Центрально-Азиатский институт прикладных исследований Земли

Отчет

по результатам работ за 2016-17 год

по проекту EBA «Адаптация к изменению климата на основе экосистемного подхода в высокогорных районах Центральной Азии»

Исполнители: Усубалиев Р., Мандычев А., Осмонов А., Калашникова О., Шабунин А., Азисов Э., Эсенаман М., Подрезова Ю.

ЦАИИЗ

2018

Оглавление

1.	. Пилотный район 1. Кыргы	зстан, Нарынская	н область, Ат	-Башинский ј	район,
c.	Баш-Каинлы.				

1.1 Результаты полевых работ в 2016 - 17 году.	Стр.
1. Метеорологические исследования	2
2. Гидрологические исследования.	3
3. Гидрохимические исследования	6
4.Гляциологические исследования	
1.2 Результаты анализа опубликованных данных, дешифрирования к	осмических
снимков в 2016 - 17 году.	
1. Метеорологические исследования	11
2. Гидрологические исследования	
2.1 Характер изменения стока реки Ат-Баши по инструментальным наблю	дениям
с 1937 по 1995 год	13
2.2 Анализ русловых процессов в долине реки Ат-Баши в районе села	
Баш-Каинды	15
3.Гляциологические исследования	20
2. Пилотный район 2. Таджикистан, Горно-Бадахшанская область (ГІ Рушанский район, с.Сипондж-Хадоржв и Дарджомч(джоомат Сипонд	* *
2.1 Результаты полевых работ в 2017 году.	
1. Метеорологические исследования	
2. Гидрологические исследования	24
3.Гляциологические исследования	32
2.2 Результаты анализа опубликованных данных, дешифрирования к	осмических
снимков в 2016 - 17 году.	
1. Метеорологические исследования	33
2.Гляциологические исследования	34
Литература	48
Приложение 1	
Приложение 2	52

1. <u>Пилотный район 1</u>. Кыргызстан, Нарынская область, Ат-Башинский район, с. Баш-Каинды.

1.1 Результаты полевых работ в 2016 - 17 году.

1. Метеорологические исследования

В октябре 2016г. была проведена полевая экспедиция, в рамках которой был определен пункт установки автоматической метеостанции (АМС) в районе села Баш-Каинды. 30.05.2017 года в этом пунктебыла установлена автоматическая метеостанция (рис.1.1, 1.2), передающая основные метеорологические параметры в ЦАИИЗ по сети сотовой связи. Технические характеристики АМС приведены в Приложении 1.



Рис. 1.1 Автоматическая метеостанция в районе села Баш-Каинды

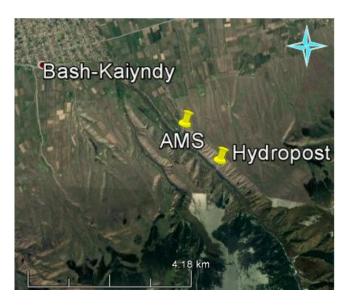


Рис. 1.2 Географическое месторасположение АМС вблизи с. Баш-Каинды Координаты: 75,9425 в.д., 41,1343 с.ш., высота над уровнем моря 2282 м.

По состоянию на конец 2017 года, с автоматической станции получены основные метеорологические параметры: температура воздуха, атмосферные осадки, относительная влажность, скорость и направление ветра. Эти параметры доступны через интернет, через систему хранения сенсорных данных ЦАИИЗ (SDSS). С целью получения достоверных данных по атмосферным осадкам, особенно в зимний период, рядом с АМС установлен осадкомер конструкции Третьякова, который обслуживается местным

наблюдателем. Результаты измерений АМС основных метеорологических параметров показаны на рисунке 1.3.

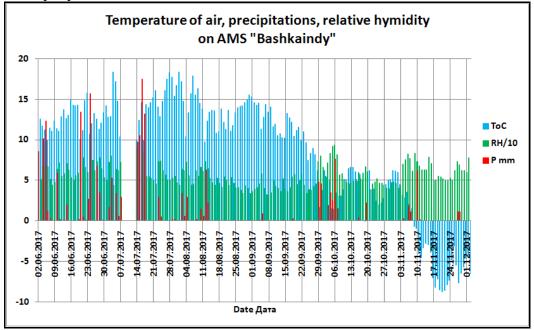


Рис. 1.3 Температура приземного воздуха, атмосферные осадки и относительная влажность, уменьшенная в 10 раз по автоматической метеостанции «Баш-Каинды»

2.Гидрологические исследования.

Река Баш-Каинды является левым притоком реки Ат-Баши, берущим начало от ледников северного склона Ат-Башинского хребта, в частности от ледника №182 [3]. В 2017 году на этой реке был организован гидрологический пост, на выходе ущелья из гор, до водозаборных каналов, его координаты:75.953217°в.д., 41.125877°с.ш., высота над уровнем моря 2326 м, расположение показано на рисунке 1.2.В период с апреля по сентябрь 2017 года на этом гидропосту, на реке Баш-Каинды, каждые десять дней проводились гидрометрические измерения глубины и скорости течения, последняя, измерялась гидрометрической вертушкой ГР-21М (измеритель скорости течения). Затем, на основе определения площади сечения реки, выполнялся расчет расхода воды на реке. В период с апреля по июнь и со второй половины августа по сентябрь наблюдения за стоком выполнялись на этом основном гидропосту(Рис.2.1), а в июле и начале августа - в другом месте, более труднодоступном для наблюдателя, расположенном выше по течению, с моста (Рис. 2.2), так каквысокий уровень воды в реке не позволял проводить наблюдения на прежнем месте. Для проведения инструментальных наблюдений был привлечен сотрудник Кыргызгидромета, гидрометеоролог с многолетним стажем работы на реках Нарынского бассейна Иманбаев А.Ш.



Рис.2.1 Измерение глубины и скорости течения на основномгидропосту на реке Баш-Каинды 17 августа (слева) и 20 сентября (справа).



Рис.2.2 Измерение глубины и скорости течения в июле, выше по течению от основного гидропоста, с моста на реке Баш-Каинды.

Результаты наблюдения за стоком реки Баш-Каинды в 2017 году следующие:

- средний сток за вегетационный период 4,81 м³/с;
- максимальный расход воды наблюдался 10 июля 15,3 м³/с;
- минимальный расход воды наблюдался 20 апреля $0.21 \text{ м}^3/\text{c}$.

Максимальная глубина реки была 1,4 м., наибольшая площадь сечения реки -11,6 м², они наблюдались, как и максимальные расходы воды, 10 июля. В апреле максимальная глубина реки была 0,32-0,37 м.. Максимальная скорость течения реки наблюдалась 31 июля и составила 1,89 м/с, минимальная -20 апреля и была равна 0,13 м/с.

Анализ гидрографа стока за 2017г. (Рис.2.3) показал, что основной сток за вегетационный период приходится на май-август, начало половодья приходится на середину мая, окончание – на середину сентября. В вегетационный период сток реки Баш-Каинды состоит на 13% из питания подземными водами, на 57% из таяния сезонного снежного покрова и на 30% из таяния ледников. По этим результатам, эту реку можно отнести к снегово – ледниковому типу питания. В связи с этим, следует отметить, что

более ранние исследования [1] определяют, в целом, для реки Ат-Баши, снеговоледниковый тип питания.

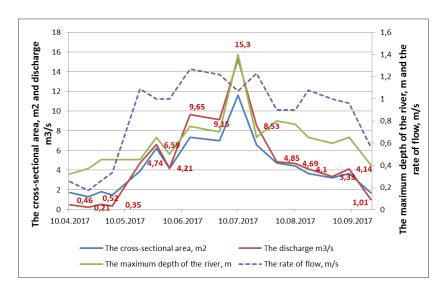


Рис.2.3. Основные декадные характеристики стока реки Баш-Каинды в 2017г.

Анализ совмещенного гидрографа стока реки Баш-Каинды и температур воздуха по данным МС Ат-Баши и АМС, установленной в бассейне реки Баш-Каинды в июне, (Рис.2.4) показывает истощение стока в августе, тогда как температура воздуха повышается и достигает своих максимальных значений 26,6°C за первую декаду и 23,3°C за вторую декаду августа, что позволяет сделать вывод, о том, что в 2017 году наиболее значимым был сток за счет таяния сезонного снежного покрова и вменьшей мере за счет ледников. Накопление осадков в период октябрь-март и октябрь-апрель 2017 года по данным метеостанции (МС) Ат-Баши (в настоящее время - метеопостКыргызгидромета) составило 98% от нормы и 162% от нормы, соответственно. В связи с чем, сток на реках Нарынского бассейна был повышенный. На этом основании можно предположить, что сток реки Баш-Каинды за вегетационный период 2017 года также был повышенный, по сравнению со средним стоком, характерным для этой реки.

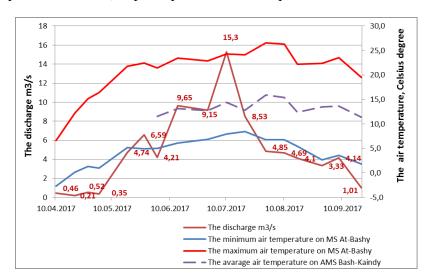


Рис.2.4. Совмещение гидрографа стока реки Баш-Каинды и температуры воздуха на МС Ат-Баши и АМС Баш-Каинды.

Осадки, выпадавшие в виде дождя, в июне и июле также способствовали увеличению стока реки, однако, решающим было повышение температуры воздуха и таяние сезонного снежного покрова (Рис.2.5). По данным АМС, установленной в Баш-Каинды, количество осадков в июне-августе было выше, чем по данным МС Ат-Баши.

