

НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ
Тянь-Шанский высокогорный научный центр при
Институте водных проблем и гидроэнергетики

Исследование криосферы Внутреннего Тянь-Шаня

**Рысбек Сатылканов, заведующий Тянь-Шанским высокогорным
научным центром при ИВПиГЭ НАН КР**

Алматы 03.11.2022 г.

В Кыргызской Республике талые воды составляют до 50% общего стока в год и до 70% в летние месяцы. По сути, ледниковый сток за вегетационный период обеспечивает саму возможность существования сложившейся в Центральной Азии системы орошаемого земледелия – основы продовольственной безопасности региона.

Ускоренное таяние ледников создает дополнительные риски для устойчивого развития и региональной водной, энергетической и продовольственной безопасности. Именно этим определяется актуальность исследований по проблемам гляциологии и горной гидрологии.

Тянь-Шанский высокогорный научный центр (ТШВНЦ)

ТШВНЦ создан в 2006 г. при Институте водных проблем и гидроэнергетики НАН КР и является преемником Тянь-Шанской физико-географической станции, созданной в 1948 г. Институтом географии АН СССР. Станция была создана для выполнения комплексных географических исследований, которые ставили своей целью изучение физико-географических процессов в их динамике и развитии.

ТШФГС в процессе подготовки 1-го каталога ледников СССР исследовала 2720 ледников, занимающий площадь в 3908 км², тогда общая площадь ледников КР составила 7944 км².

1.	ТШВНЦ (ТШФГС)	50,61 %
2.	УГМС Кирг.ССР	13,33 %
3.	ЛГПИ им.А.И.Герцена	13,33 %
4.	РГО	4,1 %
5.	Ташкентская геофиз. Обсерватор. (А.И.Ильин)	3,7 %
6.	СРЕДАЗМЕТ	3,3 %
7.	Киргизгипроводхоз	3,3 %
8.	Министерство земледелия. Главное переселенческое управления	2,1 %
9.	Нарынско-Хантенгринская экспедиция	1,7 %
10.	Кирг. Геолог.Управление	1,6 %
11.	Туркестанское отделение РГО	1,4 %
12.	Американская экспедиция Института Карнеги 1903 г.	1,0 %
13.	Управление геологии и охраны недр КиргССР	0,2 %
14.	АН КазССР	0,2 %
15.	Экспедиции 2-го МПГ	0,1 %
16.	Ин-т водного хозяйства АН КиргССР	0,06 %

Оледенение Кыргызской Республики (КР)

Характеристика	1943-1967 Каталог ледников СССР 1970	2013-2016
Количество ледников	8164	9959 (ЦАИИЗ)
Площадь, км ²	7944	6684 (ЦАИИЗ)
Объем, км ³	493	390 (ТНС 2010)



ОБЪЕКТЫ ДЕТАЛЬНОГО ИЗУЧЕНИЯ

1. Турген-Ак-Суу
2. Кара-Баткак
3. Сары-Тор
4. Борду
5. Кегети
6. Тез-Тор
7. Кызыл-Суу восточный
8. Алтын Дара
9. Кичи-Алай восточный



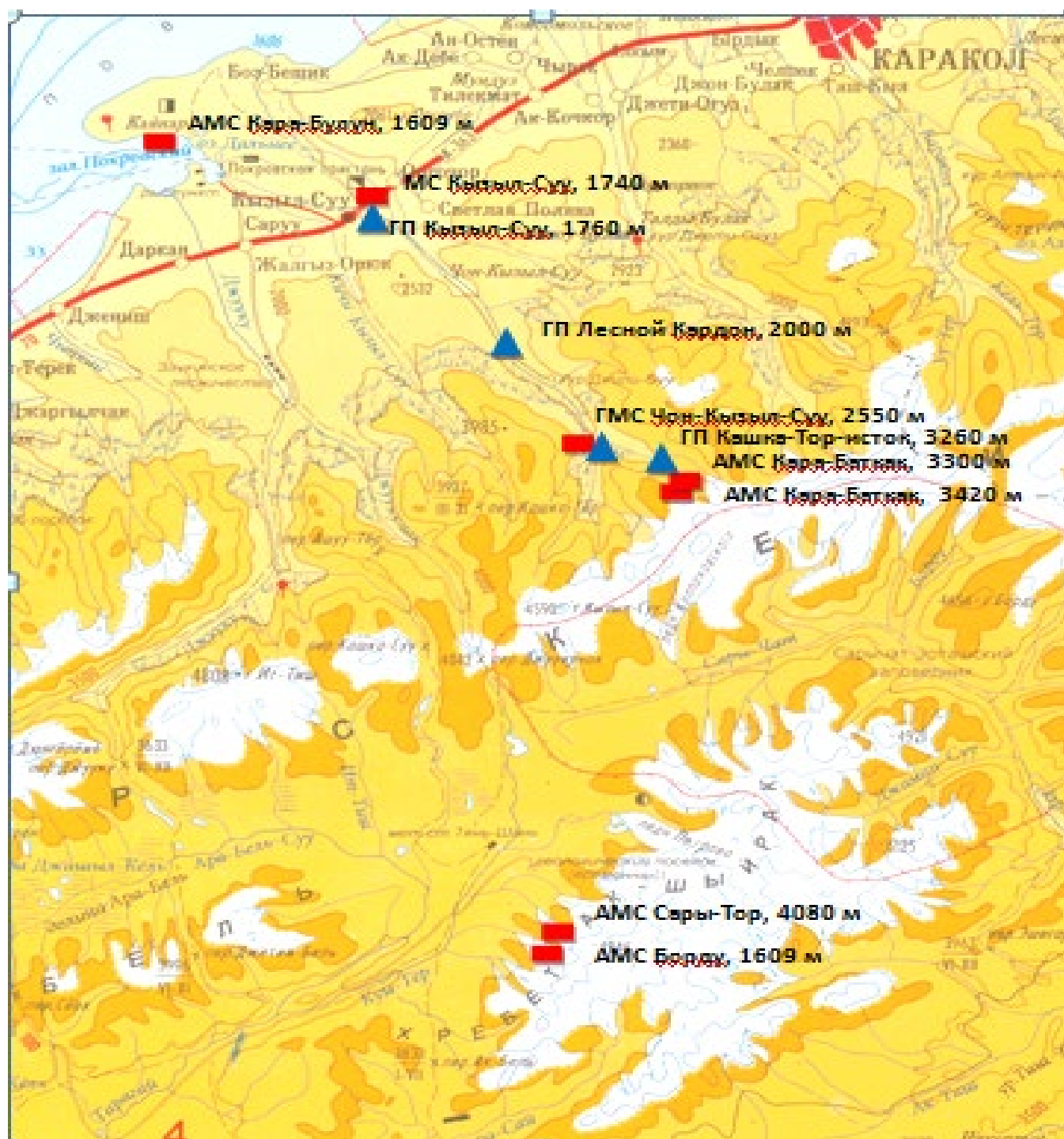
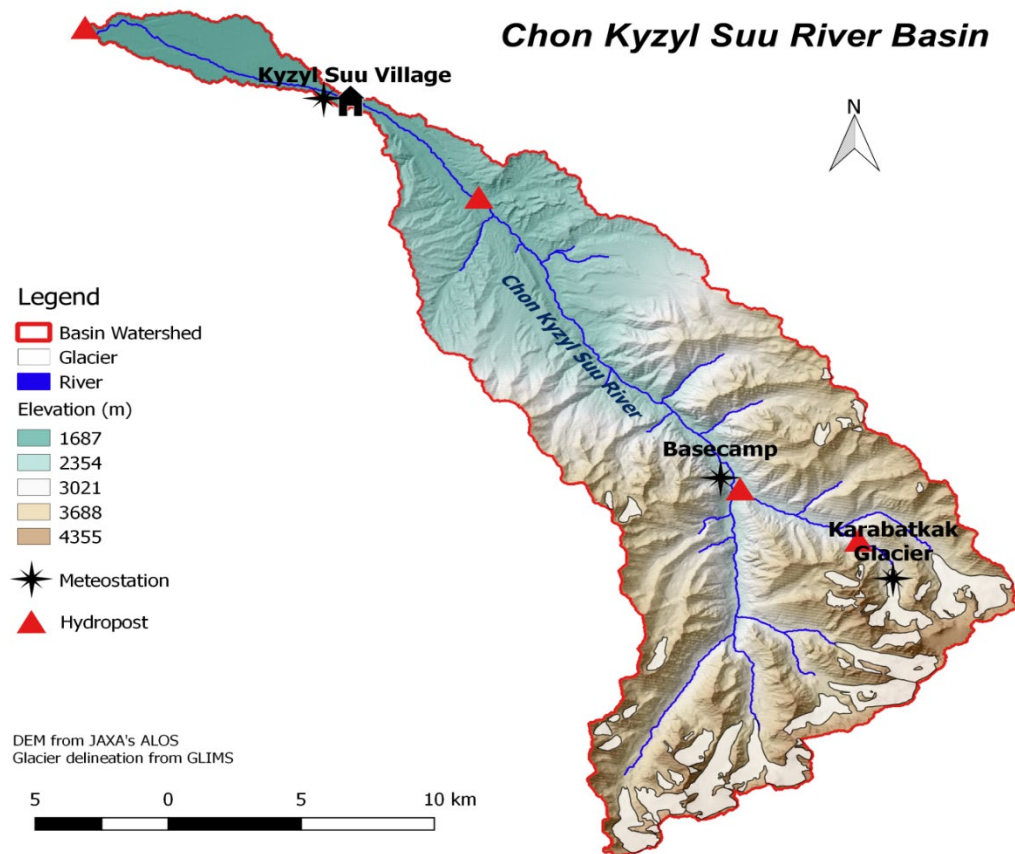
Научная инфраструктура ТШВНЦ:

