



ISSN 646 - 0303



РУСАЛ

Выпуск

2

январь - март
2005

ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ

НОМЕР ИЗДАЕТСЯ ПРИ ПОДДЕРЖКЕ РУСАЛ

**Академия наук Республики Таджикистан
Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии**

ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ

Региональный научно-практический журнал

том II № 2 2005 январь - март

Журнал основан 03.03.2004 г.

Выходит 4 раза в год

ISSN: 646 - 0303

Главный редактор

У.М. Мирсаидов

Заместитель главного редактора

И.Ш. Норматов

Редакционная коллегия:

С.М. Аслов, М.И. Илолов, Т.Х. Назаров, А.А. Назиров, Н.К. Насиров,
Д.Н. Нурмахмадов, Ф.И. Одинаев, Д.Н. Пачаджанов, Г.Н. Петров,
А.Ф. Финаев, К.Х. Хайдаров, Д.Х. Халиков

Международный редакционный совет

Т.А. Алтыев (Туркменистан), Ю.И. Виокуров (Россия), В.В. Гончарук
(Украина), Д.М. Маматканов (Кыргызстан), А.В. Мамченко (Украина),
В.Е. Матыченков (Кыргызстан), Э.Ж. Махмудов (Узбекистан),
А.Н. Нурушев (Казахстан), Т.С. Папина (Россия)

Зав. редакцией Н.Н. Степанова

Адрес редакции: 734002, Таджикистан, г. Душанбе, ул. Парвин, 12.

Тел: (992372) 245231. Факс: (992372) 214911

E-mail: ru@wprjournal.ru

© Академия наук Республики Таджикистан
Отделение физико-математических,
химических и геологических наук
Институт водных проблем,
гидроэнергетики и экологии, 2005

УДК 551,5(03)

Об исследованиях оледенения в Центральной Азии

© 2005 г. А.Ф. Финаев

Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии АН РТ

В статье рассматриваются проблемы изучения климата Центральной Азии. Неоднозначность оценок изменения оледенения свидетельствует о том, что проблема далека от окончательного решения.

About researches of a glaciation an the Central Asia

© 2005 A. Finaev

The problems of the Central Asia climate study are viewed in article. Ambiguity of glaciation change estimations shows that the problem is not final.

Разговоры о деградации оледенения в связи с потеплением климата периодически возникают в популярной, околонучной и научной печати. Если в популярных и околонучных средствах информации это преподносят как сенсацию, то в научных кругах к этому относятся с осторожностью. Миллионы лет существует географическая земная система, регулируя баланс между своими компонентами. Научные наблюдения за их параметрами проводятся в течении примерно одного столетия.

По подсчетам Кренке¹, за 20 лет интенсивных гляциологических исследований полные измерения охватывают только 1/200 площади оледенения, частичные - около 1/25, отрывочные - 1/6. Поэтому в настоящее время исследования ледниковых систем должны опираться на косвенные и дистанционные методы. Прямые измерения должны использоваться лишь для калибровки расчетов и контроля результатов.

Последние обобщения и анализ данных о ледниках Памиро-Алая были выполнены А.С. Щетинниковым (1998)². При этом была проведена оценка изменения оледенения за период с 1957 по 1980 годы (23 года). Однако с тех пор прошло уже 25 лет. Как изменились климат и ледники за этот период? Вопрос остается открытым, т.к. регулярных исследований не проводилось с начала девяностых годов.

Для оценки морфологических параметров оледенения Щетинников рассчитал средние взвешенные характеристики групп ледников. Размеры среднего ледника во всех речных бассейнах Гиссаро-Алая уменьшились в среднем на 13,7%, а Памира - на 15,3%. Это произошло за счет повышения нижней границы на 10-40 метров, и в то же время, верхняя граница оледенения понизилась на 10-50 метров. Если с нижней границей вопросов может не возникать, т.к. она, вероятно, повысилась в связи с потеплением, то почему снизилась верхняя граница? Ведь эта часть оледенения все время находится при отрицательных температурах, и таяние там практически отсутствует.

¹ Кренке А.Н. 1982. Массобмен в ледниковых системах. Ленинград: Гидрометеиздат. 288 с.

² Щетинников А.С. 1998. Морфология и режим ледников Памиро-Алая. Ред. Г.Е. Глазырин. САНИГМИ. Ташкент. 220 с.

Причины уменьшения площади оледенения могут быть совсем другие, нежели потепление. Как указано Щетинниковым, 1957 и 1958 годы были многоснежны, а это начальный период исследуемого ряда. Исследования проводились по аэрофотосъемке (АФС) и в конце периода по космосъемке (КФС). Поэтому здесь вкрались ошибки дешифрирования снимков, по которым трудно отделить край ледника переходящий в снежный покров. В последующие годы снежный покров в верхних частях горных хребтов исчез из-за уменьшения осадков, и скальные обрамления ледников оголились. Отсюда и понизилась верхняя граница оледенения. Такое же явление произошло и в нижних частях ледников. В результате получилось видимое снижение площади оледенения.