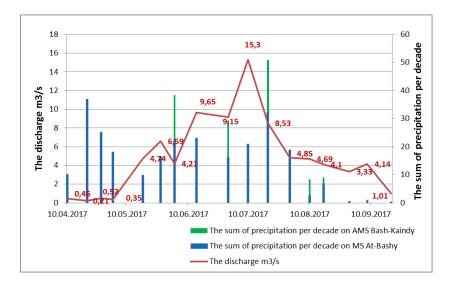


Рис.2.5. Совмещение гидрографа стока реки Баш-Каинды и суммы осадков на MC Ат-Баши и AMC Баш-Каинды.

3. Гидрохимические исследования

Гидрохимические исследования важны для выявления загрязненности воды различными химическими веществами, оказывающими влияние на качество речных вод. При этом особый интерес вызывает оценка загрязненности воды радиоактивными и редкоземельными элементами, а также тяжелыми металлами.

В 19.10. 2016 г. в трёх точках, на различных участках реки Баш-Каинды, были отобраны пробы воды (рис. 3.1). Лабораторный анализ этих проб выполнен в ГП «Центральная лаборатория» при Государственном агентстве по геологии и минеральным ресурсам при Правительстве КР.



Рис. 3.1. Места отбора проб воды из реки Баш-Каинды. Точки: № 1 «Ледник» – из ручья ледника № 182; № 2 «Шакыр» – ниже водопада и № 3 «Сток» - среднее течение реки Баш-Каинды, выше гидросооружения.

В таблицах 3.1, 3.2, 3.3 приведены результаты общего химического и спектрального анализа, отобранных проб речной воды.

Результаты общего химического анализа

Таблица 3.1

	ппс	TD.	Содержание			
Показатель	ПДК, в	Единицы	№ 1	Nº 2	№ 3	
	мг/л.	измерения	«Ледник»	«Шакыр»	«Сток»	
кальций	-	мг/дм ³	32	46	58	
магний	-	мг/дм ³	4	6	11	
калий	-	мг/дм ³	<1,0	<1,0	1,0	
натрий	-	мг/дм ³	1,1	3,5	5,6	
железо общее	0,3	мг/дм ³	0,105	0,1	0,1	
аммоний	-	мг/дм ³	<0,1	<0,1	0,1	
хлориды	350	мг/дм ³	4	6	9	
сульфаты	500	мг/дм ³	49,38	27,98	61,31	
нитраты	45	мг/дм ³	2,5694	1,9492	2,3036	
нитриты	3,3	мг/дм ³	0,01	0,01	0,01	
гидрокарбонат-ион	-	мг/дм ³	57	142	146	
карбонат-ион*	-	мг/дм ³	<1,5	<1,5	1,5	
общая жесткость	-	мг-экв/дм ³	1,97	2,8	3,8	
Карбонатная		мг-экв/дм ³	0,93	2,33	2,4	
жесткость			0,73	2,33	∠,¬	
Некарбонатная		мг-экв/дм ³	1,04	0,47	1,4	
жесткость		2	,	,	·	
кремневая кислота*	_	мг/дм ³	2,496	5,248	5,44	
H_4SiO_4						
pН	-	-	7,70	8,20	7,80	
окисляемость по		мг/дм ³	0,296	0,776	0,880	
KMnO ₄ (по						
потребленному	-					
кислороду)						
Сухой остаток	-	мг/дм ³	137	184	248	
Минерализация		мг/дм ³	165,5	255	321	

Содержание ионов в речной воде

Таблица 3.2

	№	1 «Ледни	(K»	№ 2	2 «Шакы	p»	№ 1	:>>	
Ионы	мг/ дм ³	мг- экв/ дм ³	% мг/ дм ³	мг/ дм ³	мг- экв/ дм ³	% мг/ дм ³	мг/ дм ³	мг- экв/ дм ³	% мг/ дм ³
Ca	32	1,6	78,8	46	2,3	78	58	2,9	71,8
Mg	4	0,37	18,2	6	0,5	16,9	11	0,9	22,3
Na	1,1	0,05	2,5	3,5	0,15	5,1	5,6	0,24	5,9
K	0	0,00	0	0	0,00	0	0	0,00	0
NH ₄	<0,1			<0,1			<0,1		
Fe общее	0,105	0,01		<0,1			<0,1		
Катионы	37,205	2,03		55,5	2,95		74,6	4,04	
Cl	4	0,1	4,8	6	0,16	5,2	9	0,24	6,1

SO_4	49,38	1,03	49	27,98	0,58	18,7	61,31	1,28	32,3
HCO ₃	57	0,93	44,3	142	2,33	75,2	146	2,4	60,6
CO ₃		< 0,05			<0,05			<0,05	
NO_3	2,5694	0,04	1,9	1,9492	0,03	1	2,3036	0,04	1
NO_2	<0,01			< 0,01			<0,01		
Анионы	112,95	2,1		177,93	3,1		218,61	3,96	
Сумма	150,15			233,43			293,21		
катионов									
И									
анионов									

Таблица 3.3 Содержание тяжелых металлов в пробах воды реки Баш-Каинды, по результатам спектрального анализа

Химические	№ 1 «Ледник»	№ 2 «Шакыр»	№ 3 «Сток»	ПДК, мг/л
элементы	мг/л	мг/л	мг/л	
Mn	-	-	-	0,1
Ni	0,0008	0,0006	0,002	0,10
Co	-	-	-	0,10
Ti	-	-	1	0,1
V	-	-	1	0,10
Cr	-	-	0,004	0,5
Mo	-	-	-	0,25
W	-	-	-	0,05
Zr	-	-	-	-
Nb	-	-	-	-
Cu	0,0018	0,0025	0,0023	1
Pb	-			0,03
Ag	0,0002	0,0001	0,001	0,05
Sb	-	-	-	0,05
Bi	-	-	-	0,10
As	-	-	-	0,05
Zn	-	-	-	1
Cd	-	-	-	0,001
Sn	-	-	-	-
Ge	-	-	-	-
In	-	-	-	-
Ga	-	-	-	-
Yb	-	-	-	-
Y	-	-	-	-
La	-	-	-	-
Ce	-	-	-	0,01 ^{(B}
P	-	-	-	-
Be	-	-	-	0,0002

Sr	0,077	0,15	0,13	7,0
Ba	-	-	-	0,10
Li	-	-	-	0,0030
Th	-	-	-	-
U	-	-	-	1
Pt	-	-	-	-
Au	-	-	-	-
Sc	-	-	-	-

Как видно из таблиц 3.1 и 3.2 вода в реке Баш-Каинды имеет малую минерализацию, небольшую жесткость, нейтральную и щелочную реакцию по показателю рН и гидрокарбонатно-кальциевый ионный состав. Незначительное повышенное содержание сульфат −иона в точке отбора пробы №1, может быть связано с влиянием сульфидной минерализации в горных породах. В пробах воды обнаружены только пять элементов из числа тяжелых металлов (таб. 3.3). При этом, содержание хрома (Сг) обнаружено только в пробе №3, в среднем течении реки. Все обнаруженные элементы имеют величину концентрации значительно ниже предельно допустимой. Большинство элементов тяжелых металлов не удалось обнаружить, они оказались за пределами чувствительности спектрального анализа. Обнаруженные тяжелые металлы имеют естественное происхождение, и не связаны с антропогенными факторами. Таким образом, вода реки Баш-Каинды, по крайней мере, выше одноименного села, вполне пригодна для хозяйственно-питьевого использования.

Отметим, что с учетом важности качества воды для жителей сел и необходимости экологической оценки основных источников формирования пресных вод, подобные исследования следует продолжить на других частях реки Баш-Каинды и других реках, и ручьях айыльного округа.

4.Гляциологические исследования.

В 2016-2017 годах в процессе полевых исследований были выполнены наблюдения за ледниками в бассейне реки Баш-Каинды, в частности на леднике №182 [3] (Рис 4.1). Для планирования полевых измерений и получения дополнительной информации по ледникам использовались космические снимки сверхвысокого разрешения (Рис. 4.2) На леднике №182 были установлены абляционные рейки для измерения величины таяния льда и получены первые параметры абляции (Рис.4.3). Кроме этого были выполнены геодезические измерения высоты поверхности ледника и картирование границы его языка с помощью приборов спутникового геопозиционирования (GPS) (Рис.4.4). Выполнена оценка степени покрытия языка ледника мореной и ее толщины, сделан вывод о том, что большинство ледников северного склона Ат-Башинского хребта имеют высокую степень моренного покрытия конечных частей языков, с непрерывным переходом современной морены в древние моренные отложения, что затрудняет диагностику изменения площади языков.

