

ISSN 0130-3686

ИНСТИТУТ ГЕОГРАФИИ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
ГЛЯЦИОЛОГИЧЕСКАЯ АССОЦИАЦИЯ

**МАТЕРИАЛЫ
ГЛЯЦИОЛОГИЧЕСКИХ
ИССЛЕДОВАНИЙ**

ВЫПУСК 95

**DATA
OF GLACIOLOGICAL
STUDIES**

PUBLIKATION 95

Москва

Сентябрь 2003

SUMMARY

The forecast of mountain glaciation change in Western Tajikistan

G.E. Glazirin¹, F.A. Finaev²

¹Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University, Japan

²Department of Water Problems of AS, Dushanbe, Tajikistan

One of the important glaciological problems is to estimate possible glaciation change in different mountainous countries. It is forced by forecast of rather considerable climate changes. Glaciarization change in three river basins of Western Tajikistan is calculated in proposing report. The calculations were made for two tributaries of Zeravshan River - Matcha River and Fandarya River, and for well-studied Varzob River basin. Selection of these basins was prompted by the fact that they are located on different sides of Hissar Range.

Прогноз изменения оледенения гор Западного Таджикистана

Г.Е. Глазырин¹, А.Ф. Финаев²

¹ Институт Низких Температур, Университет Хоккайдо, Япония;

² Отдел Водных Проблем АН Таджикистана, Душанбе

Оценены изменения характеристик оледенения трех речных бассейнов Западного Таджикистана при различных сценариях изменения климата к 2050 г.

Таджикистан – горная страна с резко континентальным климатом. Интенсивное земледелие возможно здесь только на поливных землях предгорных равнин. Вторым после сезонного снежного покрова источником питания всех рек территории является талая вода ледников. Между тем, известно, что ледники в последние десятилетия быстро сокращаются. Мы оценили возможных изменений оледенения в связи с прогнозом значительных изменений климата для трех речных бассейнов Западного Таджикистана. Расчеты были сделаны для двух притоков р. Зеравшан – рек Матча и Фандарья, и хорошо изученного бассейна р. Варзоб. Выбор именно этих бассейнов продиктован тем, что они располагаются по разные стороны Гиссарского хребта.

Методическая основа расчетов изменения оледенения предложена ранее Г.Е. Глазыриным и описана в ряде публикаций [1, 2]. Напомним лишь, что исходными данными для расчетов служат характеристики современного оледенения, распределение площади бассейна по высотным зонам, средние многолетние летние температуры воздуха и годовые суммы осадков на ближайшей метеорологической станции, а также вертикальные градиенты температуры воздуха и осадков.

Исходные данные

Бассейны рек взяты до гидрометрических створов: Зеравшан – Устье реки Фандарья, Фандарья – Устье, Варзоб – Дагана. Распределение площади бассейнов по высоте заимствовано из [4]. В качестве современных характеристик оледенения бассейнов рек Зеравшан и Фандарья взяты данные из [7]. Они относятся к 1980 г. К сожалению, мы не имеем более поздних сведений об оледенении бассейна р. Варзоб, чем содержащиеся в Каталоге Ледников СССР. (табл. 1, рис. 1).

Климатические данные для опорных метеостанций Дагана, Искандеркуль и Гушары заимствованы из справочников [5, 6]. Вертикальный температурный градиент принят равным 6,5°C/км [3, 8], градиенты осадков взяты из [4] и уточнены М.И. Геткером (устное сообщение). Все исходные климатические характеристики приведены в табл. 2.

Как известно, в настоящее время существует достаточно большое количество сценариев изменения климата, которые дают сильно отличающиеся прогнозируемые величины. Межправительственная группа экспертов по изменению климата (МГЭИК) предложила Национальной Таджикской Гидрометеорологической службе использовать программный пакет MAGICC (модель для оценки воздействий парниковых газов и изменения климата) [10] для оценки региональных изменений климата на 2050 год. Для условий Таджикистана наиболее оптимальным было признано использовать 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 качестве прогностических климатических данных мы использовали результаты расчетов по указанным моделям, полученные Национальной Гидрометеорологической службой Таджикистана для десяти репрезентатив-

ных метеорологических станций при подготовке «Первого Национального сообщения республики Таджикистан по изменению климата».