Большое значение для определения площади имеет период съемки (начало или конец лета), а также какой промежуток времени прошел от последнего снегопада до аэросъемки. Наиболее оптимальной является периодическая аэрофотосъемка или космосъемка в конце периода абляции, т.е. в конце августа - начале сентября. Информация о дате или хотя бы месяце съемки обычно отсутствует. Поэтому суждение об изменении оледенения по данным сравнения двух фотосъемок, сделанных в разные годы и неизвестно в какие месяцы, вызывает большие сомнения. Говорить об уменьшении оледенения по этим данным не корректно.

Приведем небольшой пример. Во время экспедиции в 1980 году на ледник Восточного Памира № 266 - Гурумды (Южно-Аличурский хребет) - нами были сделаны несколько панорамных снимков. Ледник площадью 0,4-0,5 км² (по данным АФС за 1947 и 1948 годы; расхождение в размерах или не точность анализа снимков?) не подвержен влиянию солнечной радиации т.к. находится на северном склоне, и его существование зависит только от температуры воздуха и осадков.

Фотосъемка проводилась с противоположного склона с высоты 4850 м над у. м. В августе 2001 года удалось посетить этот ледник и сфотографировать его примерно в этом же ракурсе (Рисунок 1).



Рисунок 1. Сравнение границ ледника №266 (Гурумды) при фотосъемке 1980 г. (красный контур) и 2001 г. (фотография). Автор А.Ф. Финаев.

Первоначальное сравнение фотографий показало, что ледник значительно отступил. Однако когда сравнили даты съемок и были подробно изучены снимки, то оказалось, что это не так. Первый снимок был сделан 26 июля 1980 года, а второй - 16 августа 2001 года. Крупные снимки 1980 года показывают, что язык ледника покрыт промоинами и на нем еще не растаял снег. Середина августа является конечным периодом абляции в этом районе и, учитывая малоснежную зиму, можно считать, что во время съемки в августе 2001 года снег полностью вытаял и ледник показал свои реальные размеры. Визуальные наблюдения восьмидесятых годов и данные Каталога ледников³, которые подготовлены по аэрофотосъемке 1947 года говорят о том, что «конец ледника имеет две лопасти, из которых правая доходит до края ледника №265». Фотография 2001 года подтверждает это. В левой части фотографии виден край ледника №265.

Этот простой пример говорит о неоднозначности оценки изменений оледенения по фотоснимкам. Период инструментальных наблюдений не достаточен для того, чтобы оценить известные периоды колебаний климата в 15, 30, 45 лет, и слишком мал, чтобы оценить 70 и 100-летнюю периодичность.

Другим примером может послужить анализ колебаний ледника Федченко выполненный С.П. Чертановым (1983)⁴, который использовал все имеющиеся данные и описания исследователей с 1878 года. Оказалось, что язык ледника Федченко удлинялся, по крайней мере, 2 раза. В основном это происходило за счет пульсаций боковых притоков в нижней части ледника. Эти притоки - ледники Бивачный, Кисиненко и другие - относятся к типу пульсирующих ледников. Однако, в средней части ледника в течение пятидесяти лет отмечались стабильные скорости движения. Наибольшие подвижки языка ледника отмечались в период с 1860 по 1913 годы. Особенно быстрая подвижка произошла в 1911-1912 гг. Язык выдвинулся на 1000-1100 м. Этому способствовало накопление большой массы снега и льда в верховьях основного ствола и боковых притоков. Спусковым механизмом, вероятно, послужило сильное землетрясение в этом районе, которое произошло 19 февраля 1911 года. В результате чего также образовался Усойский завал и Сарезское озеро. С тех пор продвинувшаяся часть ледника вытает. Поэтому говорить о деградации этого ледника не корректно (Рисунок 2).

М. Хаузеру⁵ удалось подобрать материалы для сравнения изменения нижней границы второго по величине ледника Памира - Грум-Гржимайло. Для реконструкции были использованы первые карты этого района, созданные Р. Финстенвальдером и снимки из космоса, выполненные в разные годы (Рисунок 3).

Сравнение этих снимков показывает, что с 1928 по 1990 год ледник отступил более чем на километр. Однако это тоже не может служить доказательством деградации оледенения. Возможно, этот ледник имеет длиннопериодные пульсации. Вероятно, на леднике Грум-Гржимайло в 1911 году также произошла подвижка, как и на леднике Федченко, а теперь происходит таяние продвинувшейся массы. Это только предположение, т.к. детального исследования этого ледника не проводилось.