- | | |
|-------------------------------|-----------------------------|
| 1. АМС Кара-Булун, 1609 м; | 6. АМС Кара-Баткак, 3460 м; |
| 2. АМС Кызыл-Суу, 1740 м; | 7. АМС Кара-Баткак, 3900 м; |
| 3. АМС Чон-Кызыл-Суу, 2555 м; | 8. АМС Сары-Тор, 4080 м; |
| 4. АМС Кара-Баткак, 3300 м; | 9. АМС Борду, 4080 м; |
| 5. АМС Кара-Баткак, 3420 м; | 10. АМС Григорьева, 4300 м. |



1. ГП Кызыл-Суу, 1760 м;
2. ГП Лесной Кордон, 2000 м;
3. ГП Кашка-Тор-устье, 2550 м;
4. ГП Кашка-Тор-исток, 3260 м.

Chon Kyzyl Suu River Basin



Логистика ТШВНЦ



Озерный стационар
Кара-Булун, 1608 м



АМС Кара-Баткак, 3300м



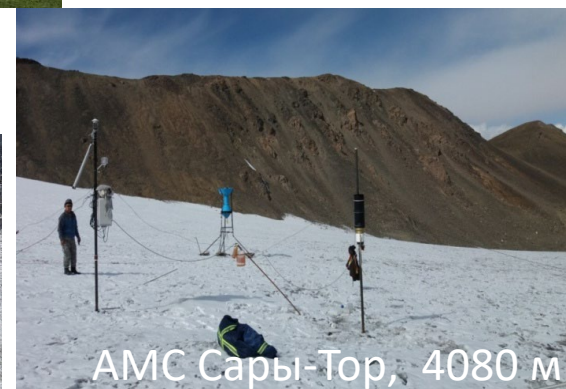
Гидрометеорологический стационар
Чон-Кызыл-Суу, 2550 м



АМС Кара-Баткак, 3420, 3460 и 3900 м



Гляциологический стационар
Кара-Баткак, 3300 м



АМС Сары-Тор, 4080 м



АМС Григорьева,
4080 м



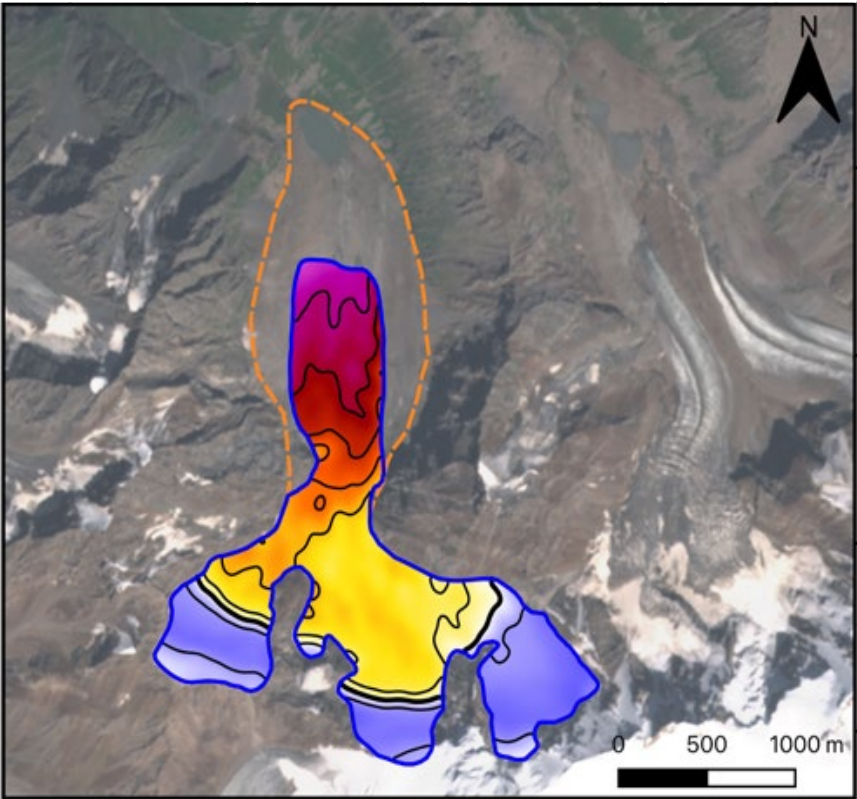
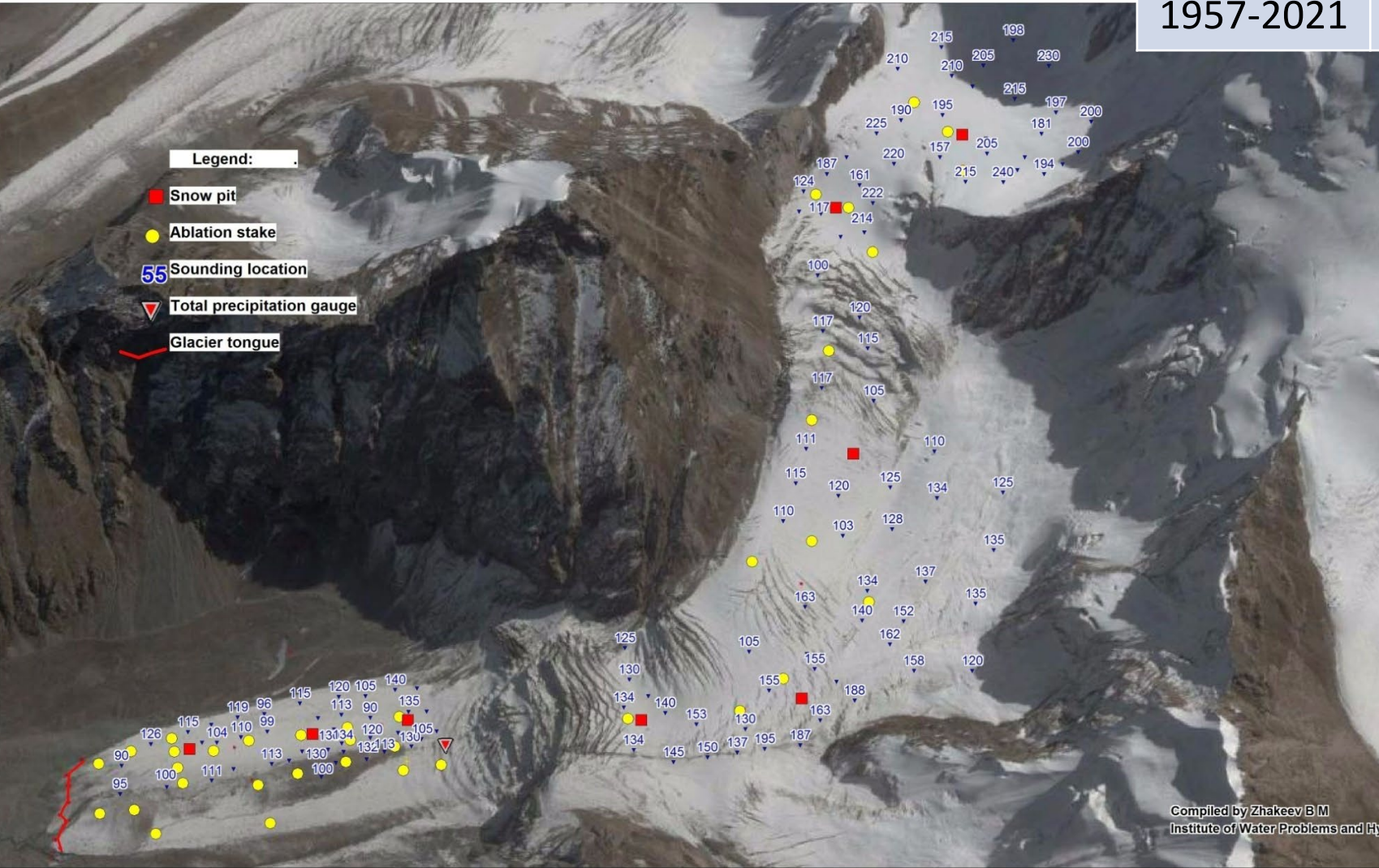
АМС Борду, 4080 м