Рис. 1. Схема расположения исследуемых речных бассейнов, и опорных метеостанций.
Fig. 1. The scheme of investigated river basins and basic meteorological stations location.

Таблица 1.

Речные бассейны и характеристики их современного оледенения

Бассейн реки			Параметры оледенения		
Название	Пост	Площадь бассейна F_b , км ²	Площадь оледенения F_g , км ²	Число ледников N_g	Высота фирновой линии Z_f , км
Зеравшан	Устье р. Фандарья	4650	437,9	632	4,05
Фандарья	Устье	3230	100,7	435	3,98
Варзоб	Дагана	1270	26,8	145	3,79

В расчетах по этим моделям используются фактические данные наблюдений за 30-летний период, с 1961 по 1991 годы. Этот хронологический интервал не охватывает все имеющиеся сведения. Поэтому были также использованы прогностические данные, полученные нами на основе спектрального анализа результатов измерений метеорологических элементов за весь период наблюдений, с 1926 по 1996 г. При этом не было учтено возможное прогнозируемое изменение 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. Для примера приведем результаты расчетов по всем моделям и фактические данные по метеостанции Душанбе, имеющей наиболее полный ряд наблюдений (Рис. 2). Сведения, используемые в климатических моделях, взяты за период максимального роста температуры, что, на наш взгляд, изначально завышает положительный тренд температуры. Расчет прогноза температуры воздуха и осадков для метеорологических станций исследуемых бассейнов проводился по методике, описанной ранее А.Ф. Финаевым [9], с использованием результатов расчетов для репрезентативных станций по шести сценариям изменения климата. В результате были получены прогностические метеорологические данные (Табл. 3), которыми мы и воспользовались для расчетов изменения оледенения.

Все модели прогнозируют увеличение летней температуры. Однако, модели с использованием удвоения CO_2 , прогнозируют увеличение температуры на 1,3-2,7°C, в то время как модель, основанная на спектральном анализе фактических данных за весь период наблюдений, - лишь на 0,6-0,7°C.

Прогноз осадков более разнообразен. Климатические модели CCC-EQ и GFDL-TR дают уменьшение годовых осадков от -0,1% до -5%. Модели UK-TR и HadCM2 дают увеличение осадков от 5% до 14%. Тренды, полученные по спектральному анализу, показывают увеличение осадков от 13 до 25%. Наибольшее увеличение прогнозируется в высокогорных областях (см. Табл. 3).

Таблица 2.

Средняя летняя температура воздуха (июнь - август) и годовые суммы осадков P за весь период наблюдений (1926-1996 гг.) и вертикальный градиент осадков $\delta P/\delta H$.

Станция	H, м	T, °C	P, мм/год	$\delta P/\delta H$, мм/км
Дехауз	2564	13,9	365	500
Искандеркуль	2204	16,8	306	400
Гушары	1359	22,6	1249	180

Таблица 3.

Прогноз изменения средней летней температуры воздуха T и годовых сумм осадков P на 2050 год.

Станция	1 CCC-EQ		2 UK-TR		3 GFDL-TR		4 HadCM2		5 10 летний тренд		6 Линейный тренд	
	T	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T	P
Дехауз	2,3	-5%	2,7	5%	2,0	-0,1%	2,3	14%	0,6	24%	0,7	25%
Искандеркуль	2,0	-5%	2,3	5%	1,7	-0,1%	2,0	14%	0,6	20%	0,7	21%
Гушары	1,6	-5%	1,9	5%	1,3	-0,1%	1,6	14%	0,6	13%	0,6	13%