³ Каталог ледников. 1979. Т. 14, Средняя Азия; вып. 3, Амударья; ч. 15, бассейн р. Гунт. *Гидрометеоиздат. Ледник №266*.

⁴ Чертанов С.П. 1983. О колебаниях ледника Федченко в последнее столетие. *Гляциология горных областей*. Тр. САНИИ Госкогидромета. Гидрометеоиздат. Вып. 98 (179), с. 64-68.

⁵ Braun L.N., Hagg W.G. 2003. Glacial changes in the Pamir during the past 75 years and their effect on stream flow. *Contribution to the Bielefeld Pamir Symposium 22.-25.1. Kommission für Glaziologie. Bayerische Akademie der Wissenschaften München*.



Рисунок 2. Ледник Федченко в средней части основного ствола (Автор L. Braun).

Регулярные гляциологические исследования отдельных Альпийских ледников с 1850 года также говорят о сокращении оледенения. Модифицированный Ренчем⁶ рисунок Фирстенвальдера⁷ показывает, что ледники в районе плато Цугшпиц (Zugspitzplatt) уменьшились к середине последнего столетия примерно на 1/5 от первоначальной площади, в то время как ледники Фернагтфернер (Vernagtferner) и Холентальфернер (Höhlentalferner) потеряли примерно по 40% площади (Рисунок 4). Дальнейшие модельные расчеты показали, что в этом районе ледники полностью исчезнут к 2050 году.

По данным архивных фотоматериалов Австрийский ледник Фернагтфернер (Vernagtferner) отступал с 1893 по 1897 годы, а к 1900 году он вновь увеличил свои размеры⁸. Конечно, говорить о каком либо антропогенном влиянии на уменьшение оледенения в эти годы не приходится. Как было показано раньше, ледник Федченко тоже продвинулся вперед в конце 19 - начале 20 веков.

Исследования баланса массы ледника дают более достоверные результаты. Такие исследования проводятся на отдельных ледниках, входящих в наблюдательную сеть всемирной службы мониторинга оледенения. Сравнение результатов исследований ледников Австрийских Альп и Центральной Азии показывают неплохую корреляцию в

⁶ Braun L. 1999. Klimaerwärmung Gletscher. CD-Rom der Kommission für Glaziologie der Bayerischen Akademie der Wissenschaften in München. KfG-1999-1.

⁷ Finsterwalder Ri. 1951. Die Gletscher der bayerischen Alpen. Jahrb. Dtsch. Alpenverein, Überbrückungsband 1943-1951, 60-66, München.

⁸ Braun L., Weber M. 2000. Droht im nächsten Sommer hochwasser vom Gletscher? Analyse der Begleitumstände und der Disposition der Gletscher bei Hochwasserereignissen im hinteren Otztal. CD-Rom KfG 2000. Glaziologie in 3D. Kommission für Glaziologie der Bayerischen Akademie der Wissenschaften. Hochwasser.pdf.

уменьшении баланса массы, начиная с середины 20-го столетия (Рисунок 5)⁹. Это, вероятнее всего, связано с глобальными изменениями. Следует отметить, что до указанного периода таких регулярных наблюдений не проводилось. Поэтому судить об изменении баланса массы можно только по исследованиям в отдельные годы, косвенным оценкам и архивным материалам различного характера.

