$ в 1957 г. до $0,16 \text{ км}^2$ в 2011 г.

Объем ледников за 54 года уменьшился с $0,78$ до $0,42 \text{ км}^3$, т.е. на $0,36 \text{ км}^3$, по $0,007 \text{ км}^3/\text{год}$ при относительном сокращении объема льда в 47 %, по $0,87 \text{ %}/\text{год}$. Более резкое уменьшение объема ледников, по сравнению с их площадью, связано с распадом на четыре части самого крупного в бассейне ледника № 70, имевшего в 1957 г. площадь $3,2 \text{ км}^2$ и объем $0,155 \text{ км}^3$. Понятно, что годовой баланс ледников за эти годы был отрицательным и составил $-21 \text{ г}/\text{см}^2$. Безвозвратная потеря массы льда за это время составила около 11,5 м в слое воды.

К 2015 г. здесь растаяли еще 10 ледников с площадью менее $0,02 \text{ км}^2$ каждый. Таким образом, в 2015 г. оставшиеся 129 ледников имели площадь $21,57 \text{ км}^2$, а объем – $0,403 \text{ км}^3$.

Бассейн р. Майдантал, правой составляющей р. Пскем, расположен между Таласским Алатау и его юго-западными отрогами – хребтами Угамским и Майдантальским системы Западного Тянь-Шаня.

Первый Каталог ледников бассейна Майдантала составлен сотрудниками Узбекского Гидромета по материалам АФС залета 1957 г. Тогда в бассейне насчитывалось 87 ледников площадью (без погребенных под моренами стадии фернау льдов) $49,8 \text{ км}^2$ и объемом $1,60 \text{ км}^3$. Самым крупным в бассейне в 1957 г. являлся карово-долинный ледник Аютор-2 (№ 172) с площадью $3,9 \text{ км}^2$ и длиной 3,8 км.

Второй Каталог ледников бассейна Майдантала составлен В.И. Морозовой с использованием космоснимков Landsat 2011 г. Согласно ее подсчетам, в 2011 г. в бассейне зафиксировано 119 ледников с $35,88 \text{ км}^2$ и объемом $0,953 \text{ км}^3$. Таким образом, за прошедшие 54 года (1957...2011 гг.) количество ледников увеличилось на 32 единицы, или на 37 %. При этом здесь полностью растаяли 6 ледников, а за счет распада образовались 38 ледников. Площадь оледенения сократилась на $13,91 \text{ км}^2$, или на 28 %, а объем льда – на $0,642 \text{ км}^3$, на 40 %. Изменение основных характеристик оледенения за этот период по частным бассейнам района представлено в табл. 9.

Таблица 9

Изменение числа (К), площади (F, км²) и объема (V, км³) ледников в бассейне р. Майдантал за 1957...2011 гг.

Бассейн	1957 г.			2011 г.			1957...2011 гг.		
	К	F	V	К	F	V	К	F	V
Атжайлау-Карабулак	20	7,75	0,194	21	5,69	0,140	+1	-2,06	-0,054
Чотан (Шынгыз)	12	13,90	0,538	20	10,59	0,330	+8	-3,31	-0,208
Ашутор	8	4,25	0,122	11	2,46	0,060	+3	-1,79	-0,062
Корумтор	9	3,60	0,066	14	2,19	0,029	+5	-1,41	-0,037
Аютор	18	14,70	0,584	29	11,39	0,344	+11	-3,31	-0,240
Койназарсай	20	5,60	0,091	24	3,57	0,050	+4	-2,03	-0,042
Итого	87	49,80	1,595	119	35,89	0,953	+32	-13,91	-0,642

Площадь ледников сокращалась со средней скоростью 0,26 км²/год, или по 0,52 %/год, а их объем – по 0,012 км³/год или по 0,74 %/год. Первенство по размерам от ледника № 172 перешло к долинному леднику № 142 (бассейн р. Чотан) с площадью в 2011 г. 3,19 км². Средняя же площадь ледника за 54 года сократилась почти вдвое – с 0,57 до 0,30 км². Средний годовой баланс массы за весь период составил -25 г/см², а безвозвратные потери вещества – 13,5 м в слое воды.

Рассчитанные по формулам сложных процентов величины площади и объема 116 ледников, сохранившихся в бассейне Майдантала в 2015 г. составили 35,14 км² и 0,925 км³ соответственно.