Совместные исследования криосферы

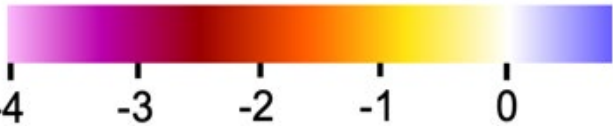
- 1. МГУ и ИВП РАН. Модельные исследования эволюции горных ледников Внутреннего Тянь-Шаня. Переоценка ледовых ресурсов кыргызского Тянь-Шаня и Памиро-Алая с учетом забронированных ледников.***
- 2. Свободный университет, Брюссель. Моделирование эволюции ледников Кара-Баткак. Толщина льда и объем ледников Ашуу-Тор, Борду, Кара-Баткак и Голубина, полученные GPR измерением и различными методами экстраполяции.***
- 3. Институт исследования Тибетского плато АН КНР. Мониторинг плосковершинного ледника Григорьева (басс. р. Арабель) с целью подсчета его баланса массы.***
- 4. Университет Киото, DRPI KU. «Имитация SWE на ледниках Кара-Баткак и Борду с использованием модели SiBUC» и «Гидрологическое моделирование бассейна оз.Иссык-Куль.***
- 5. Университет Рединга, Великобритания. Проект CARAWAN (Научно-исследовательская сеть исследований и адаптации в ЦА) и QWARESM (Количественная оценка и прогнозирование водных ресурсов в горах Центральной Азии).***
- 6. Лаборатории LEGOS, Тулуза и лаб. Hydrosciences Университет Монпелье, Франция. Спутниковая альтиметрия поверхности о.Иссык-Куль. Гидрологическое моделирование баланса р.Чон-Кызыл-Суу и оз.Иссык-Куль.***

Сеть пунктов измерений компонентов баланса массы на леднике Кара-Баткак и смоделированный средний баланс поверхностной массы (Van Tricht and others, 2021)

Период	S, км²	Δ L, м	AAR	ELA
1957	3,20	-260	1,9	3760
1977	3,05			
1999	2,76			
2021	2,47	-135	0,7	4000
1957-2021	Δ S = 0,73	-585		



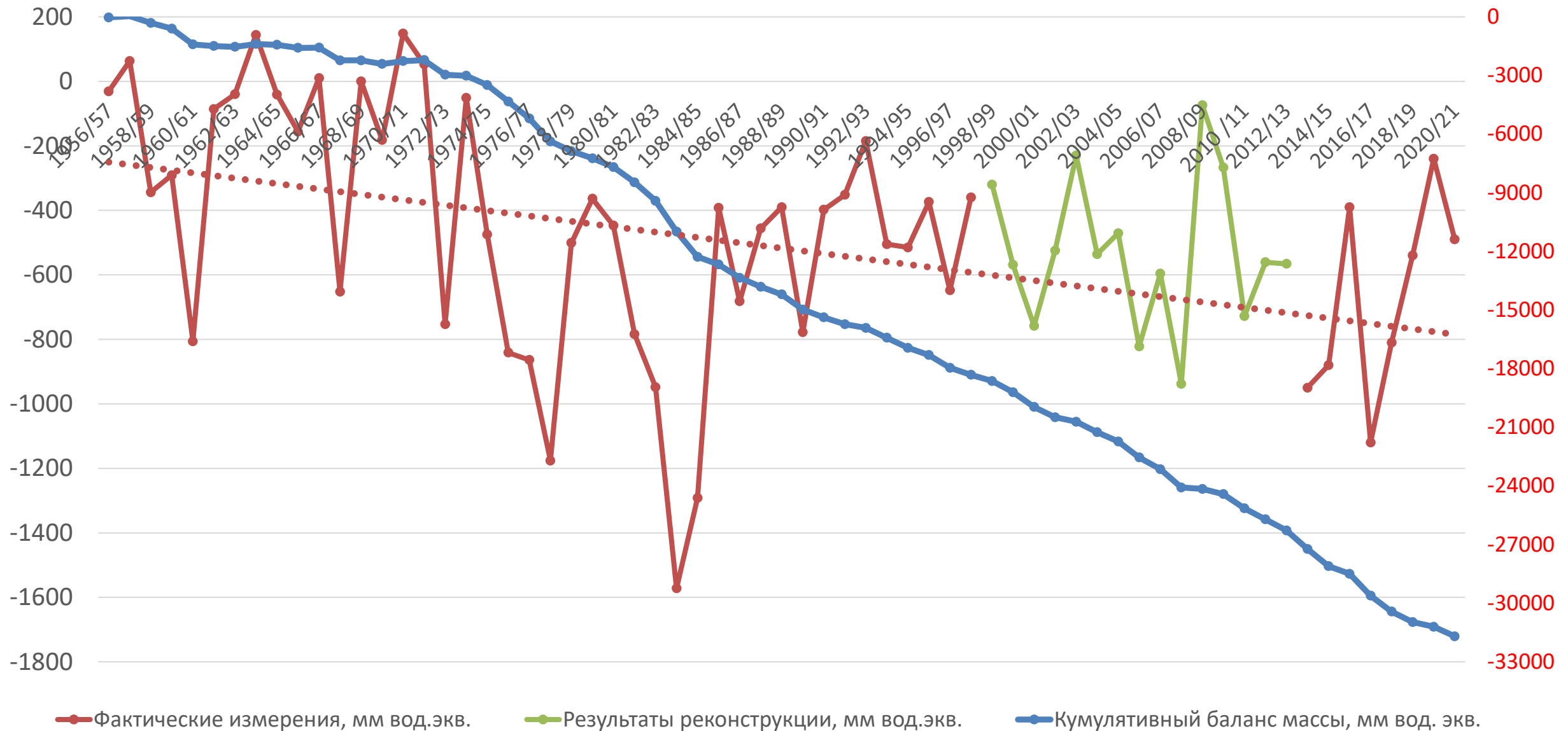
Average SMB (m w.e.)