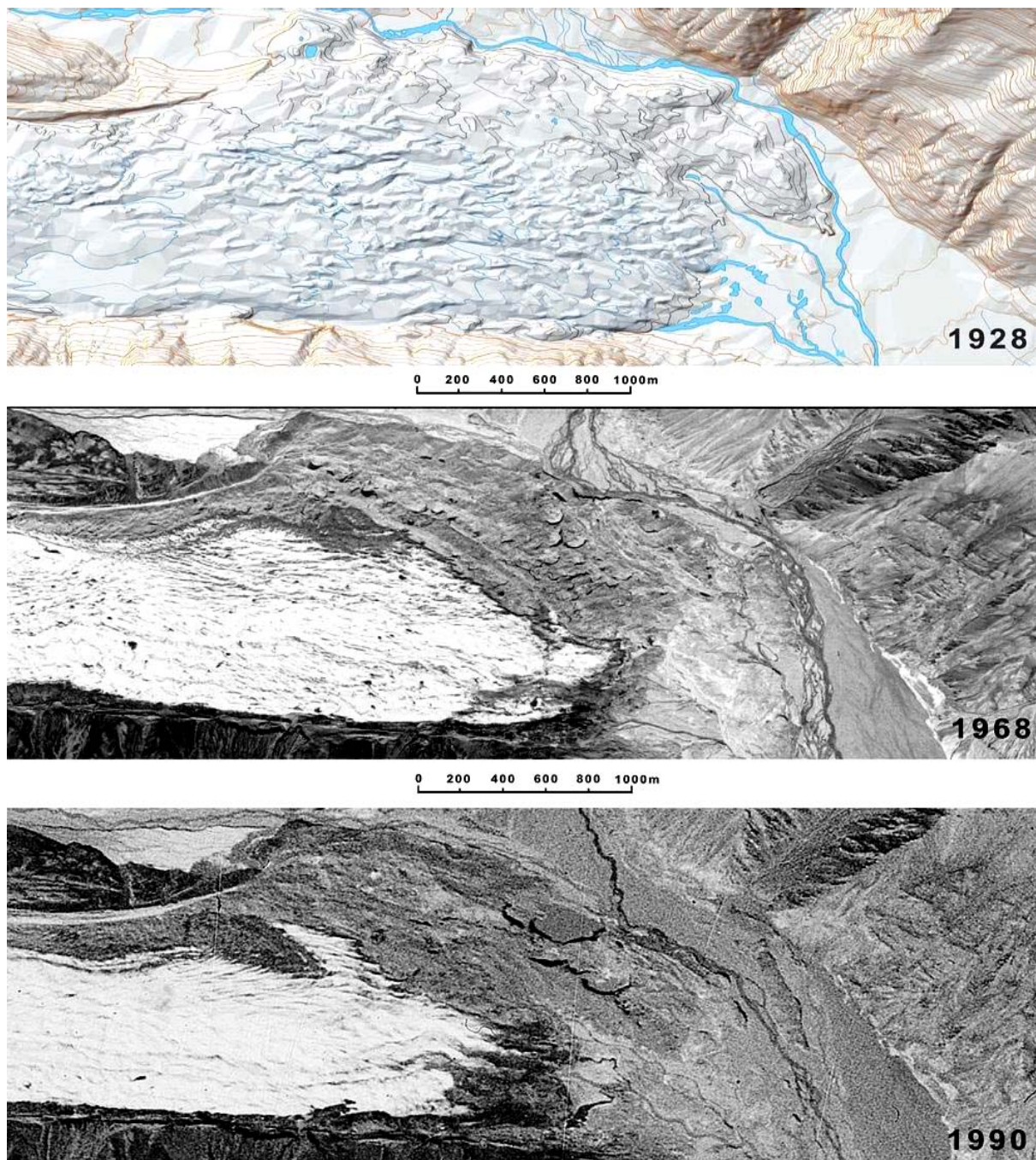


Рисунок 3. Сравнение карт нижнего края языка ледника Грум-Гржымайло в разные годы. Данные 1928 г. (R. Finstervalder), 1968 г. (космосъемка Corona), 1990 г. (космосъемка TFA 1000). Автор М. Хаузер (M. Hauser).

⁹ Braun L.N. 1999. The diminution of high alpine glaciation and its impact on water resources. *Geosciences in High Asia. Bayreuther Bodenkundliche Berichte. Bayreuth. Band 65.* 79-95.

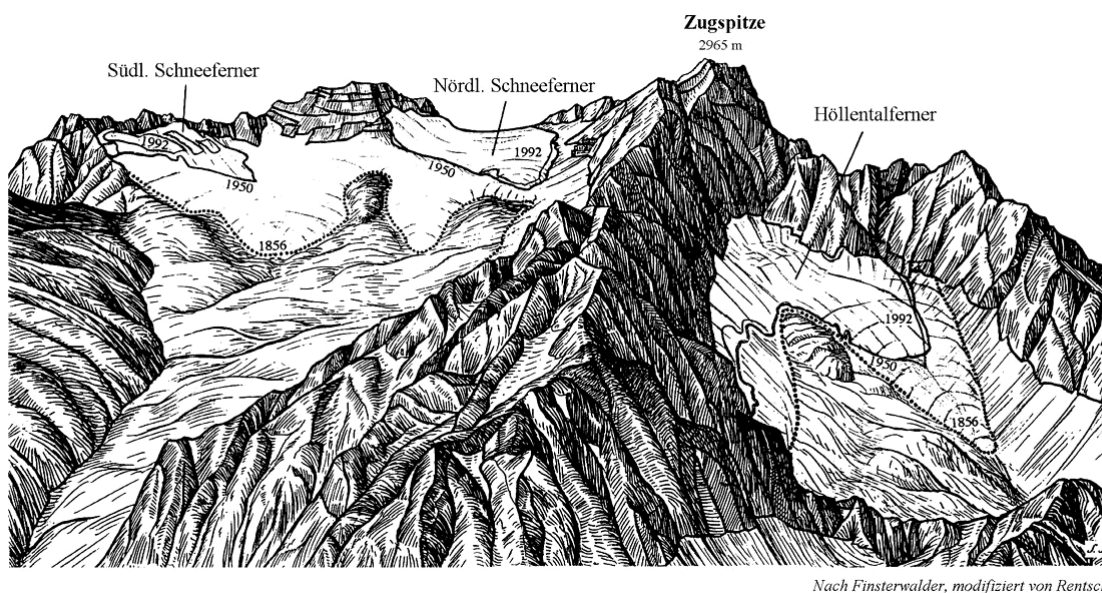
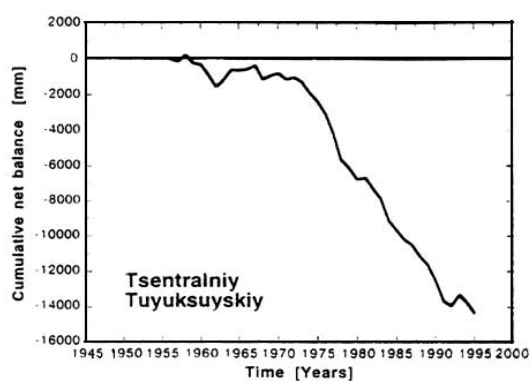
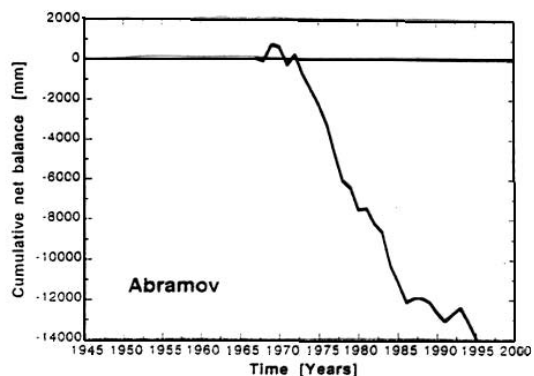