Итоги мониторинга оледенения Казахстана за 60 лет. Сводные данные по изменению основных показателей оледенения во всех горноледниковых районах страны, от Казахстанского Алтая на северо-востоке до Западного Тянь-Шаня на юго-западе, с оценкой состояния ледников в 2015 г. представлены в табл. 10.

Таблица 10

Динамика оледенения гор Казахстана с середины 20 в. до 2015 г.

Район	1955...1957 гг.			2015 г.			1955...2015 гг.		
	К	F	V	К	F	V	К	F	V
Алтай	323	71,4	2,406	116	37,2	1,120	-207	-34,2	-1,286
Саур	18	14,8	0,470	21	11,0	0,327	+3	-3,8	-0,143
ДА* восток	208	95,5	3,929	74	52,2	2,024	-134	-43,3	-1,905
ДА север	348	304,1	12,454	294	182,5	7,082	-54	-121,6	-5,372
ДА запад	382	215,0	8,554	250	115,0	4,564	-132	-100,0	-3,990
ДА юг	474	226,4	8,3688	332	117,2	4,180	-142	-109,2	-4,189

Район	1955...1957 гг.			2015 г.			1955...2015 гг.		
	К	F	V	К	F	V	К	F	V
Текес	184	143,9	6,3584	144	99,1	4,826	-40	-44,8	-1,532
Лев. притоки									
р. Или	307	287,3	10,986	318	162,5	5,200	+11	-124,8	-5,786
Чилик	257	287,0	16,022	220	192,0	10,80	-37	-95,0	-5,222
Мерке	20	8,9	0,255	18	4,1	0,088	-2	-4,8	-0,168
Асса	29	5,4	0,090	22	2,6	0,030	-7	-2,8	-0,060
Арысь	156	35,3	0,782	129	21,6	0,403	-27	-13,7	-0,378
Майдантал	87	49,8	1,595	116	35,1	0,925	+29	-14,7	-0,670
Всего	2793	1744,8	72,270	2054	1032,1	41,570	-739	-712,7	-30,70

Примечание: *ДА – Джунгарский Алатау.

За 60 лет, несмотря на некоторое увеличение численности ледников из-за их распада, за счет стаивания ледников их количество уменьшилось на 739 единиц, или более, чем на 1/4, точнее на 26,5 %. Число ледников сократилось во всех ледниковых районах, кроме бассейнов левых притоков р. Или и р. Майдантала в Западном Тянь-Шане, а также на Сауре.

За исследуемый период площадь оледенения сократилась с 1744,8 до 1032,1 км², т.е. на 712,7 км², по 11,9 км²/год. Относительное уменьшение площади льда составило 40,8 %, по 0,68 %/год. Наибольшие потери ледниковой площади испытали северные склоны Заилийского и Джунгарского Алатау 124,8 и 121,6 км² соответственно. Средняя площадь ледника по всем районам сократилась на 0,12 км² – с 0,62 до 0,50 км². В середине прошлого века самым «оледенелым» в стране был Север Джунгарского Алатау с площадью 304,1 км². В 2015 г. первенство по этому показателю перешло к бассейну р. Чилик с его площадью льда в 192 км².

Уменьшение объема льда составило более 30 км³, по 0,51 км³/год, при относительном сокращении объема в 42,5 % или по 0,71 %/год.

Как и 60 лет назад, почти 90 % площади оледенения страны (920,5 км²) сосредоточено в Семиречье (Жетысу), т.е. на юге и востоке Алматинской области.

При таком сокращении размеров оледенения баланс массы ледников был существенно отрицательным и оказался равным -33 г/см². Безвозвратные потери массы льда со всей ледниковой площади составили около 20 м в водном эквиваленте.

Средний годовой ледниковый сток с гор страны оценивается в 1,824 км³ или 1,23 млн. м³ с 1 км² площади льда. По отдельным районам доля ледникового стока в общем речном колеблется от 0,6 % в Казахстан-

ском Алтае до 25,0 % на северном склоне Заилийского Алатау и 26,0 % в бассейне Чилика. Сток всех рек Казахстана оценивается примерно в 100 км³/год, из которого около половины формируется на территории страны. В этой последней величине (50 км³) доля ледникового стока составляет 1,8 км³, или 3,6 %.