Compiled by Zhakeev B M
Institute of Water Problems and Hy

Баланс массы ледника Кара-Баткак за 1957-2021 гг.:

фактические измерения 1956/57-1997/98 (ТШФГС) и 2013/14-2020/21 (ТШВНЦ); результаты реконструкции 1998/99-2012/13 балансовые годы (МГУ)



Данные по опорным ледникам Тянь-Шаня и Памира

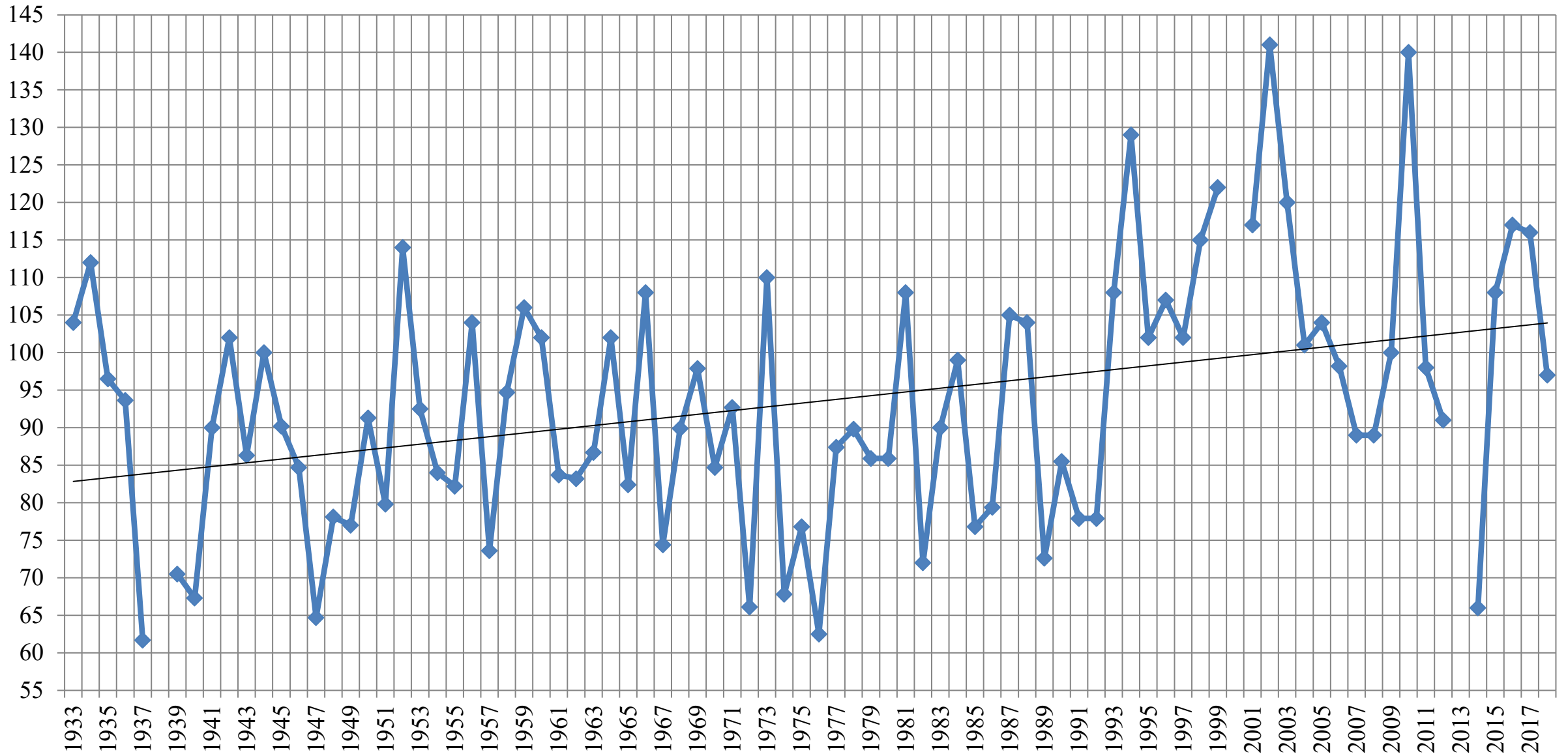
из Global Glacier Change Bulletin, No. 4, 2021. <http://www.wgms.ch>

PU	Glacier name	1st/last/nr years	B18	B19	ELA18	ELA19	ELA0	AAR18	AAR19	AAR0
KG	Abramov	1968/2020/40	56	−660	4195	4245	4155	57	75	65
KG	Batysh Sook	1971/2020/15	−743	−1048	4375	4395	4201	20	7	59
KG	Bordu	2016/2020/05	−870	−960	4450	4440		12	12	
KG	Glacier No.354	2011/2020/10	−491	−916	4295	4345	4163	48	11	58
KG	Glacier No.599	2015/2020/06	−278	−433	4041	4079		39	26	
KG	Golubina	1969/2020/36	−50	−78	3785	3795	3790	72	72	71
KG	Kara-Batkak	1957/2020/49	−810	−540	4020	4010	3848	39	40	57
KG	Sary Tor	1985/2020/11	−540	−850	4380	>4760	4219	32	0	50
KG	Turgen-Aksuu	2019/2019/01		−567		4056			50	
KZ	Ts.Tuyuksuyskiy	1957/2020/64	−75	−580	3780	3900	3752	51	32	52
TJ	East Zulmart	2019/2019/01		−262		5350			48	
CN	Urumqi Glacier	1959/2020/62	−711	−272	4190	4047	4005	19	45	59
CN	Urumqi Glacier No.1 E-Branch	1988/2020/33	−817	−348	4180	4012	3951	16	43	64
CN	Urumqi Glacier No.1 W-Branch	1988/2020/33	−521	−136	4200	4081	4054	25	50	60

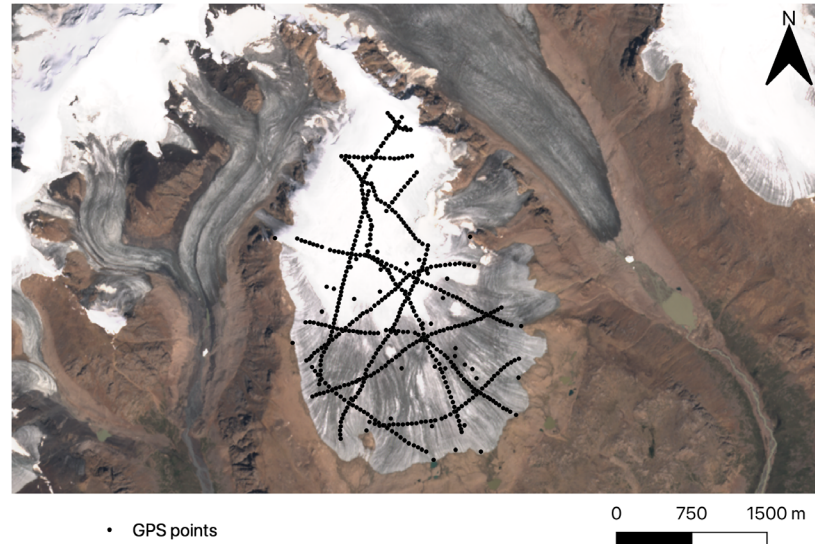
Примечание: Сокращения и единицы измерения: PU = политическая единица; B18, B19 = баланс масс в мм вод.экв.; ELA = граница питания ледника; AAR = доля области аккумуляции в общей площади.

Среднегодовые расходы воды р.Нарын (гидропост г.Нарын)