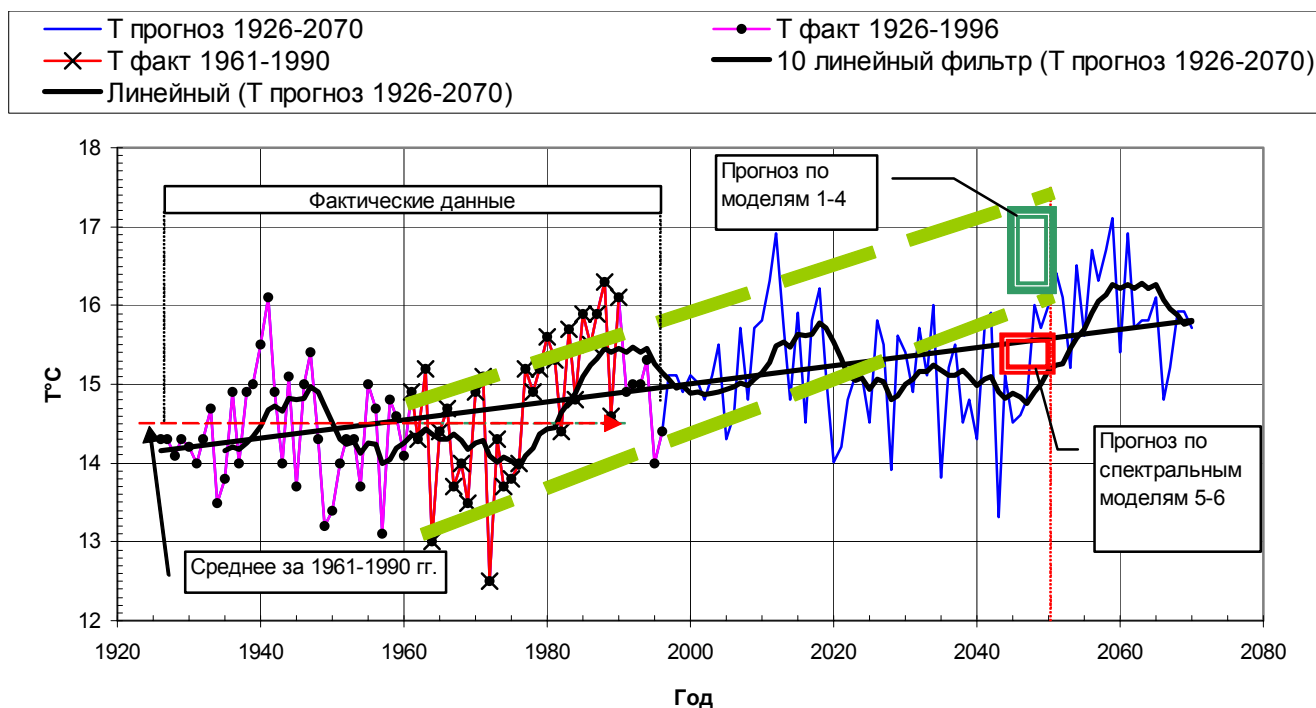


Рис. 2. Сравнение хронологического хода фактической среднегодовой температуры воздуха, прогностических данных по климатическим моделям и спектральному анализу для Душанбе. Показан линейный (1) и 10 летний скользящий (2) тренды спектральной прогностической оценки. Номера моделей указаны в табл. 3.

Fig. 2. Factual and forecasted annual air temperature chronological courses comparison on climatic models and spectrum analysis for Dushanbe. The linear (1) and 10-years trends (2) of spectral forecasted estimates are shown. The numbers of models are given in tab. 3.