Заключение. Полученные данные могут быть использованы в качестве базовой основы для проведения мониторинга последующих изменений, происходящих с ледниками в разных горных регионах страны. Поэтому крайне важно повторять каталогизацию ледников, теперь уже на основе дистанционных измерений из космоса. В дальнейшем это позволит получить однородные данные для сравнительного анализа поведения ледников разных морфологических типов, размеров и экспозиций в условиях современных и будущих изменений климата, определить возможности их использования в качестве климатических индикаторов, использовать эти индикационные свойства ледников для оценок изменений как самого оледенения, так и характеристик климата и стока, существенно меняющихся в современную эпоху по сравнению со средними, имевшими место во второй половине 20 в.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вилесов Е.Н. Динамика и современное состояние оледенения гор Казахстана. – Алматы: КазНУ, 2016. – 268 с.
2. Вилесов Е.Н., Макаревич К.Г., Поляков В.Г. Пространственно-временная изменчивость ледниковой системы Заилийского Алатау // МГИ. – 1993. – Вып. 76. – С. 90-95.
3. Вилесов Е.Н., Уваров В.Н. Эволюция современного оледенения Заилийского Алатау в 20 веке. – Алматы: КазГУ, 2001. – 252 с.
4. Вилесов Е.Н., Морозова В.И., Северский И.В. Оледенение Джунгарского (Жетысу) Алатау: прошлое, настоящее, будущее. – Алматы: КазНУ, 2013. – 244 с.
5. Ерасов Н.В. Метод определения объема горных ледников // МГИ. – 1968. – Вып. 14. – С. 307-308.
6. Каталог ледников СССР. Том 13, вып. 2, части 1-7. Том 14, вып. 1, часть 11, вып.2, часть 1. Том 15, вып. 1, части 1-3. – Л.: Гидрометеиздат, 1968-1980.
7. Кокарев А.Л. Оценка современных изменений горноледниковых систем Юго-Восточного Казахстана: Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. – Алматы, 2009. – 20 с.

8. Пальгов Н.Н. Современное оледенение в Заилийском Алатау. – Алма-Ата: АН КазССР, 1958. – 312 с.
9. Резниченко В.В. Оледенения на севере узла Хан-Тенгри // Труды 3-го Всесоюзного съезда геологов, 20-26 сентября 1928 г. Вып. 2. – Ташкент, 1930. – С. 65-78.
10. Руководство по составлению Каталога ледников СССР. – Л.: Гидрометеиздат, 1966. – 154 с.
11. Тронов М.В. Ледники и климат. – Л.: Гидрометеиздат, 1966. – 407 с.
12. Усманова З.С. Оценка изменений ледников бассейнов рек Шарын и Текес (казахстанская часть бассейна реки Иле) по данным космического мониторинга // Вестник КазНУ. Серия геогр. – 2014. – № 1 (38). – С. 72-79.

Поступила 10.06.2016

Геогр. ғылымд. докторы Е.Н. Вилесов

20 Ғ. ЕКІНШІ ЖАРТЫСЫ МЕН 21 Ғ. БАСЫНДАҒЫ ҚАЗАҚСТАНДАҒЫ ТАУ МҰЗДЫҚТАРЫ КӨЛЕМІНІҢ ӨЗГЕРУІ

Түйін сөздер: каталогы мұздану, мұздықтардың, динамикасы, жинақтау, абляция, масса балансы, мұздықтардың ағыны

1955...56 жж. құрастырылған Мұздықтар каталогтарының материалдары және одан кейінгі кезеңде де оңтүстік-шығыс Қазақстанның барлық таулы-мұздықты аудандарындағы мұзбасу көлемінің мәліметтері бойынша мұздықтар санының, олардың ауданы мен көлемінің, сонымен қатар салмақ тепе-теңдігінің соңғы 60 жылда (1955...2015) азаюының шамасы мен қарқыны сипатталады.

Vilesov E.N.

RESIZING MOUNTAIN GLACIERS OF KAZAKHSTAN DURING THE SECOND HALF OF 20 – BEGINNING OF 21 CENTURY

Keywords: catalog of glaciers, glacial dynamics, accumulation, ablation, mass balance, glacial runoff

As glaciers directory submissions compiled in 1955...1956, and later definitions of the size of glaciers in every mountain glacier regions of south-eastern Kazakhstan are characterized by the magnitude and pace of reduction in the number of glaciers, their areas and volumes, as well as the balance of their mass in 60 years (1955...2015).