м³/с

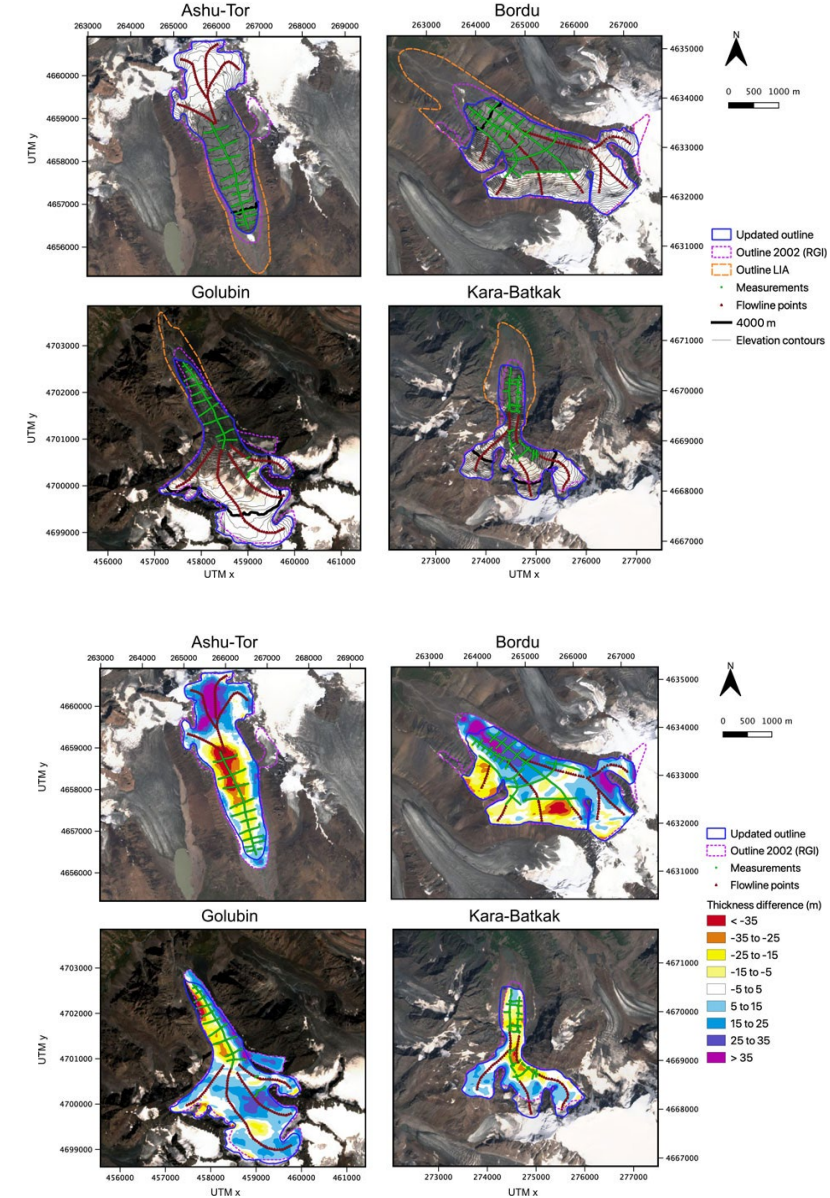


Совместные исследования оледенения Внутреннего Тянь-Шаня



Measuring and inferring the ice thickness distribution of four glaciers in the Tien Shan, Kyrgyzstan

Lander Van Tricht¹ , Philippe Huybrechts¹ , Jonas Van Breedam¹ ,
Johannes J. Fürst² , Oleg Rybak^{1,3,4}, Rysbek Satylkanov^{5,6},
Bakyt Ermenbaiev^{5,6}, Victor Popovnin⁷, Robbe Neyns¹, Chloë Marie Paice¹ ,
and Philipp Malz²



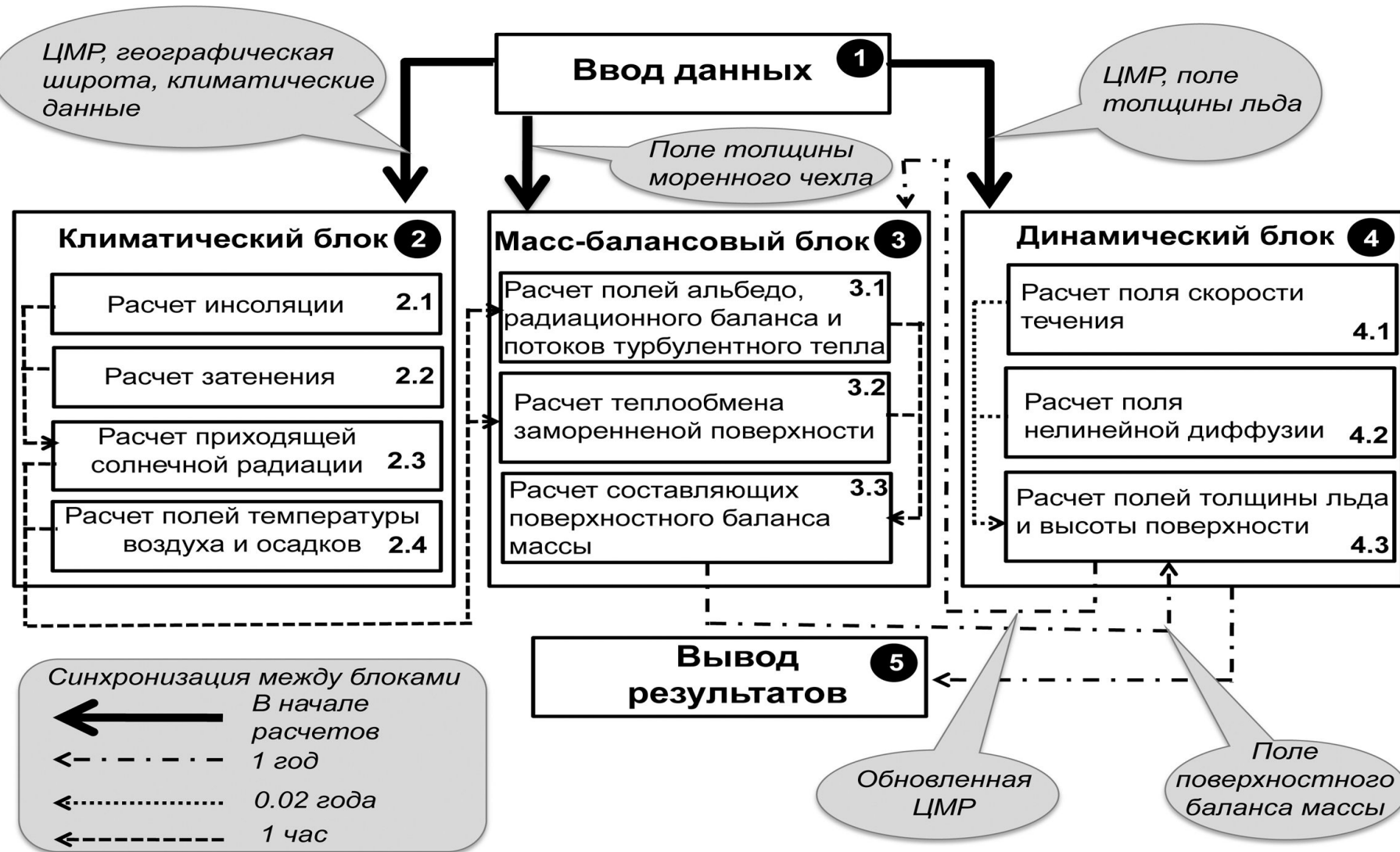
Эволюция оледенения Внутреннего Тянь-Шаня (ВТШ) в условиях климатических изменений и техногенного воздействия

Цель исследования заключается в долгосрочном прогнозировании методом математического моделирования состояния оледенения ВТШ и в объективной оценке изменений ледникового стока, обусловленных эволюцией климата и антропогенной деятельностью.

Основные задачи:

- 1. Систематизировать имеющиеся данные: метео, по толщине льда, съемок с БПЛА, по балансу массы и привести их к формату, пригодному для численного моделирования.*
- 2. Провести серию прогностических численные эксперименты на 3-мерной комплексной математической модели по воспроизводству эволюции отдельных ледников при условии реализации различных климатических сценариев.*
- 3. Провести серию прогностических численных экспериментов на модифицированной версии модели GloGEMflow по реконструкции и прогнозу эволюции оледенения.*
- 4. Исследовать вероятные сценарии эволюции л.Давыдова после прекращения добычи золота на руднике Кумтор.*

Схематическое представление математической модели



Блоки 1 и 5 выполняют служебную функцию ввода исходной информации и вывода результатов расчетов в требуемом формате. Вычисления производятся в блоках 2-4 (климатическом, масс-балансовом и динамическом).