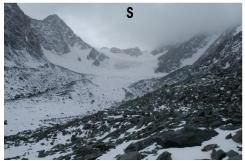


Рис. 4.1 Ледник №182

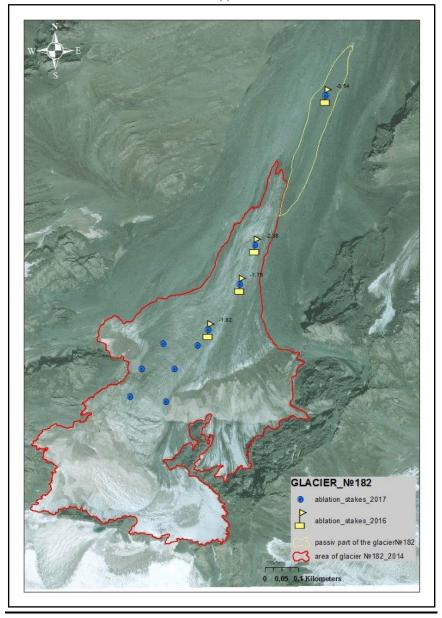


Рис.4.2 Ледник №182 на космическом снимке спутника "GeoEye-1" от 01.08.2014 г.Красная линия – граница ледника, желтая линия – граница пассивной части ледника, отделившейся от активного языка ледника. Точки- абляционные рейки, установленные в 2016 и 2017 году. Цифры – величина абляциив метрах за период 2016-2017 год.

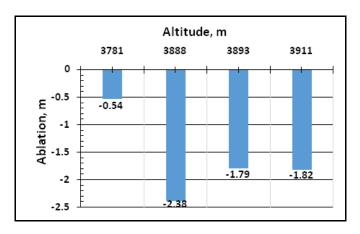


Рис. 4.3Величина абляции ледника № 182 за период 2016- 2017 гг. по разным абляционным рейкам



Рис. 4.4 Геодезические измерения на леднике №182

1.2 Результаты анализа опубликованных данных, дешифрирования космических снимков в 2016 - 17 году.

1. Метеорологические исследования.

В районе исследования основным источником метеорологической информации является метеостанция «Ат-Баши» «Кыргызгидромета», расположенная на высоте 2025 м н.у.м., работающая с 1927 года и имеющая в настоящее время статус метеопоста. На этой метеостанции выполнялся и выполняется комплекс наблюдений, включающий измерение основных параметров: температуры приземного слоя воздуха и количества атмосферных осадков. На рисунке 1.1 показано изменение средней годовой температуры воздуха по МС «Ат-Баши» за период 58 лет. Как следует из этого графика температура воздуха за весь период наблюдения изменялась в диапазоне от 0,3 до 4°С и при наличии неравномерно – периодических колебаний, имела, по линейному тренду, тенденцию к повышению приблизительно на 1,5°С, то есть градиент увеличения средних температур равен 0,026 °С/год. Эту тенденцию можно прогнозировать на ближайшее десятилетие.

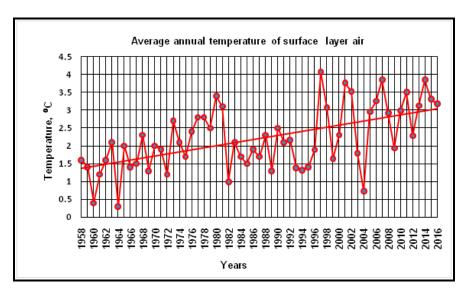


Рис. 1.1 Средние годовые температуры приземного слоя воздуха по МС «Ат-Баши»

В то же время следует обратить внимание на наличие внутри рассматриваемого периода наблюдения периода времени с 1982 по 1996 год с относительным понижением температуры на 0,5-0.7 °C на протяжении 14 лет. Этому периоду предшествовало высокоамплитудное понижение температура, а после завершения низкотемпературного периода, наблюдалось высокоамплитудное изменение среднегодовых температур до 2007 г. с последующим снижением амплитуд до величин, бывших в начале всего периода наблюдения. Это соответствует неравномерно – периодической цикличности изменения средних годовых температур с периодом порядка 30 лет и возможности следующего повторения относительного снижения температур около 2022 года.

Атмосферные осадки по МС «Ат-Баши», как видно на рисунке 1.2 за период 75 лет с 1940 по 2015 год имеют слабый линейный тренд на повышение. Минимальная величина сумм годовых осадков (СГО) за весь период наблюдения - 117 мм, максимальная - 535 мм, большинство СГО находится в диапазоне 200-400 мм. Максимальные амплитуды изменения СГО в начале наблюдений 166 -200 мм, а в последние годы периода наблюдения порядка 200 - 250 мм. В аспекте прогноза можно с уверенностью предполагать сохранение тенденции незначительного повышения осадков и характера изменения их амплитуд в ближайшее десятилетие.

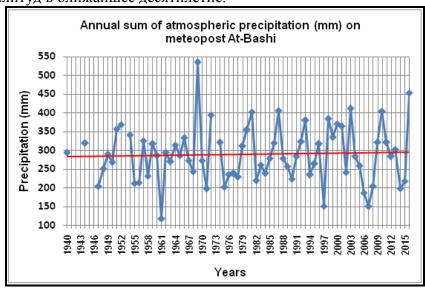


Рис. 1.2 Годовые суммы атмосферных осадков по метеопосту (ранее метеостанции) Ат-Баши.

2. Гидрологические исследования.

2.1 Характер изменения стока реки Ат-Баши по инструментальным наблюдениям с 1937 по 1995 год.

Анализ изменения стока реки Ат-Баши выполнен по результатам измерения расхода воды в реке на гидропосту "Устье реки Ача-Команды " за период наблюдения с 1937 по 1995 год. Для указанного гидропоста средняя абсолютная высота водосбора - 3500 м, площадь водосбора 1500 км². На рисунке 2.1.1 показаны величины расхода воды в реке с 1942 по 1994 год.

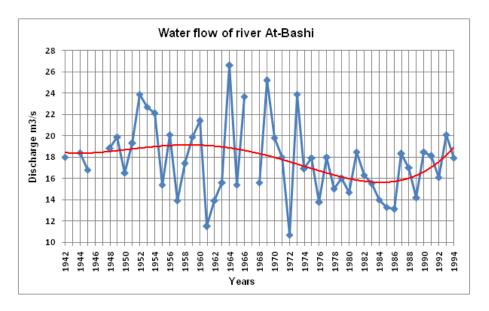


Рис.2.1.1 Средний годовой расход воды в реке Ат-Баши на протяжении 52 лет

Как видно на рисунке 2.1.1 за рассматриваемый период времени, в расходе реки Ат-Баши наблюдалась значительная неравномерность величины стока, которая проявилась в значительной амплитуде колебаний среднего годового стока в период с 1951 по 1974 год. До начала этого отрезка времени и позже, амплитуда была в несколько раз меньше. Это указывает на значительное изменение условий формирования гидрологической системы с последующим их возвращением в первоначальное состояние. Очевидно, что такая ситуация возможна в прогнозируемом будущем.

Распределение различных величин расходов воды в реке Ат-Баши за период 47 лет с 1948 по 1995 год показывает график на рисунке 2.1.2. Вероятность расходов 10 м 3 /сек = 46%, 80 м 3 /сек = 0,35% (всего случаев 569).

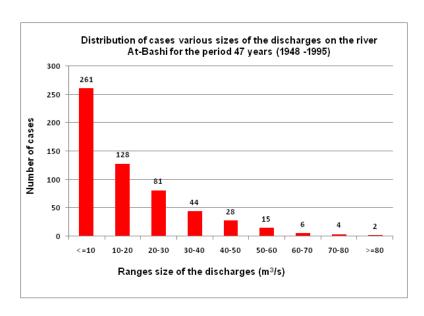


Рис. 2.1.2 Распределение различных величин расходов воды в реке Ат-Баши за период 47 лет с 1948 по 1995 год.

В аспекте возможного негативного влияния глобального и соответственно локального потепления на развитие опасных гидрологических процессов был выполнен анализ характера изменения величины максимального многолетнего стока реки в июне и июле за период с 1938 по 1995 год. Результаты анализа, как видно на рисунке 2.1.3, свидетельствуют о том, что тенденция экстремальных событий, связанных с максимальными летними расходами реки Ат-Баши имеет, по имеющимся данным, неравномерную периодичность порядка нескольких десятков лет с максимумами и минимумами, чередующимися через 25 - 30 лет. Важным результатом этого анализа является то, что на протяжении рассматриваемого периода времени, в бассейне реки Ат-Баши, не наблюдается однозначного тренда увеличения экстремальных событий, обусловленных максимальными летними расходами реки Ат_Баши, в связи с климатическими изменениями.

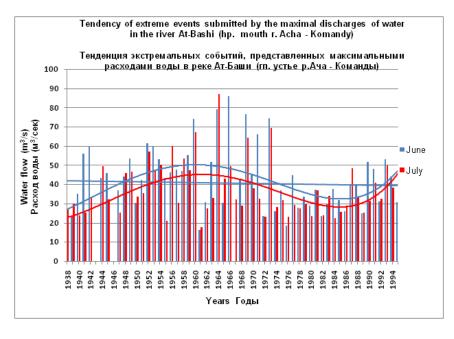


Рис. 2.1.3 Многолетнее изменение максимальных летних расходов реки Ат-Баши

2.2 Анализ русловых процессов в долине реки Ат-Баши в районе села Баш-Каинды

Анализ русловых процессов в долине реки Ат-Баши выполнен с целью выяснения степени риска возможного размыва и обрушения южного обрывистого берега реки Ат-Баши, являющегося на протяжении около 1500 м северной границей территории села Баш-Каинды. Характер русловых процессов в долине реки Ат-Баши определен по результатам дешифрирования различных космических снимков, полученных в разное время и по топографическим картам.