Рисунок 4. Изменение горного оледенения в Австрийских Альпах. Автор Н. Rentsch.

KAZAKHSTAN:



KIRGHIZSTAN:



AUSTRIA:

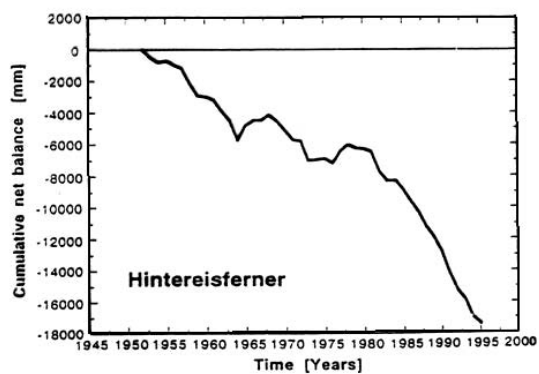
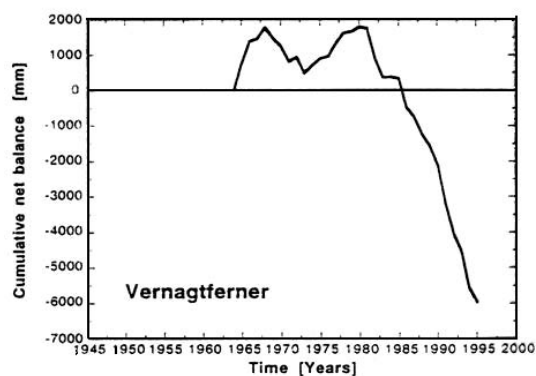


Рисунок 5. Изменение баланса массы ледников центральной Азии и Австрии (WGMS, 1966)¹⁰

¹⁰ WGMS (World Glacier Monitoring Service). 1996. Glaciers Mass Balance Bulletin. Haeberli, W., Hoelzie, M. And Suter, S., *IAHS (ICSU)-UNEP-UNESCO, No. 4 (1994-1995)*.

Палеоклиматические исследования по годовым кольцам деревьев в горных районах Каракорума и Киргизии и реконструкция температуры, выполненные Жаном Эспером (Jan Esper, 2000)¹¹ показали, что с 700 по 2000 годы температура воздуха отклонялась в пределах 0,2°C в ту или другую сторону от среднего. В конце 19 - начале 20 веков среднегодовая температура понизилась, а в середине 20 века повысилась. Отклонения температуры в положительную или отрицательную стороны регулярно повторяются примерно с 30-летним интервалом.

В настоящее время имеется достаточно большое количество сценариев изменения климата, которые дают сильно отличающиеся прогнозируемые величины. Межправительственная группа экспертов по изменению климата (МГЭИК) предложила использовать программный пакет MAGICC (Model for the Assessment of Greenhouse-gas Induced Climate Change, 2000)¹² (модель для оценки воздействий парниковых газов и изменения климата) для оценки региональных изменений климата на период до 2050 года. Для условий Центральной Азии наиболее оптимальными являются четыре климатические модели из пакета MAGICC для сценария IS92a с удвоением CO₂: модель Канадского Климатического Центра CCC-EQ; модель метеорологического офиса Великобритании UK-TR; модель Лаборатории геофизической гидродинамики США GFDL-TR и модель Хадлей центра Великобритании Had CM2. В расчетах по этим моделям используются фактические данные наблюдений за тридцатилетний период, с 1961 по 1990 годы. Этот хронологический интервал охватывает не все имеющиеся данные.