Примечание: ЦМР - цифровая модель рельефа

вп ледника Сары-Тор
Изменения климата в
высокогорных зонах
Внутреннего Тянь-Шаня
(МС Тянь-Шань-Кумтор 3614 м)

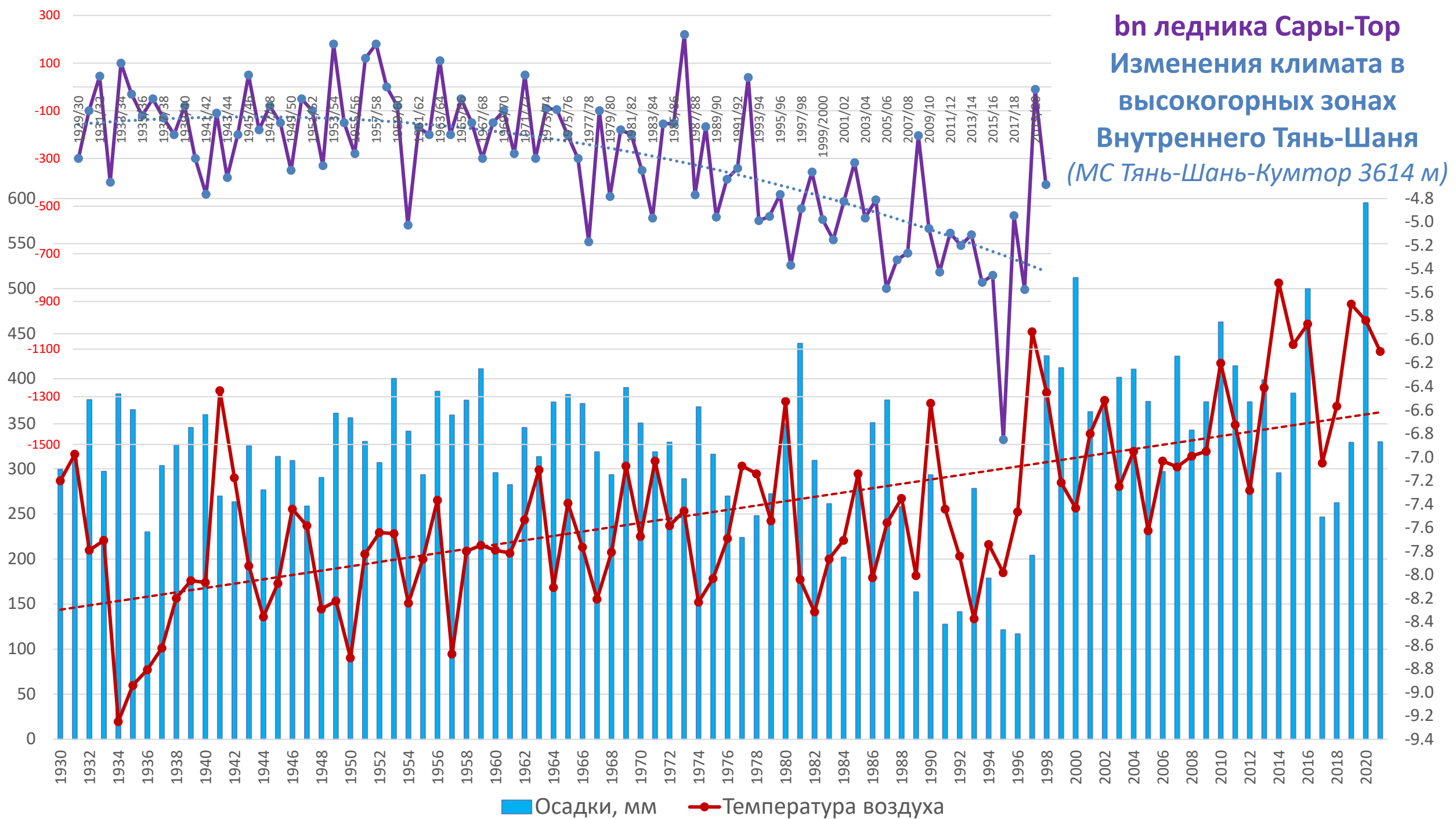
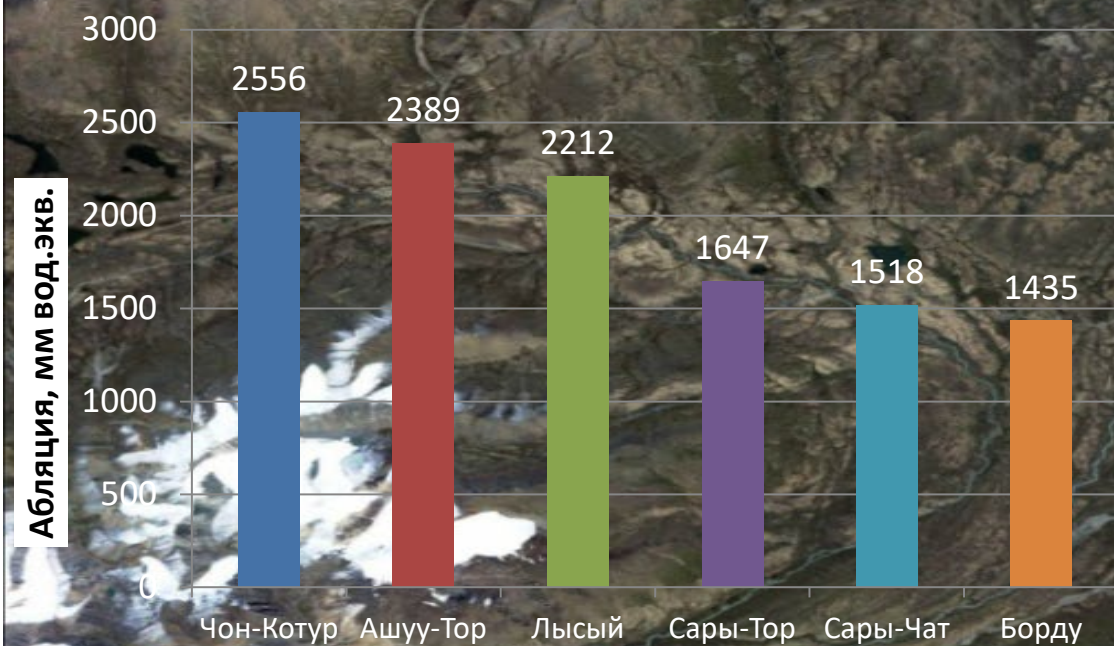
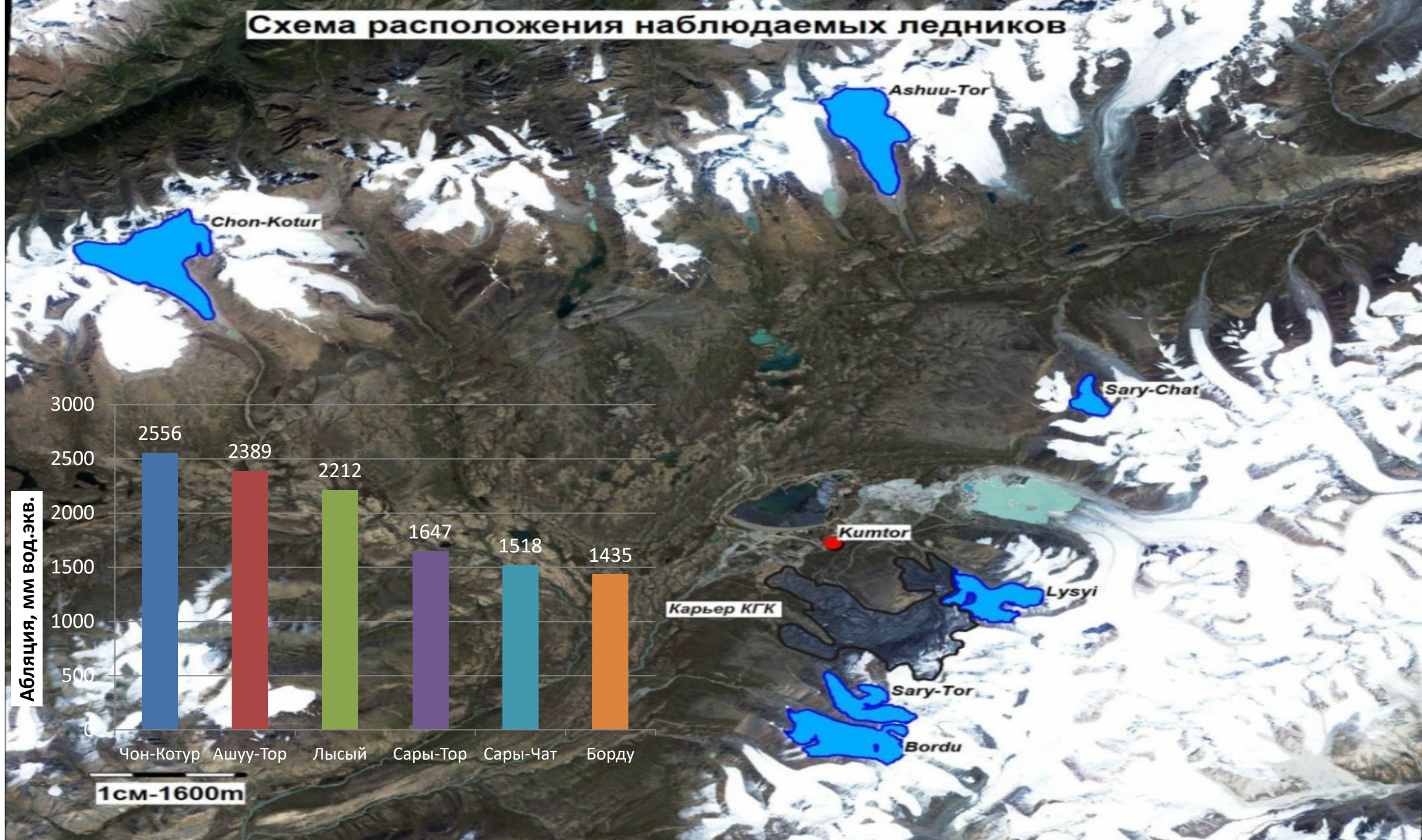