Анализ топографической карты (рис.2.2.1) масштаба 1:100000, изданной в 1985 году и отражающей состояние местности на 1963 год показал, что в долине реки Ат-Баши, на рассматриваемый период времени, русло реки Ат-Баши, в районе села Баш-Каинды, не имело одного главного русла, а было представлено разветвленной системой проток, имеющих общую ширину порядка 100 - 330 м и находящихся на расстоянии от 80-90 м до 300 м от обрыва южного берега. Такой характер конфигурации русла указывает на то, что на рассматриваемом участке реки, преобладало накопление речных отложений, то есть процессы аккумуляции преобладали над процессами эрозии. К южному берегу в восточной части участка приближалась лишь одна небольшая южная протока, имеющая основное питание за счет подземных вод, выходящих на поверхность в виде ручьев "Кара-Су" на надпойменных террасах восточнее села. Таким образом, не существовало риска подмыва северного берега и его обрушения.

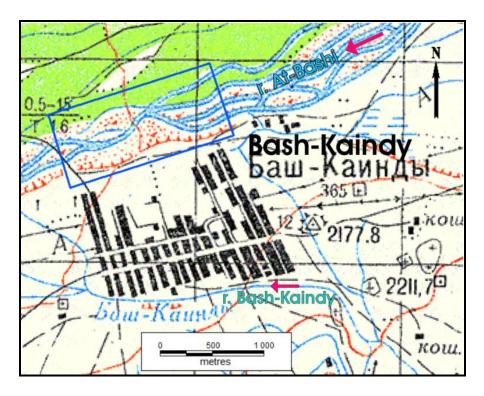


Рис.2.2.1 Синим прямоугольником выделен участок интереса в районе села Баш-Каинды. Красная стрелка- направление течения реки.

Обстановка, рассмотренная выше на топографической карте не имеет детальной временной, с месячной детальностью привязки. В отличие от этого, космические снимки позволяют отразить интересующие нас процессы и большей временной детальностью. Для

анализа русловых процессов представляют интерес месяцы с максимальными расходами воды в реке Ат-Баши. По данным Кыргызгидромета, по гидропосту "Устье реки Ача-Команды", работавшем в период с 1937 по 1995 год, наибольшие расходы воды в реке Ат-Баши наблюдаются в июне и июле, как это видно на рисунке 2.2.2.

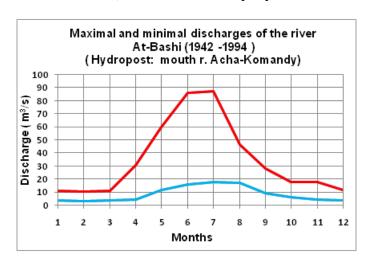


Рис. 2.2.2 Средние месячные расходы воды в реке Ат-Баши в период с 1942 по 1994 год.

В соответствии с этим, для дальнейшего анализа использованы космические снимки спутников «Pleiades» от 27.07.2013 и 21.05.2016, полученные с сервиса GoogleEarth, отражающие конфигурацию русел в месяцы максимальных расходов воды в реке. Отметим, что снимок 2016 года рассматривается первым, так как на нем лучше различима русловая сеть.

Конфигурация русла реки Ат-Баши в мае 2016 года, на участке долины в районе села Баш-Каинды, показана на рисунке 2.2.3. Здесь на космическом снимке спутника Pleiades от 21.05.2016 года наблюдается обстановка близкая к той, что была ранее в 1963 году, по результату анализа топографической карты. На снимке видно, что в последней декаде мая 2016 года, основное русло представлено так же как и в прошлом сетью проток, расположенных на расстоянии 270 - 330 м от северного берега. Вблизи северного берега проходит второстепенное русло по которому, происходит сток, в основном, подземных вод из ручьев типа "Кара-Су". Это русло, наиболее близко, на расстояние порядка 20 - 45 м, подходит к южному берегу на участке протяженностью около 160 м и на этом протяжении образует протоку, непосредственно подходящую к береговому обрыву. Эрозионная активность этого русла и тем более активность протоки незначительна из-за питания подземными водами, по этой причине они не представляют реальной угрозы в аспекте подмыва северного берега. Так как основное русло реки, как это уже отмечалось, расположено значительно севернее. Детальный фрагмент этого участка долины реки показан на рисунке 2.2.4.

В 2013 году картина распределения русловых проток реки Ат-Баши в период паводка или максимальных расходов воды получена по космическому снимку спутника Pleiades от 27.07.2013 (рис.2.2.5). На этом рисунке видно, что конфигурация русловых проток остается практически постоянной, но при больших расходах часть основного стока идет не только по главному руслу, но и по второстепенному, как это видно на рис.2.2.6.

Таким образом, сопоставление разновременных положений русла за период в 53 года свидетельствует о том, что наблюдаемая на данном участке конфигурация русла реки стабильна и будет сохраняться в дальнейшем в течение десятков лет. Она не несет риска подмыва северного берега и его обрушения, даже на участке минимального расстояния от русла реки до берега.

В этом случае предупредительными мерами можно усилить защищенность северного берега от возможных негативных влияний реки в будущем.

К основным мерам можно отнести:

- 1. Сооружение дамб регулирующих направление стока второстепенного русла на участке протоки, подходящей непосредственно к берегу. В частности дамбы длиной около 100 м (рис.2.2.4).
- 2. Лесомелиоративные мероприятия рекомендуется выполнять путем посадки с высокой плотностью (в шахматном порядке) кустарниковой растительности в пойме, непосредственно под обрывом, на участке северного берега протяженностью около 340 м, вдоль упоминаемой протоки (рис.2.2.4) и увеличить плотность уже существующих насаждений на этом же участке на протяжении 620 м. Это позволит в будущем защитить северный берег от подмыва и обрушения, так как кустарниковая растительность, в случае затопления речными потоками, будут снижать скорость их течения и аккумулировать речные наносы.
- 3. Крайнюю верхнюю часть обрывистого северного берега необходимо защищать от неконтролируемого поверхностного стока поливных и других вод, чтобы предотвратить образование оврагов. Для этого желательно построить вдоль берега в районе села водосборную канаву с лотковым водосбросом. Кроме этого, крайнюю верхнюю часть обрывистого северного берега можно закрепить многолетними травами, образующими дерновый слой и кустарником.

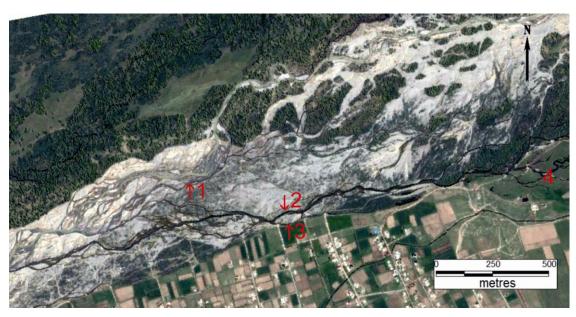


Рис.2.2.3 Космический снимок спутника Pleiades от 21.05.2016 года. 1-основное русло реки Ат-Баши, 2 - второстепенное русло, 3- протока, подходящая непосредственно к берегу, 4- истоки ручьев "Карасу", питающих второстепенное русло.

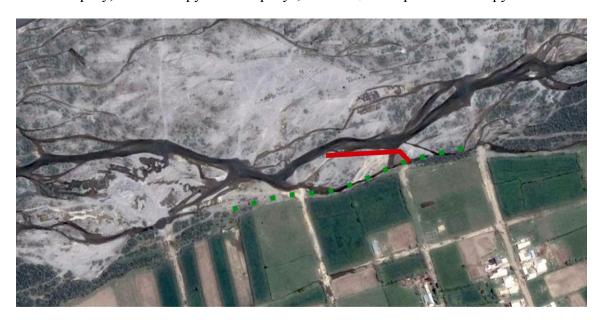


Рис.2.2.4 Фрагмент космического снимка 2016 года, отображающий протоку проходящую под береговым обрывом. Красная линия - проектная дамба протяженностью около 100 м. Зеленая пунктирная линия - участок посадки кустарника.

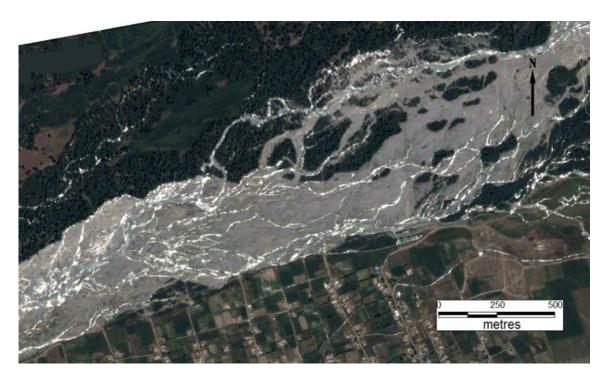


Рис.2.2.5 Космический снимок спутника Pleiades от 27.07.2013



Рис.2.2.6 Фрагмент космического снимка от 2013 года, отображающий протоку проходящую под береговым обрывом

3. Гляциологические исследования.

Исследования изменения ледников в пределах Атбашинского бассейна были выполнены путем дешифрирования космических снимков спутника «Landsat 8», выполненных в 2013-2015 гг. и сравнения результатов со сведениями по ледникам, содержащимся в «Каталоге ледников СССР», Том 14, выпуск 1, часть 6, 1974 г. [3] . Снимки спутника «Landsat 8» получены с сайта Геологической Службы США USGS - https://earthexplorer.usgs.gov/. Кроме этого, для анализа были использованы изданные топографические карты, в основном, масштаба 1:100000, а так же цифровая модель рельефа (ЦМР), с разрешением 30 метров, построенная по данным радиометра ASTER, расположенного на спутнике TERRA, полученная с сайта Национального Аэрокосмического Агентства США NASA - http://earthdata.nasa.gov/).