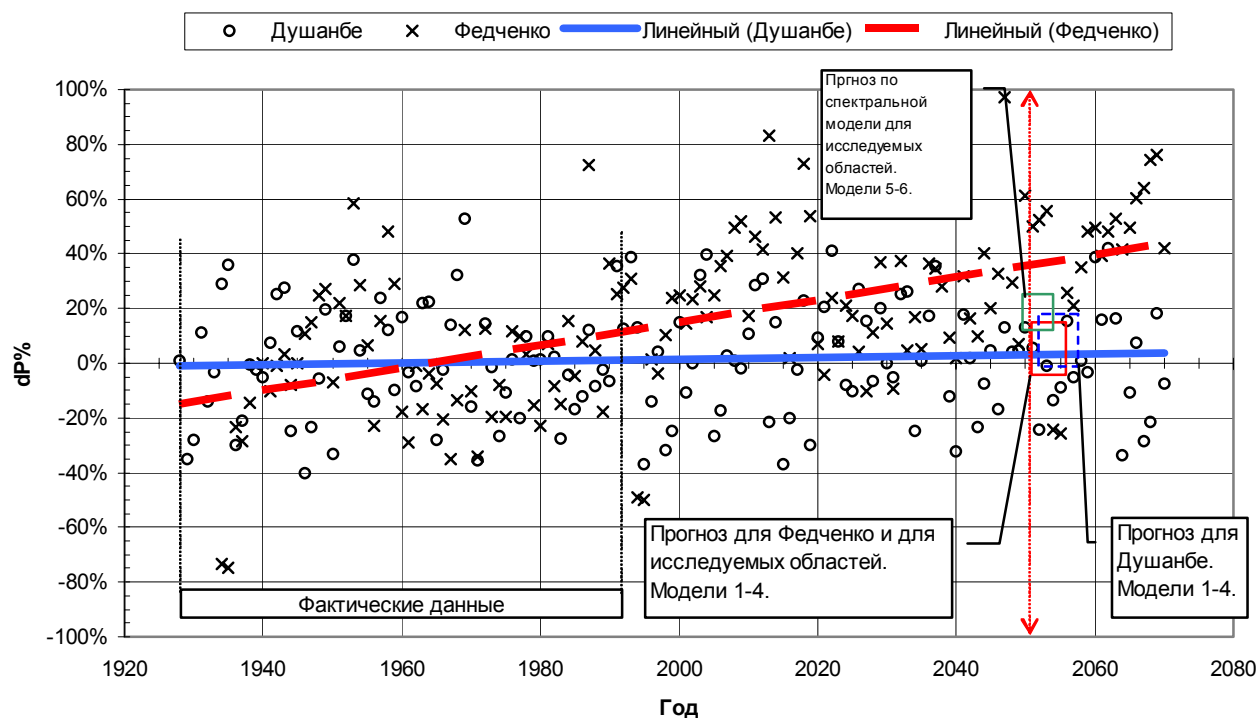


Рис. 3. Сравнение хронологического хода фактической суммы годовых осадков, прогностических данных по климатическим моделям и спектральному анализу для Душанбе (1) и л. Федченко (2). Показан линейный тренды спектральной прогностической оценки для Душанбе (3) и ледника Федченко (4). Номера моделей указаны в табл. 3.

Fig. 3. Factual and forecasted annual precipitations chronological course comparison on climatic models and spectrum analysis for Dushanbe (1) and Fedchenko Glacier (2). The linear trends of spectral forecasted estimation is shown for Dushanbe (3) and Fedchenko Glacier (4). The numbers of models are given in tab. 3.

На наш взгляд, климатические модели пакета MAGICC дают несколько завышенные величины, так как используют в качестве базовых климатические данные за короткий период времени (с 1961 по 1990 г.) на восходящем участке многолетних температурных флуктуаций (Рис. 2). Однако, именно этот период рекомендован WMO и принят во всем мире для характеристики современного климата.

Прогноз изменения оледенения

Результаты расчетов показали неоднозначность реакции оледенения на потепление. Прогнозируемые характеристики оледенения показаны в табл. 4. Все результаты, полученные основе климатических моделей пакета MAGICC, показывают значительное уменьшение оледенения. Максимальное уменьшение дает модель CCC-EQ: высота фирновой линии увеличивается на 260-330 м. 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 HadCM2. В этом случае воздействия летней температуры и осадков направлены в разные стороны. Высота фирновой границы меняется от 30 до 220 метров в зависимости от модели. Площадь оледенения уменьшается от 35% в бассейне р. Зеравшан до 42% в бассейнах рек Варзоб и Фандарья.

Результаты расчетов оледенения, полученные с использованием прогностической модели спектрального анализа всех климатических данных, дают несколько иную картину. В этом случае незначительное повышение температуры и значительное увеличение осадков приводят к снижению высоты фирновой границы от 10 до 50 м. и росту площади оледенения от 4% в бассейне р. Варзоб до 12% в бассейне р. Фандарья. При этом объем ледникового питания увеличивается на 6-19% соответственно. В то же время, объем ледникового питания, полученный по данным моделей пакета MAGICC, снижается с 49% в бассейне р. Варзоб (HadCM2) и до 75% в бассейне р. Фандарья (CCC-EG).