Схема расположения наблюдаемых ледников



1см-1600m

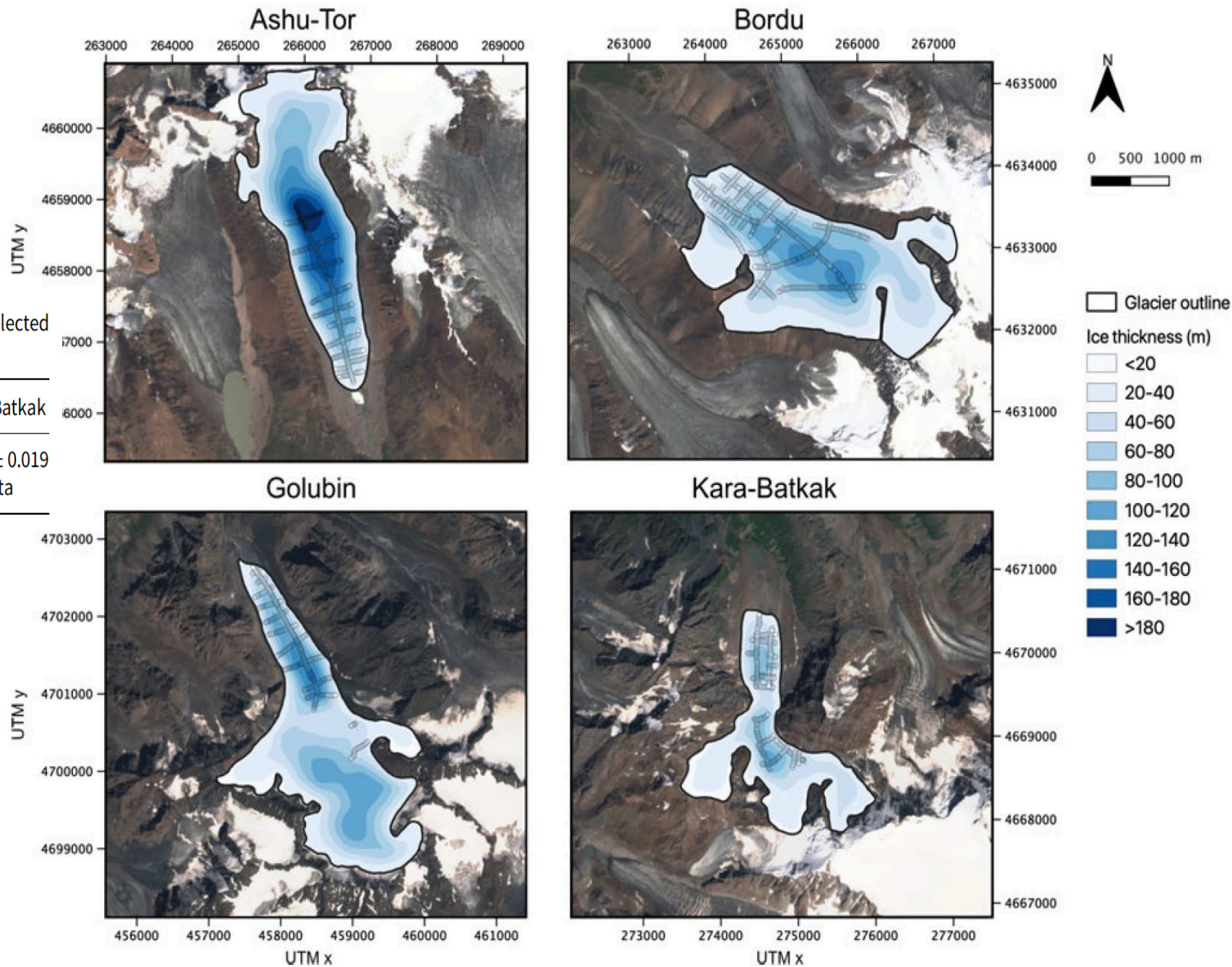


Толщина льда

РЕЗУЛЬТАТ

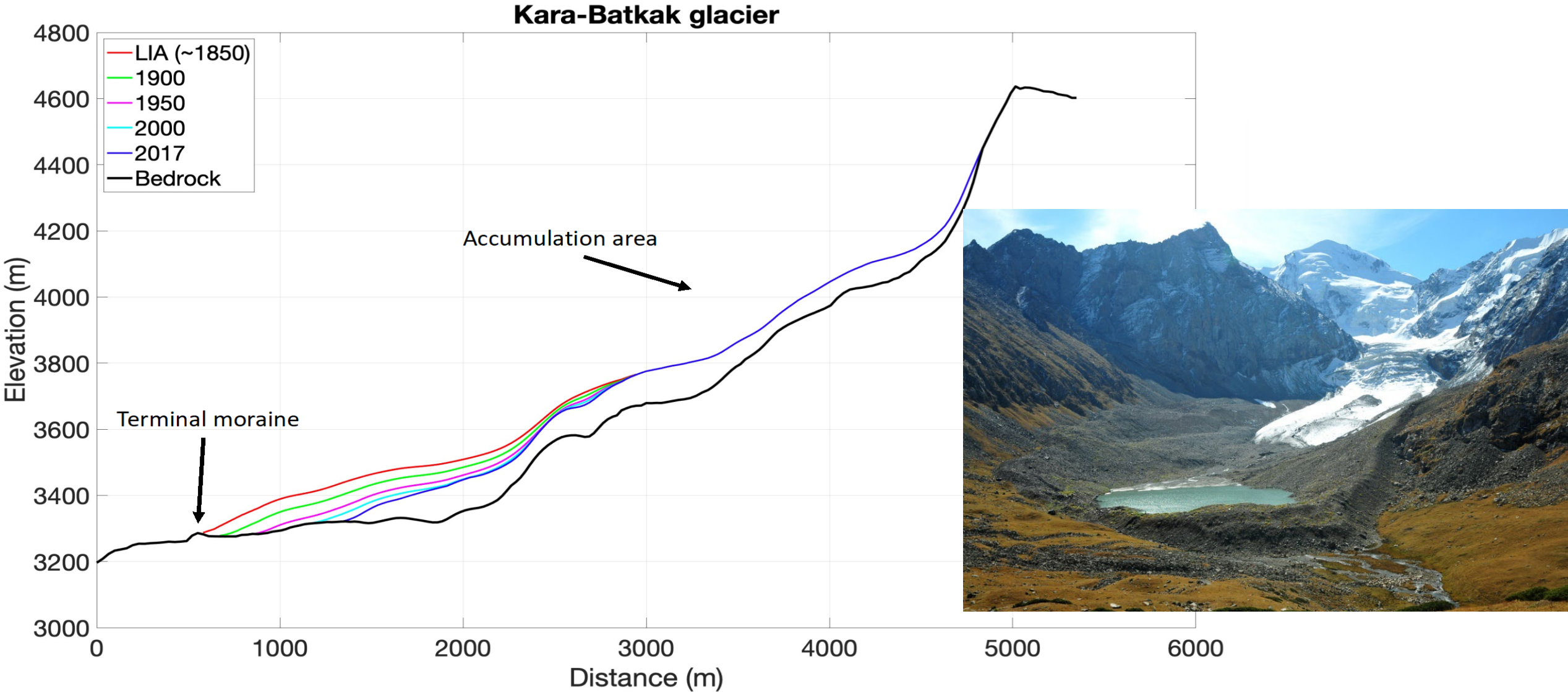
Table 7. Ice volumes of the composite ice thickness distribution of the selected glaciers (km³)