Для дешифрирования космических снимков была использована комбинация 4,5,6 каналов: красного видимого и ближнего, среднего инфракрасных. Разрешение полученных изображений было увеличено с помощью 8-го панхроматического канала до 15 м/пиксель. Данные преобразования производились в программном комплексе ENVI 4.6.1. Картографирование и расчет морфометрических характеристик проводились в ГИС MapInfo Professional 7.8. Результаты анализа изменения ледников в Атбашинском и других хребтах Атбашинского бассейна за 41 год с 1974 по 2015 год показаны в таблице 3.1.

Таблица 3.1

	Всего ледников в бассейне р. Атбаши		Ледники размером > 0.1 км ²		Ледники размером < 0.1 км ²	
	Кол-во	Площадь, км²	Кол-во	Площадь, км²	Кол-во	Площадь, км²
По каталогу	284	113,7	253	112,2	31	1,5
По «Landsat 8»	303	84,1	174	78,0	129	6,1
	+6,3%	-26%	-31,2%	-30,5%	+75,9%	+75,4%

Как следует из таблицы 3.1, общая площадь ледников в хребтах Атбашинского бассейна сократилась за 41 год на 26%, при этом количество ледников увеличилось на 6,3%. Таким образом, скорость сокращения составила 0,6 %/год. Увеличение количества ледников связано с распадом крупных ледников на более мелкие, о чем свидетельствует уменьшение количества и площади ледников размером более 0,1 км² и увеличение количества и площади ледников менее 0,1 км². Схема расположения ледников в бассейне реки Баш-Каинды, на северном склоне Атбашинского хребта, показана на рисунке 3.1. Номера ледников на этой схеме соответствуют номерам по «Каталогу ледников СССР» [3]. Параметры изменения этих ледников вошли в приведенные выше результаты изменения ледников в целом по бассейну р. Ат-Баши. Конкретно, по бассейну реки Баш-Каинды, как это видно из таблицы 3.2, площадь ледников с 1974 по 2015 год уменьшилась на 1,1 км 2 с 3 км 2 до 1,9 км 2 или на 36,7%, при скорости уменьшения 0.9%/год или 0.027 км 2 /год, за рассматриваемый период времени. Количество ледников размером более 0,1 км² уменьшилось с 10 до 8, то есть на 20%, в то же время в процессе дешифрирования было обнаружено: один ледник размером 0,1 км²(№179-1) и 10 ледников размером менее 0,1 км², общей площадью 0,4 км², которые отсутствуют в «Каталоге ледников СССР», то есть ранее они не были зафиксированы. Они не показаны в таблице 3.2 из-за малых размеров, но с их учетом общая площадь ледников в бассейне р. Баш-Каинды будет 2.3 кm^2 , а разница в площадях: -0.7 кm^2 .



Рис. 3.1 Схема расположения ледников в бассейне реки Баш-Каинды

Таблица 3.2

№ ледника по каталогу	площадь по каталогу (км²)	площадь по спутнику (км²)	разница в площадях (км²)
175	0,4	0,5	+0,1(+20%)
176	0,1	0,0	-0,1 (-100%)
177	0,4	0,2	-0,2 (-50%)
178	0,3	0,1	-0,2 (-67%)
179	0,7	0,3	-0,4 (-57%)
179-1	0,0	0,1	+0,1 (+100%)
180	0,3	0,3	0,0 (0,0%)
181	0,2	0,1	-0,1 (-50%)
182	0,4	0,3	-0,1(-25%)
183	0,1	0,0	-0,1(-100%)
184	0,1	0,0	-0,1(-100%)
Весь бассейн р.Баш-Канды	3,0	1,9	-1,1(-36,7%)

Кроме этого, не обнаружено, возможно, по причине полного таяния, три ледника № 176, 183,184, по одному леднику № 178 определено увеличение площади на 20%, а по одному леднику № 180 площадь не изменилась. По леднику № 182, который выбран для полевых наблюдений уменьшение площади составило 25%.

Таким образом, результаты дешифрирования космических снимков спутника «Landsat 8» с минимальной ошибкой 15 м позволили определить границы ледников по состоянию на 2013-15 год и соответствующие площади ледников. При этом, для

определения изменения площади ледников, языки которых покрыты мореной, границы ледников были проведены по границе открытого льда. В бассейне реки Баш-Каинды выявлен разный характер изменения ледников относительно их параметров по «Каталогу ледников СССР», в зависимости от их размера, экспозиции и других факторов. В целом, преобладает сокращение площади ледников на 36,7%, но диапазон уменьшения довольно большой от 25% до 67% для относительно крупных и до полного исчезновения (100%) для относительно небольших ледников. При этом отдельные ледники не изменили свои размеры, или даже увеличились на 20%.

Кроме сравнения параметров ледников по данным «Каталога ледников СССР» и результатам дешифрирования космических снимков спутника «Landsat 8» было выполнено сравнение изменения площади ледников в бассейне реки Баш-Каинды за 23 года с 1994 по 2017 год по космическим снимкам спутников «Landsat 4TM» и «Landsat 8».

В результате выяснено, что за указанный период времени площадь ледников уменьшилась на 12% или 0,5%/год, что меньше определенной выше скорости по сравнению с КЛС - 0,9%/год, но близко к определенной выше скорости уменьшения площади в целом для Атбашинского бассейна - 0,6%/год.

Было выполнено определение изменения площади ледников в зависимости от абсолютной высоты ледника (Рис.3.2).

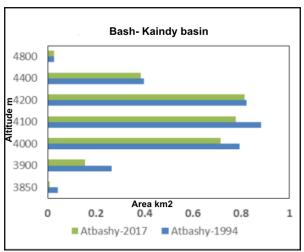


Рис. 3.2 Изменение площади ледников в зависимости от альтитуды

В настоящее время, в процессе дешифрования космических снимков, создана цифровая карта границ ледников по бассейну реки Атбаши по состоянию на 2013-15 год, которая может быть основой для последующего изучения изменения ледников в этом районе.

2. <u>Пилотный район 2.</u> Таджикистан, Горно-Бадахшанская область (ГБАО), Рушанский район, с.Сипондж-Хадоржв и Дарджомч(джооматСипондж).

2.1 Результаты полевых работ в 2017 году.

1. Метеорологические исследования

В процессе выполнения полевых работ в Таджикистане, на Западном Памире, вблизи села Хиджез (рис.1.1,1.2,1.3), по согласованию с Таджикгидрометом, 7 августа

2017 была установлена автоматическая метеостанция (АМС), передающая метеорологические параметры в ЦАИИЗ по сети сотовой связи. Технические характеристики АМС приведены в Приложении 1.



Рис.1.1. Географическое месторасположение АМС в с. Хиджез. Координаты: 71.83.07в.д; 38.0007с.ш., высота над уровнем моря 2127 м. Расположена на расстоянии 7,5 км юго - западнее от временного гидропоста на реке Сипондж.



Рис.1.2. Месторасположение AMC: юго-западная часть с. Хиджез, район впадения левого притока реки Бартанг - реки Хиджез.



Рис.1.3. Внешний вид АМС

В рассматриваемый, в данном отчете, период времени, на АМС получены основные метеорологические параметры: температура воздуха, относительная влажность и атмосферные осадки. В период с 17 октября по 21 ноября 2017 г. (34 дня) АМС не работала из-за отсутствия электричества. После 22 ноября станция была переведена на зимний режим. Кроме данных АМС, в 2017 году, с помощью местного наблюдателя в с. Сипондж (Бартанг), были выполнены измерения атмосферных осадков с помощью измерительного сосуда, которые так же были использованы гидрометеорологических условий района исследований, в частности для анализа изменения гидрологической обстановки и приведены в гидрологическом разделе этого отчета.

2.Гидрологические исследования.

Река Даржомчдара- один из многочисленных левых притоков реки Бартанг, берущая свое начало с ледника № 783 [4]. Вода этой рекииспользуются как для питья, так и в хозяйственно-бытовых целях, для орошения садов и огородов жителей с.Даржомч. Неиспользованные воды реки поступают непосредственно в р. Бартанг.

Измерение расхода воды реки Даржомчдара выполнено в тестовых целях, только один раз, поплавковым методом 08.08.2017 г., при солнечной и теплой погоде, т.е. в условиях интенсивного таяния ледника. Общие гидорологические условия на участке измерения расхода показаны на рисунках2.1, 2.2, 2.3, 2.4, 2.5, 2.6, 2.7.Гидрометрические измерения и расчет расхода воды в реке проводился по методу, изложенному в [2].



Рис.2.1. Водозаборный коллектор с. Даржомч.



Рис.2.2. Река Даржомчдара (выше с. Даржомч)

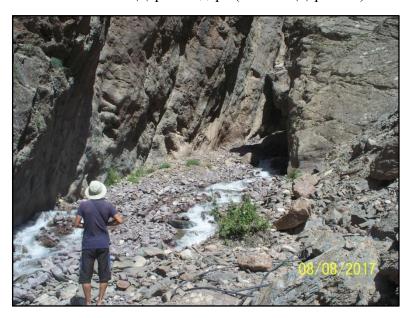


Рис. 2.3. Место, где был измерен расход воды р. Даржомчдара, одно из немногих, наиболее подходящее для организации гидрометрических работ.



Рис. 2.4. Измерение ширины рекиДаржомчдара.



Рис.2.5. Определение глубины рекиДаржомчдара.



Рис. 2.6. Забор воды в ирригационный канал из реки Даржомчдара.



Рис. 2.7Схема расположения объектов исследования.