Для оценки изменений климата за весь период измерений, проведенных в Таджикистане (с 1926 по 1996 годы), был сделан спектральный анализ всех данных температуры и осадков (Finaev A.F., 1999)¹³. Эта модель не учитывает возможные прогнозируемые данные по изменению содержания парниковых газов. Однако такой подход интегрирует все причины климатических изменений, которые произошли за период наблюдений более чем 70 лет, и имеет право на существование.

Г. Глазыриным¹⁴ была разработана методика расчета изменения параметров оледенения Средней Азии под влиянием изменения климатических параметров. В таблице приведены результаты расчета изменения параметров оледенения в процентах (Таблица 1).

Как видно из таблицы, различные сочетания отклонений температуры и осадков дают результаты разной направленности. Такие изменения могут привести как к уменьшению оледенения, так и к его увеличению.

¹¹ Jan Esper. 2000. Palaoklimatische Untersuchungen an Jahrringen im Karakorum und Jahrringem im Karakorum and Thien Shan Gebirge (Zentralasien). *Bonner Geographische Abhandlungen. Asgard-Verlag Sankt Augustin. Heft 103. 140 S.*

¹² MAGICC (Model for the Assessment of Greenhouse-gas Induced Climate Change). Version 2.4; January 2000. *Climatic Research Unit, University of East Anglia, Norwich, UK.*

¹³ Finaev A.F. 1999. Climatic Changes in the Mountain Glacier Area of Pamir. In *NATO ASI Series I, Vol. 56. Ice Physics in the Natural Environment. (Eds. Wettlaufer/ Dash/ Untersteiner). Springer-Verlag. Berlin, Heidelberg, P. 289-294.*

¹⁴ Глазырин Г.Е. 1991. Горные ледниковые системы, их структура и эволюция. - *Л.: Гидрометеоздат. 109 с.*

Таблица 1. Изменение параметров оледенения Средней Азии при изменении климата. Обозначения отклонений от нормы: Ts - средняя летняя температура воздуха, x% - годовая сумма осадков, Fg% - площадь оледенения, N% - количество ледников, V% - объем ледников.

Ts	x%	Fg%	N%	V%
0	0	0%	0%	0%
-2		61%	37%	85%
-1		32%	21%	42%
1		-30%	-21%	-35%
2		-54%	-41%	-62%
	20	26%	18%	34%
	10	13%	9%	16%
	-10	-12%	-11%	-15%
	-20	-23%	-17%	-27%

Дальнейший анализ методик прогноза изменения климата и его влияния на оледенение позволил рассчитать варианты изменения оледенения и стока бассейнов рек Варзоб, Фандарья и Зеравшан¹⁵. Приведем сокращенную таблицу из результатов этих исследований и добавим годы, данные которых, были использованы для расчета прогноза изменения климата (Таблица 2).

Таблица 2. Прогноз изменения оледенения к 2050 году. Обозначения: № – номер сценария; dT – изменение температуры (°C); pX – относительное изменение осадков (%); Fgl – Площадь оледенения (%); Wg/Wb – доля ледникового стока в общем стоке бассейна (%); Qgl – объем ледникового стока (%);

№	Сценарий	dT, оC	pX, %	Fgl, %	Wg/Wb, %	Qgl, %	Годы наблюдений
Бассейн р. Варзоб							
0	Present	0	100	0	6	0	1961-1990
1	CCC-EQ	1,6	-3	-62	3	-73	1961-1990
2	UK-TR	1,9	5	-59	3,2	-69	1961-1990
3	GFDL-TR	1,3	-1	-53	3,5	-63	1961-1990
4	HadCM2	1,6	14	-42	4,1	-49	1961-1990
5	Sp 10 years average	0,6	13	4	6,2	6	1926-1996
6	Sp linear trend	0,6	13	6	6,3	8	1926-1996
Бассейн р. Фандарья							
0	Present	0	100	0	7,9	0	1961-1990
1	CCC-EQ	2	-5	-62	4	-75	1961-1990
2	UK-TR	2,3	5	-60	4,2	-72	1961-1990
3	GFDL-TR	1,7	-1	-55	4,5	-67	1961-1990
4	HadCM2	2	14	-42	5,4	-54	1961-1990
5	Sp 10 years average	0,6	20	12	8,6	20	1926-1996
6	Sp linear trend	0,7	21	10	8,5	17	1926-1996
Бассейн р. Зеравшан							
0	Present	0	100	0	17,2	0	1961-1990
1	CCC-EQ	2,3	-5	-50	10,6	-38	1961-1990
2	UK-TR	2,7	5	-48	10,9	-37	1961-1990
3	GFDL-TR	2	1	-42	11,8	-31	1961-1990
4	HadCM2	2,3	14	-35	12,7	-26	1961-1990
5	Sp 10 years average	0,6	24	10	18,4	7	1926-1996
6	Sp linear trend	0,7	25	9	18,3	6	1926-1996