Таблица 4.

Прогноз изменения оледенения к 2050 году								
№	Model	dT, °C	pX, %	Z _f , km	F _{gl} , km ²	N _{gl}	Q _{gl} , km ³ /year	W _g /W _b , %
Бассейн р. Варзоб								
0	Present	0,0	100	3,79	26,8	145	0,1045	6,0
1	CCC-EQ	1,6	-3	4,05	10,1	67	0,0287	3,0
2	UK-TR	1,9	5	4,03	10,9	71	0,0319	3,2
3	GFDL-TR	1,3	-1	3,99	12,5	78	0,0386	3,5
4	HadCM2	1,6	14	3,91	15,6	90	0,0531	4,1
5	Sp 10 years average	0,6	13	3,78	27,9	150	0,1105	6,2
6	Sp linear trend	0,6	13	3,77	28,4	152	0,1128	6,3
Бассейна р. Фандарья								
0	Present	0,0	100	3,98	100,7	435	0,2949	7,9
1	CCC-EQ	2,0	-5	4,28	38,3	199	0,0747	4,0
2	UK-TR	2,3	5	4,26	40,5	207	0,0814	4,2
3	GFDL-TR	1,7	-1	4,22	45,3	223	0,0968	4,5
4	HadCM2	2,0	14	4,16	58,5	279	0,1363	5,4
5	Sp 10 years average	0,6	20	3,93	113,1	474	0,3533	8,6
6	Sp linear trend	0,7	21	3,94	111,2	468	0,3439	8,5
Бассейна р. Зеравшан								
0	Present	0,0	100	4,05	437,9	632	1,0486	17,2
1	CCC-EQ	2,3	-5	4,38	220,1	361	0,3274	10,6
2	UK-TR	2,7	5	4,36	228,5	373	0,3477	10,9
3	GFDL-TR	2,0	1	4,32	254,7	408	0,4152	11,8
4	HadCM2	2,3	14	4,27	284,7	446	0,5020	12,7
5	Sp 10 years average	0,6	24	3,99	482,9	681	1,2508	18,4
6	Sp linear trend	0,7	25	4,00	477,4	676	1,2250	18,3

Обозначения: № – номер сценария; dT – изменение температуры (°C); pX – относительное изменение осадков (%); Z_f – высота фирновой линии (км); F_{gl} – Площадь оледенения (км²); N_{gl} – число ледников; Q_{gl} – объем ледникового стока (км³/год); W_g/W_b – доля ледникового стока в общем стоке бассейна (%).

Заключение

Модели, предлагаемые в пакете MAGICC с использованием сценария удвоения CO₂, используют данные климатического ряда в коротком интервале в период роста температуры. 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, не смотря на потепление.

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, необходимо повышение точности прогноза будущих изменений климата, что, естественно, должно привести к увеличению надежности прогнозов изменения оледенения и других компонентов среды горной территории Таджикистана.

ЛИТЕРАТУРА

1. Глазырин Г.Е. Распределение и режим горных ледников. Л., ГИМИЗ, 1985, 181 с.
2. Глазырин Г.Е. Горные ледниковые системы, их структура и эволюция. Л., ГИМИЗ, 1991, 109 с.
3. Оледенение Памиро-Алая. М., «Наука», 1993, 256 с.
4. Ресурсы поверхностных вод, том 14, Средняя Азия, вып. 3. Бассейн р. Амударья. Л., ГИМИЗ, 1971, 472 с.
5. Справочник по климату СССР. Влажность воздуха, атмосферные осадки, снежный покров, вып. 31, ч. IV. Л., ГИМИЗ, 1969, 212 с.
6. Справочник по климату СССР, Температура воздуха и почвы, Вып. 31, Ч. II. Ленинград, Гидрометеиздат, 1966. 226 с.
7. Щетинников А.С. Морфология оледенения речных бассейнов Памиро-Алая по состоянию на 1980 год (справочник). Ташкент, САНИГМИ, 1997, 150 с.
8. Щетинников А.С. Морфология и режим ледников Памиро-Алая. Ташкент, САНИГМИ, 1998, 219 с.
9. Finaev A.F. 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, 1999, p. 289-294.
10. 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.