Результат определения расхода воды в р. Даржомчдара

Дата: 08.08.2017 г

Длина рабочего гидрологического створа 10 м.

Ширина реки: 2,0 м.

Глубина реки: 0,38 м, по всей ширине реки.

Площадь живого сечения: $\omega = 0.76 \text{ м}^2$.

Максимальная скорость: Vmax. = 9,16 м/с.

Средняя скорость Vaver. = 1,19 м/с.

Расчет действительного расхода воды в реке выполнен по методу, рекомендованному в [1].

Фиктивный расход водыQfic. = Vmax.* ω = 6,96 м³/c

Переходный коэффициентК = Vaver./Vmax. = 0,13

Действительный расход воды $Q = K* Qfic.=0.9048 \text{ m}^3/\text{c}$.

Примечание: выше гидрологического створа происходит забор воды для орошения ближележащего поля под агрокультурой, с расходами воды примерно до $0.05-0.1 \text{ м}^3/\text{c}$ (рис. 2.6, 2.7).

Река Ходоржиодара - один из многочисленных правых притоков реки Бартанг, берущая свое начало с ледников №19-22 по [4], вид этой реки в нижнем течении показан на рисунке 2.8.



Рис. 2.8. Река Ходоржиодара

Часть воды р.Ходоржиодараиспользуется малой гидроэлектростанцией, которая обеспечивает электричеством несколько близлежащих населенных пунктов, расположенных вдоль долины реки Бартанг. Диаметр дренажной трубы для подачи воды на гидроэлектростанцию составляет 400 мм. Часть воды забирается для орошения садовых и огородных участков жителей с. Сипондж. Большая часть воды реки Ходоржиодарапоступает непосредственно в р. Бартанг (рис. 2.9, 2.10, 2.11). Необходимо отметить, что в зимний период расход воды в реке, нередко, недостаточен для работы на полную мощность малой ГЭС.



Рис. 2.9. Забор воды р. Ходоржиодарадля малой ГЭС

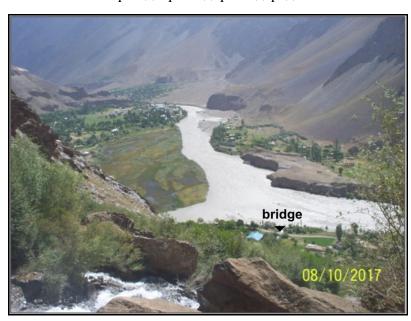


Рис. 2.10. Реки Ходоржиодара(на переднем плане) и Бартанг (на заднем плане).

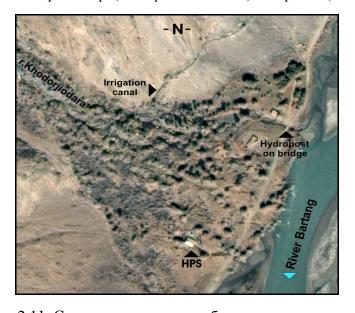


Рис.2.11. Схема расположения объектов исследования.

Измерение расхода воды в р.Ходоржиодара было выполнено на временномгидростворе, организованном на транспортном мосту (рис. 2.11, 2.12, 2.13), расположенном перед впадением р. Ходоржиодарав р. Бартанг. Это наиболее удобное место для выполнения такой задачи.



Рис. 2.12. Рейка для измерения уровня воды в рекеХодоржиодара, на гидростворе, на мосту.



Рис.2.13 Мост через реку Ходоржиодара

Как и на р. Даржомчдара, измерение расхода воды р.Ходоржиодара выполнялось поплавковым методом, каждые 5 суток, в период с 10 августа по 20 ноября 2017 г. **Параметры гидроствора на р.Ходоржиодарапод мостом следующие**: Длина рабочего гидрологического створа 10 м. Ширина реки или створа 3,0 м. Максимальная глубина реки составляет 0,55 м. За период наблюдений средний расход водысоставил 1,59 м³/с. Пятидневный ход расхода воды р. Ходоржиодара показан на рисунке 2.14.

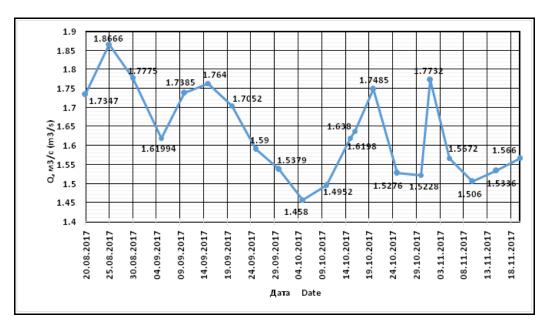


Рис. 2.14. Ход расхода воды в р. Ходоржиодара.

Как видно из рисунка 2.14, максимальный расход воды (1,9 м³/с)наблюдался в концеавгуста, а потом начал снижаться. Следующий,относительно повышенный расход воды был зафиксирован в середине сентября, возможно, связанный с относительным кратковременным повышением температуры воздуха (рис.2.15), далее он постепенно снижался в соответствии с погодными условиями без атмосферных осадков и со снижением температуры воздуха. Последующие, относительно высокие расходы воды в реке могут быть обусловленывыпадением атмосферных осадков. Это подтверждается даннымиАМС «Хиджез» и результатами измерений местного наблюдателя, в соответствии с которыми, в пилотном районе, с середины сентября начала резко повышаться относительная влажность воздуха (рис.2.16), а в первой половинеоктября началось выпадение первых осенних атмосферных осадков(13,8 мм), что повлиялона осеннее повышение расходов воды в рекеХодоржиодара.

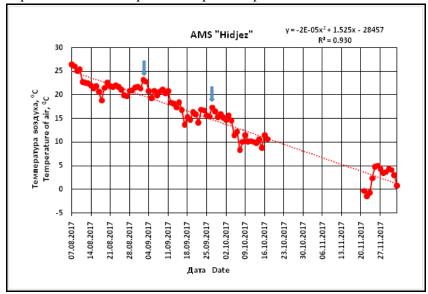


Рис. 2.15 Температура приземного слоя воздуха по данным автоматической метеостанции «Хиджез». Синими стрелками показаны случаи максимального относительного повышения температуры.

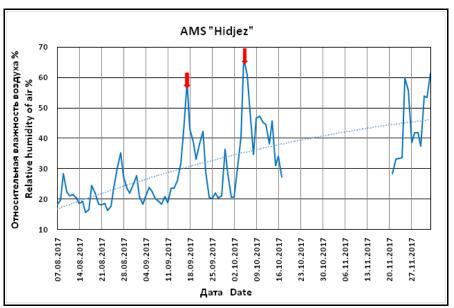


Рис.2.16 Относительная влажность воздуха по данным автоматической метеостанции «Хиджез». Красными стрелками показаны случаи максимального повышения влажности.

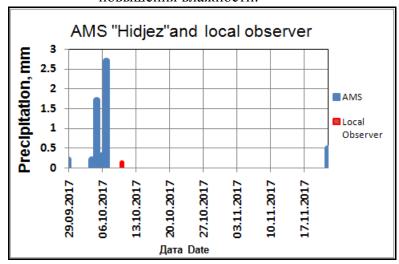


Рис. 2.17 Атмосферные осадки по данным АМС «Хиджез»и местного наблюдателя в селе Сипондж (Бартанг).

Кроме этого, относительное повышение и колебания расходов воды реки Ходоржиодарана гидростворе на мосту, начиная с первой декады октября,может быть связано с приостановкой забора воды или частичными заборами водывыше гидроствора, во время ремонтных работ и нештатных ситуаций на ГЭС, перед началом зимнего сезона. Так, например, 16 октября и 1 ноября подача воды в ГЭС была полностью прекращена, что обусловило повышение расхода воды в реке. Следует отметить, что кроме забора воды из основного русла реки Ходоржиодара на ГЭС, существует так же возможность забора воды в ирригационный канал, как это видно на рисунке 2.11, которую нужно учитывать при гидрометрических измерениях.По результатам измерений на временном гидропосту, для р. Ходоржиодарабыла определена зависимость расхода воды от уровня воды в реке, представленная на рисунке 2.18.

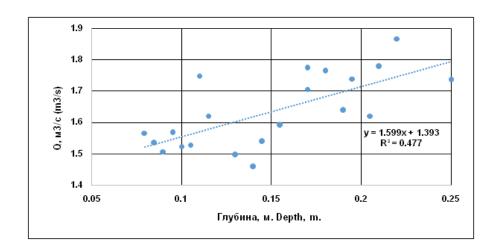


Рис. 2.18. Зависимость расхода р.Ходоржиодараот колебания уровняводы и соответствующего изменения глубины реки.

По графику на рисунке 2.18 видно, что по полученным данным теснота связи параметров низкая, с коэффициентом корреляцииг = 0.43 ± 0.12 . При этом средняя квадратическая ошибка (δ) уравнения регрессии y по x равна $\delta y/x = 0.09$, т.е. отклонение точек в процентном отношении составляет 11,9 % и является небольшим.

В заключение отметим следующее. В результате полевых работ в 2017 году для рек Даржомчдара и Ходоржиодара определены потенциальные места для организации гидропостов и замера расхода воды. Были выполнены измерения расходов воды в реках поплавковым методом. Для р. Ходоржиодарана основе данных, полученных на временном гидропосту была определена зависимость расхода воды от уровня воды в реке, которая может быть уточнена при последующих измерениях.