¹⁵ Глазырин Г.Е., Финаев А.Ф. 2003. Прогноз изменения оледенения гор Западного Таджикистана. Будущее гляциосферы в условиях меняющегося климата. Симпозиум гляциологической ассоциации. Пущино, Московской обл., 17-21 мая 2002 г. МГИ Москва. 2003. Выпуск 95, с. 102-106.

Приведенные расчеты показали неоднозначность реакции оледенения на потепление. Все результаты, полученные на основе климатических моделей пакета MAGICC, показывают значительное уменьшение оледенения. Максимальное уменьшение дает модель CCC-EQ. При этом площадь оледенения уменьшается от 50% в бассейне р. Зеравшан до 62% в бассейнах рек Варзоб и Фандарья.

Наименьшая деградация оледенения отмечается при климатическом сценарии модели Had CM2. В этом случае воздействия летней температуры и осадков направлены в разные стороны. Площадь оледенения уменьшается от 35% в бассейне р. Зеравшан до 42% в бассейнах рек Варзоб и Фандарья. Объем ледникового питания, полученный по данным моделей пакета MAGICC, снижается с 49% в бассейне р. Варзоб (Had CM2) и до 75% в бассейне р. Фандарья (CCC-EG).

Результаты расчетов оледенения, полученные с использованием прогностической модели спектрального анализа всех климатических данных, дают противоположную картину. В этом случае незначительное повышение температуры и значительное увеличение осадков приводят к росту площади оледенения от 4% в бассейне р. Варзоб до 12% в бассейне р. Фандарья. При этом объем ледникового питания увеличивается на 6% и 19% соответственно.

Рекомендуемые ВМО сценарии изменения климата используют фактические данные за тридцатилетний период (1961-1990 гг.) бурного индустриального развития промышленных стран, когда происходили интенсивные выбросы загрязняющих веществ в атмосферу. Естественно, что прогноз на 50 лет, основанный на таких данных полученный по четырем сценариям для трех бассейнов Гиссарского хребта, показывает потепление на $+1,6^{\circ}\text{C}$ – $+2,7^{\circ}\text{C}$ и изменение осадков от -5% до $+14\%$. Применение результатов этих моделей в расчетах приводит к значительному снижению площади оледенения и ледникового стока. Расчет оледенения с использованием данных спектрального анализа всего имеющегося климатического ряда показывает небольшое увеличение оледенения, которое происходит, за счет прогнозируемого роста годового количества осадков, несмотря на потепление.

Потепление климата, особенно в зимний период может привести к следующим последствиям изменения водных ресурсов на территории Таджикистана:

- уменьшатся снежные зимние запасы, сократится многолетняя площадь оледенения, а значит, сократятся водные ресурсы;
- уменьшится водный сток из снежных зимних запасов. Летний сток ледникового таяния в начальный период может увеличиться, но в последующие годы уменьшится (Braun L., Glazirin G. and Finaev A., 2000)¹⁶;
- усилится вертикальное перемешивания атмосферы, в результате чего атмосферные загрязнения будут интенсивнее рассеиваться, хотя произойдет увеличение количества пыльных бурь и концентрации аэрозоля в воздухе;
- увеличение осадков в горах может привести к увеличению водных запасов в более высокогорных районах, и это компенсирует уменьшение снежных запасов низкогорных территорий.

¹⁶ Braun L., Glazirin G. and Finaev A., 2000. Evaluation of long-term changes in climate and water yield of high mountain regions in Tajikistan. In Book: *Pamir and Tian Shan: Glacier and Climate Fluctuations during the Pleistocene and Holocene. International Workshop. July 22-23, 2000. Bayreuth.*

Неоднозначность оценок изменения оледенения свидетельствует о том, что проблема далека от окончательного решения. Нужно отметить, что это относится к прогнозам не только изменения оледенения, но и режима снежного покрова, стока горных рек, лавинной активности и т.д. Очевидно, неотложной является задача повышения точности прогноза будущих изменений климата, что должно привести к увеличению надежности прогноза изменения оледенения, стока рек и других компонентов среды горной территории Центральной Азии. Кроме того, отсутствие регулярных климатических, гидрологических и гляциологических наблюдений в Таджикистане с 1992 года резко ухудшает ситуацию с прогнозом на ближайшие 20-30 лет, так как фактически приходится давать прогноз на 40-50 лет. Информация об изменении климата в различных районах земного шара и прогнозы многих исследователей, говорящих о глобальном потеплении, ставят задачу о восстановлении климатических данных для Центральной Азии за последние 15-20 лет. Одним из оптимальных способов реконструкции данных по температуре и осадкам является отбор ледовых кернов в фирновой зоне ледников. Ежегодные накопления твердых осадков фиксируют информацию за сотни лет. Современными способами можно определить многие климатические параметры. Такие исследования позволили бы восстановить не только картину климата и водного режима бассейнов, но и оценить антропогенные и природные загрязнения окружающей среды.