	Ashu-Tor	Bordu	Golubin	Kara-Batkak
2017	No data	0.291 ± 0.058	No data	0.096 ± 0.019
2019	0.389 ± 0.078	No data	0.290 ± 0.061	No data



Отступление ледника Кара-Баткак с 1850 года (Van Tricht and others, 2021)

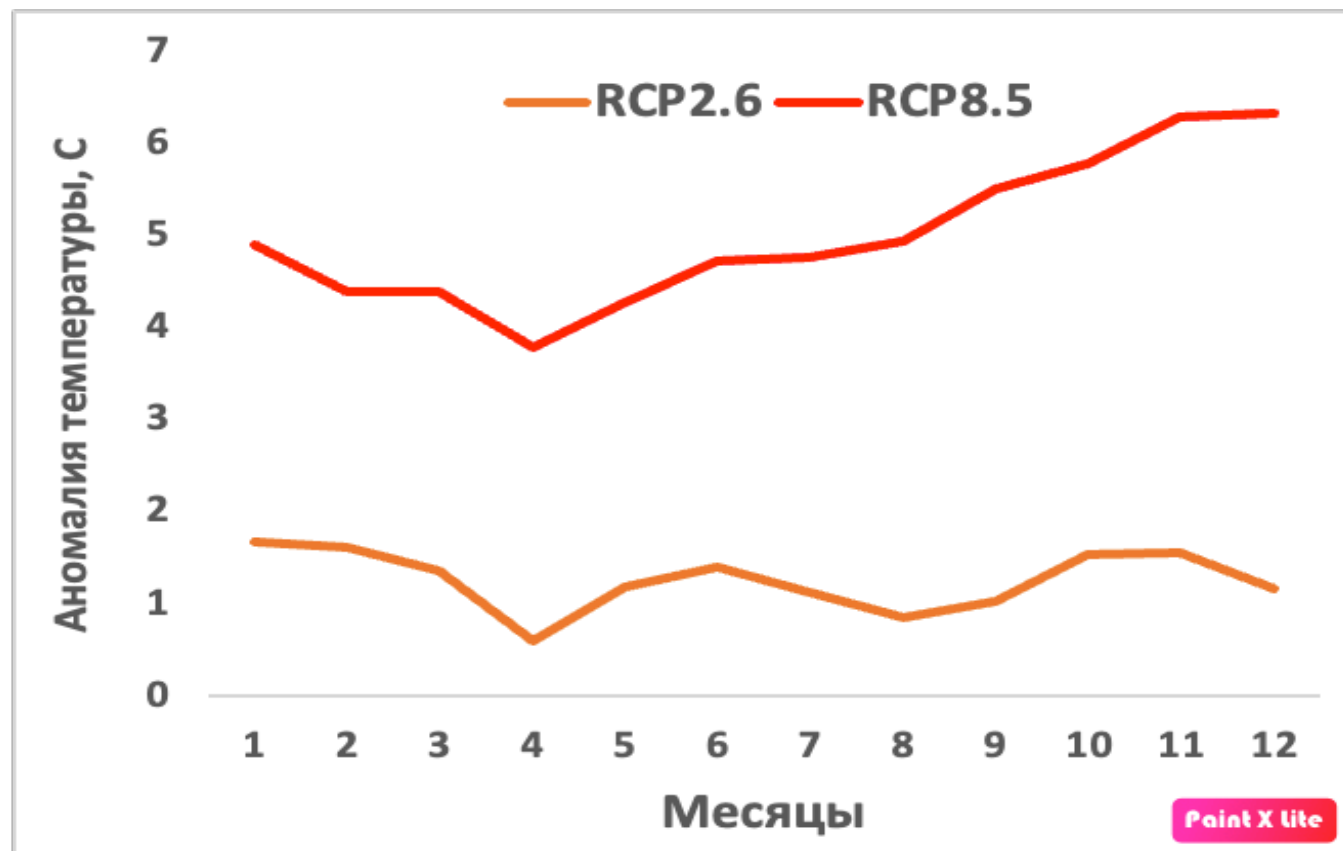
	Борду	Кара-Баткак	Сары-Тор
МЛП площадь (и потеря) (км ²)	6,93 (-2,04)	3,38 (-0,88)	3,52 (-1,29)
МЛП длина (и потеря) (м)	7754 (-2333)	4205 (-844)	6427 (-1513)
МЛП объем (и потеря) (км ³)	0,47 (-0,18)	0,18 (-0,09)	0,23 (-0,09)



РЕГИОНАЛЬНЫЕ КЛИМАТИЧЕСКИЕ ПРОГНОЗЫ

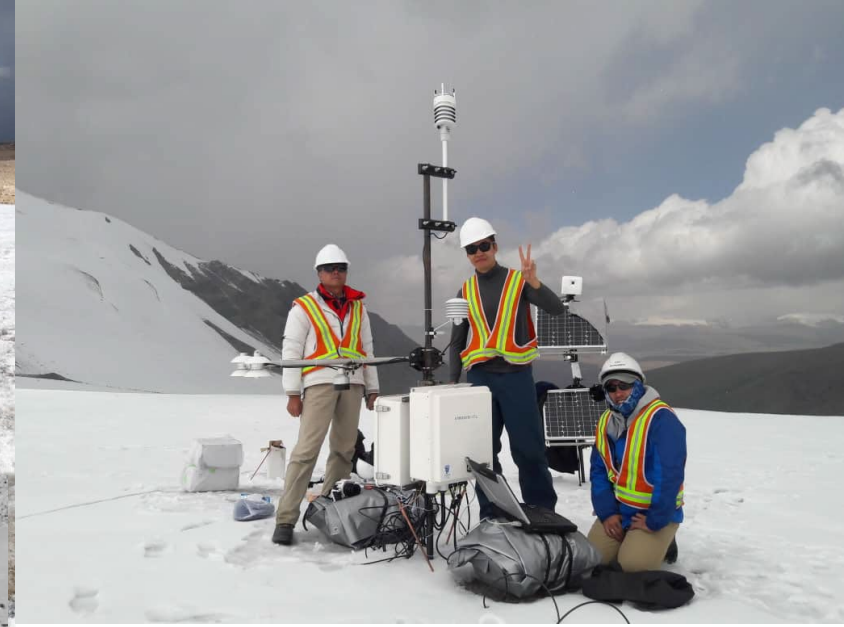
(предварительные результаты для сценария RCP8.5)

- В конце XXI века (2091-2100 гг.) модели NCC-NorESM1 и CNRM-CERFACS прогнозируют рост средней приземной температуры воздуха в регионе до 5°C , в районе хребта Тескей Ала-Тоо до $7-10^{\circ}\text{C}$. Согласно прогнозу модели MPI, повышение температуры будет равномерным на $5-7^{\circ}\text{C}$ во всем регионе, за исключением района оз. Иссык-Куль.
- В конце XXI века все три модели указывают на увеличение зимних осадков до $1-1,3$ мм/сутки. По модели NCC-NorESM1 незначительное снижение (до $0,7-1$ мм/сут) ожидается в районе озера Иссык-Куль.



ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Распад оледенения кыргызского Тянь-Шаня, происходит преимущественно по естественным причинам, обусловленным глобальным потеплением.
2. Повышение водности рек ледниковых долин в последние десятилетия является следствием интенсивного распада оледенения.
3. При росте температуры со скоростью 2-4 °C/100 лет будет наблюдаться увеличение доли жидкого стока с ледника Сары-Тор массива Акшыйрак до 11%, однако после 2040 г. их вклад упадет ниже уровня 2011 г. из-за сокращения площади ледниковой поверхности.
4. Ледники ЦА не исчезнут полностью, а уйдут под моренный чехол и будут отдавать воду, хотя и меньшими темпами, нежели открытые ледники.
5. Ледовые ресурсы кыргызского Тянь-Шаня и Памиро-Алая необходимо переоценить с учетом запасов льда в забронированных ледниках.
6. Для обмена знаниями и обучения молодых ученых ЦА новейшим методам исследования, мониторинга и анализа снежного покрова, ледников и состояния водных ресурсов предлагаем проведение ежегодной Летней школы "Передача знаний и обмен данными» в наших стационарах на Иссык-Куле.



Спасибо за внимание!
r.satylkanov@gmail.com