В будущем, в целях получения длиннорядных и более точных данных по величине расхода и уровня водына реке Даржомчдара, необходимо организовать гидропост, с установкой прибора, измеряющего изменение гидростатического давления воды. На реке Ходоржиодара, целесообразно установить акустический прибор, измеряющий уровень воды под транспортным мостом, но в этом случае необходимо учитывать забор воды оросительным каналом и ГЭС.

3.Гляциологические исследования.

В 2017 году было выполнено рекогносцировочное обследование ледника №183 (4) в бассейне реки Дарджомчдара (рис.З.1). В результате была произведена фотосъемка характерных частей языка ледника и зафиксирована граница открытого льда на языке с помощью прибора спутникового геопозиционирования (GPS). Установлено, что верхняя часть фирновой области расположена на высоте 5200 м. н. у. м., анижняя граница открытого льда, на высоте 4158 м. н. у. м.. Часть ледника, покрытая мореной, опускается на высоту до 4085 м. н. у. м. и протягивается вниз по долине на 616 м, толщина слоя морены достигает 10 см. Современное моренное покрытие плавно переходит в древнюю морену, что усложняет изучение ледника дистанционными методами. Высота расположенияверхней части древней морены- 3930.4 м. н. у. м. Ниже, ложе долины опускается вниз в виде террасы и не имеет следов каких-либо прежних оледенений.



Рис.3.1 Вид на ледник №183

2.2 Результаты анализа опубликованных данных, дешифрирования космических снимков в 2016 - 17 году.

1. Метеорологические исследования

Анализ изменения климатических условий в районе интереса выполнен на основе данных Таджикской гидрометеорологической службы по метеостанция Ирхт и Рушан. Метеостанция Ирхт расположена в 55 км восточнее (72,62°в.д.; 38,17°с.ш.) района интереса, на высоте 3276 м н.у.м., а метеостанция Рушан в 40 км западнее (71,55°в.д.; 37,95°с.ш.), на высоте 1983 м н.у.м.. Как видно на рис.1.1 средняя годовая температура приземного слоя воздуха по указанным метеостанциям различается почти на порядок за счет различной высоты над уровнем моря. При этом по обеим станциям наблюдается синхронность характера изменения температуры, особенно явная в период с 2004 по 2016 год. За период наблюдений с 1991 по 2016 год, по обеим станциям, прослеживается повышение температуры воздуха по линейному тренду порядка 1,5°C за 25 лет или с градиентом 0,06 °C/год. Аналогичное изменение температуры воздуха в районе интереса, с учетом его высотного положения, можно прогнозировать на ближайшее десятилетие.

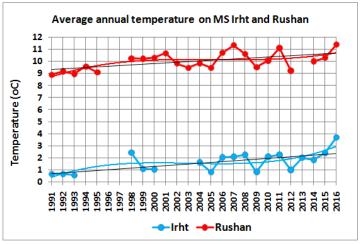


Рис. 1.1 Изменение средней годовой температуры воздуха по метеостанциям Ирхт и Рушан

Изменение атмосферных осадков по метеостанциям Ирхт и Рушан показано на рисунке 1.2. Атмосферные осадки за период наблюдения, так же как и температура воздуха, имеют признаки синхронного изменения по обеим станциям, но явной

тенденции изменения не наблюдается. Годовые суммы атмосферных осадков по метеостанции Ирхт изменяются в диапазоне 100-200 мм, по метеостанции Рушан 200-400 мм. Амплитуда колебаний величины атмосферных осадков соответственно порядка 100 мм в первом случае и 200 мм во втором. В аспекте прогноза можно ожидать, что аналогичное изменение атмосферных осадков, с учетом высотного положения, будет наблюдаться в ближайшее десятилетие в районе интереса. С учетом того, что район интереса имеет минимальные альтитуды порядка 2200 м можно предполагать, что параметры температуры воздуха и атмосферных осадков в его пределах будут близки к параметрам станции Рушан.

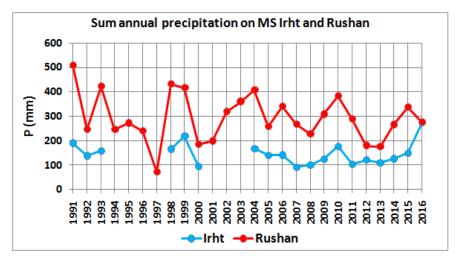


Рис. 1.2 Изменение годовых сумм атмосферных осадков по метеостанциям Ирхт и Рушан

Как видно на рисунках 1.1, 1.2 в ходе изменения температуры воздуха и атмосферных осадков наблюдается неравномерная периодичность порядка нескольких лет, которая может быть использована для прогноза изменения этих параметров на аналогичных по длительности временных интервалах.

2.Гляциологические исследования.

Целью данного исследования, было выяснение степени изменения ледников, за многолетний период, в Таджикистане, в бассейне реки Бартанг, в частности, в районе селений Даржомч и Бартанг. Для выявления разновременного положения границ ледников были использованы космические снимки спутника "КН-4В", спутниковой системы "CORONA", с разрешением 1,8 м (6 feet), раздел Declass 1(1996) и спутников "Landsat 8" с разрешением 15 м, "Landsat 5" (ТМ) с разрешением 30 м, полученные с интернет-сервиса Геологического агентства США (USGS), "Sentinel 2" с разрешением 10 м, с интернет-сервиса Европейского космического агентства. А так же снимки спутников "WorldView 2", "Ikonos" с интернет-сервиса "Google Earth" с разрешением 0,5 м, 1,0 м и топографические карты масштаба 1:100000.

Методика дешифрирования включала в себя ко-регистрацию космических снимков полученных в разное время, при этом в качестве базового снимка использовались снимки спутника "Landsat 8", имеющие исходную геопривязку с точностью < 30 м и снимки сверхвысокого разрешения спутника "WorldView 2" имеющего исходную точность привязки до 5 м. При ко-регистрации снимков, не имеющих оригинальной геопривязки

(снимки "Corona"), точки привязки выбирались вблизи языка ледника, на стабильных, относительно пологих формах рельефа. В этом случае, минимизируются геометрические искажения изображения за счет угла съемки и наклона поверхности рельефа.

Минимальная ошибка дешифрирования всех используемых снимков соответствует величине разрешения снимка. Для результатов дешифрирования основное значение имеет оценка относительной пространственной точности позиционирования, которая выполнялась по измерению разницы в положении границ стабильных форм рельефа на сравниваемых базовом снимке и другом снимке и другом виде данных, геопривязанных по базовому снимку. Относительная ошибка позиционирования в нашем случае имеет максимальное значение порядка нескольких десятков метров.

В районе села Даржомч для изучения были выбраны ледники №783 и 780, по Каталогу ледников СССР (КЛС) [4]. Первый расположен в бассейне реки Даржомчдара, а второй в бассейне реки Чадегив (Рис.2.1).

Ледник №783 долинного типа, северной и северо-западной ориентации, по данным КЛС, по состоянию на 1966 -1971 годы (период составления каталога), имел общую длину 4 км, из которой открытая часть, не покрытая мореной, составляла 3,2 км. Соответственно площади были равны: общая - 2,1 км² и открытой части - 1,9 км². Объем ледника оценивался в 0,0822 км³ (Приложение 2). Следует отметить, что по информации из вышеупомянутого каталога в период 1966-1971 годов на рассматриваемый район отсутствовали аэрофотоснимки, поэтому границы ледников на этот период времени не имеют обоснования по ним. Это снижает достоверность информации, приводимой в каталоге, по рассматриваемым ледникам.

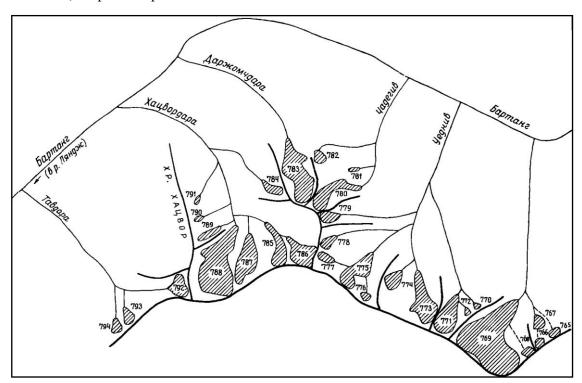


Рис.2.1 Схема расположения ледников в бассейнах рек Уеднив, Чадегив, Даржомчдара, Хацвордара, Тавдара.

Для выявления разновременного положения границ ледника №783 были использованы космические снимки спутника "KH-4B", спутниковой системы "CORONA", от 18/08/1968

года, с разрешением 1,8 м (6 feet), раздел Declass 1(1996) и спутника "Landsat 8" с разрешением 15 м, полученные с интернет-сервиса Геологического агентства США (USGS). А так же снимок спутника "WorldView 2" с интернет-сервиса "Google Earth" с разрешением 0,5 м и топографическая карта масштаба 1:100000 с отражением состояния местности на 1969-1984 гг..

Граница ледника № 783 в 1968 году получена по космическому снимку спутника "КН-4В" и показана на рисунке 2.2. В это время язык ледника имел суженную клинообразную форму, за счет преобладающего отступления восточной боковой границы ледника (это типичное явление за счет большего прогрева солнцем, после полудня, восточных бортов долин), с ледовым обрывом на конце языка (Рис.2.3). Общая длина ледника в это время, по результатам нашего дешифрирования была 3900 м, площадь - 1,92 км². Этот результат близок к параметрам из КЛС на период 1966-1971 гг. - общей длине ледника порядка 4000 м и площади 2,1 км². В данном случае, необходимо обратить внимание на то, что по результатам дешифрирования, в 1968 году (Рис.2.2), на всем протяжении общей длины, ледник был открытым, с наличием небольшой по площади срединной морены. Этот факт свидетельствует о заниженной оценке длины открытой части ледника по КЛС, равной 3200 м, вероятно, за счет отсутствия аэрофотоснимков ледника на период 1966-1971 гг..