Можно проектировать и строить водохранилища и электростанции, рассчитывать экономическую выгоду, основываясь на средних климатических данных, однако через несколько лет это может привести к отрицательным последствиям, если не учитывать при этом прогноза изменений климата, оледенения и водного баланса.

Литература

- Braun L. 1999. Klimaerwärmung Gletscher. *CD-Rom der Kommission für Glaziologie der Bayerischen Akademie der Wissenschaften in München. KfG-1999.*
- Braun L., Glazirin G. and Finaev A., 2000. Evaluation of long-term changes in climate and water yield of high mountain regions in Tajikistan. *In Book: Pamir and Tian Shan: Glacier and Climate Fluctuations during the Pleistocene and Holocene. International Workshop. July 22-23, 2000. Bayreuth.*
- Braun L., Weber M. 2000. Droht im nächsten Sommer Hochwasser vom Gletscher? Analyse der Begleitumstände und der Disposition der Gletscher bei Hochwasserereignissen im hinteren Oztal. *CD-Rom KfG 2000. Glaziologie in 3D. Kommission für Glaziologie der Bayerischen Akademie der Wissenschaften. Hochwasser.pdf.*
- Braun L.N. 1999. The diminution of high alpine glaciation and its impact on water resources. *Geosciences in High Asia. Bayreuther Bodenkundliche Berichte. Bayreuth. Band 65. 79-95.*
- Braun L.N., Hagg W.G. 2003. Glacial changes in the Pamir during the past 75 years and their effect on stream flow. *Contribution to the Bielefeld Pamir Symposium 22.-25.1. Kommission für Glaziologie. Bayerische Akademie der Wissenschaften München.*
- Finaev A.F. 1999. Climatic Changes in the Mountain Glacier Area of Pamir. *In NATO ASI Series I, Vol. 56. Ice Physics in the Natural Environment. (Eds. Wettlaufer/ Dash/ Untersteiner). Springer-Verlag. Berlin, Heidelberg, P. 289-294.*
- Finsterwalder Ri. 1951. Die Gletscher der bayerischen Alpen. *Jahrb. Dtsch. Alpenverein, Überbrückungsband 1943-1951, 60-66, München.*
- Jan Esper. 2000. Palaoklimatische Untersuchungen an Jahrringen im Karakorum und Jahrringem im Karakorum and Thien Shan Gebirge (Zentralasien). *Bonner Geographische Abhandlungen. Asgard-Verlag Sankt Augustin. Heft 103. 140 S.*
- MAGICC (Model for the Assessment of Greenhouse-gas Induced Climate Change). Version 2.4; January 2000. *Climatic Research Unit, University of East Anglia, Norwich, UK.*
- WGMS (World Glacier Monitoring Service). 1996. Glaciers Mass Balance Bulletin. Haeblerli, W., Hoelzle, M. And Suter, S., *IAHS (ICSU)-UNEP-UNESCO, No. 4 (1994-1995).*
- Глазырин Г.Е. 1991. Горные ледниковые системы, их структура и эволюция. *Л. Гидрометеопиздат. 109 с.*
- Глазырин Г.Е., Финаев А.Ф. 2003. Прогноз изменения оледенения гор Западного Таджикистана. *Будущее гляциосферы в условиях меняющегося климата. Симпозиум гляциологической ассоциации. Пуцино, Московской обл., 17-21 мая 2002 г. МГИ Москва. 2003. Выпуск 95, с. 102-106.*

- Каталог ледников. 1979. Т. 14, Средняя Азия; вып. 3, Амударья; ч. 15, бассейн р. Гунт. *Гидрометеиздат. Ледник №266*.
- Кренке А.Н. 1982. Массобмен в ледниковых системах. *Ленинград: Гидрометеиздат. 288 с.*
- Чертанов С.П. 1983. О колебаниях ледника Федченко в последнее столетие. *Гляциология горных областей. Тр. САННИ Госгидромета. Гидрометеиздат. Вып. 98 (179), с. 64-68.*
- Щетинников А.С. 1998. Морфология и режим ледников Памиро-Алая. *Ред. Г.Е. Глазырин. САНИГМИ. Ташкент. 220 с.*