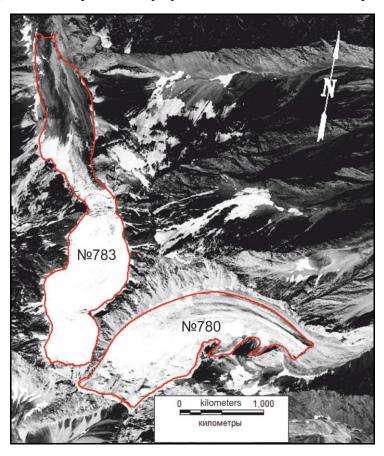


Рис.2.2 Границы ледников №780 и №783 в 1968г, по снимку спутника "KH-4B" системы "Corona".

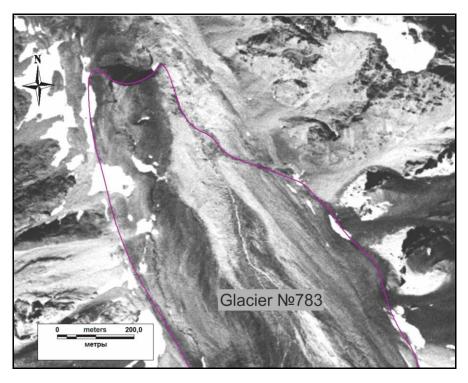


Рис.2.3 Граница языка ледника №783 в 1968г, по снимку спутника "KH-4B" системы "Corona".

По топографической карте масштаба 1:100000 (лист J42-72 с состоянием местности на 1969-1984 гг., и лист J43-61 с состоянием местности на 1975-79 гг.) граница ледника показана на рисунке 2.4. По этой границе длина ледника равна 3600 м. Общая площадь ледника по карте равна 1,45 км². Таким образом, в период 1969-1984 гг. можно предполагать сокращение длины и площади ледника относительно 1968 года, но учитывая неопределенность отражения ситуации на местности при картировании по времени и по использованным данным, это требует дополнительного подтверждения. По имеющимся данным, можно предполагать, что на карте отражено положение границы открытой части ледника на время близкое к 1984 году. В этом случае наблюдается факт отступания языка на 300 м от позиции 1968 года. В целом, информация о границе ледника по топографической карте имеет большую неопределенность по точности определения границ и их времени и поэтому она может использоваться лишь предположительно.

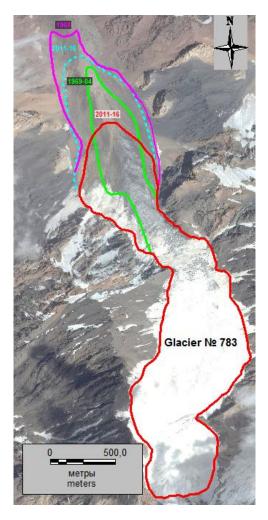


Рис. 2.4 Границы ледника №783 по космическим снимкам в 1968, 2011-16 гг. и по топографической карте в 1969-84гг. (зеленый цвет). Голубым цветом показана предполагаемая современная граница ледника под моренным покровом. Красным цветом - современная граница по открытому льду и, частично, - под мореной. Фон - снимок спутника "World View 2" от 12/08/2011.

Современное состояние ледника № 783 было исследовано по снимкам спутника "WorldView 2" от 12/08/2011 и спутника "Landsat 8" от 20/09/2016. В это время, как видно на рисунке 2.4, у ледника отсутствует четко выраженный конец языка за счет погружения части ледника в северо-западном направлении под моренный покров. Границы открытого льда по этим спутниковым снимкам практически совпадают в 2011 и 2016 гг. и по этой общей границе длина открытой части ледника равна 3150 м, а общая площадь ледника около 1,53 км². В этом случае, в общую площадь ледника включена не только площадь открытого льда, но и часть покрытой мореной поверхности ледника, где наблюдаются явные признаки присутствия льда в виде систем трещин. В данном случае, следует обратить внимание на то, что площадь ледника, равная 1,53 км 2 , по границе 2011, 2016 гг.., больше, чем рассмотренная выше площадь ледника 1,45 км², полученная по карте, по границе 1984 года, что вероятно, связано с ранее выполненным топографическим картированием только открытого льда ледника. Кроме этого, обращает на себя внимание тот факт, что длина открытой части льда по КЛС на период 1966-1971 гг., близка к определенной нами длине открытой части ледника для 2011-16 гг. Этот факт, с учетом надежности результатов дешифрирования космического снимка системы "Corona" от 1968 г., свидетельствует о том, что оценка длины открытой части льда по КЛС на период 1966-1971 гг. является некорректной.

Кроме явной границы ледника №783 по открытому льду в 2011, 2016 гг., была определена современная вероятная граница распространения льда, залегающего в северо-западном направлении под моренным покровом, которая показана на рисунке 2.4 пунктирной голубой линией. В крайней, северной части эта граница проведена по проявлениям термокарстовых воронок, обычно свидетельствующих о наличии льда под моренным покровом (рис.2.5). Эта граница пространственно, по позиции конца языка, близка к границе 1984 года, полученной по топографической карте.

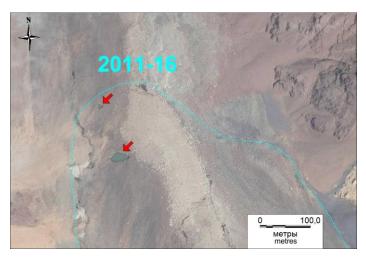


Рис. 2.5 Предполагаемая граница распространения льда под покровом морены на период 2011-2016 гг. Красные стрелки указывают на термокарстовые воронки. Фон - снимок спутника "WorldView 2" от 12/08/2011.

Таким образом, процесс деградации ледника №783, вероятно, происходил начиная с 1968 года до 1984 года в виде интенсивного отступания языка ледника на 300 м, со скоростью около 18,8 м/год. При этом, в конце этого периода времени началось замедление скорости деградации, перекрытие конца языка мореной и сокращение длины и площади открытой части ледника до состояния, наблюдаемого в настоящее время. В результате, значительная часть ледника была законсервирована под моренным покровом, при этом, скорость таяния покрытого сплошной мореной значительно уменьшилась счет льда, за теплоизолирующего свойства морены, а уменьшение объема льда под мореной происходило и происходит, в основном, за счет уменьшения толщины льда. Граница распространения этого льда, как уже упоминалось выше показана пунктиром, а общая площадь ледника по этой границе оценивается в 1,83 км². Эта граница принимается нами как современная по состоянию на 2016 год и относительно нее определяется изменение площади ледника начиная с 1968 года, которое представлено уменьшением на 0,09 км² или 4,7% (Таб. 2.1).

Таблица 2.1. Изменение площади ледника № 783

Год расположения	Площадь	Изменение	Период	Скорость изменения
границы	ледника $(км^2)$	площади	(лет)	площади ледника
		ледника $(км^2)$		$(км^2/год)$
1968	1,92			
2016	1.83	0.09	48	0.0019
1968-2016		0.09(4,7%)		

В целом, тенденция перекрытия ледника в его нижней части моренным покровом и постепенного отступания границы открытого льда в область питания с увеличением площади покрытия его мореной, будет продолжаться при сохранении тенденции потепления. В этом случае, оценка изменения длины и площади ледника затруднена из-за невозможности точного определения границы распространения льда под моренным покровом. Большая степень покрытия мореной языка ледника №783 и отсутствие после 1968 года четкой границы языка, затрудняет сопоставление разновременных границ по результатам дешифрирования космических снимков даже сверхвысокого разрешения. По этой причине для более точного определения скорости деградации ледников в исследуемом районе был исследован ледник №780. Этот ледник расположен восточнее ледника №783, в бассейне реки Чадегив. Бассейны обеих ледников имеют частично общий водораздел (Рис. 2.2). Преимуществом ледника №780 является наличие лишь незначительной поверхностной морены и четкой границы языка.

Долинный ледник №780, по Каталогу ледников СССР [4] (Рис. 2.1), имеет северовосточную и восточную ориентацию и по состоянию на 1966-1971 годы его общая длина составляла 3 км, а площадь 1,7 км². Объем оценивался в 0,0598 км³.

Граница этого ледника и, в частности, его языка, как наиболее изменчивой части, на 1968 год получена дешифрированием упоминаемого выше космического снимка спутника "КН-4В", от 18/08/1968 года (Рис. 2.2, 2.6). В это время длина ледника была 2610 м, а площадь 1,548 км² (Таб. 2.2). В этом случае, обращает на себя внимание значительное различие в определении длины ледника по КЛС и по космическому снимку, при том, что время определения в обоих случаях практически совпадает. Это противоречие может быть связано либо с определением в КЛС параметров ледника по данным значительно более ранним, чем время составления данного КЛС, либо ошибкой, обусловленной недостатком информации, в частности, упоминавшегося выше отсутствия аэрофотоснимков.

Граница ледника №780 в период 1975-1979 годов получена по топографической карте масштаба 1:100000, на которой отражено состояние местности на 1975-1979 гг.. По этой границе наблюдается отступание языка ледника начиная с 1968 по 1979 год, в среднем на 50 - 60 м, а в крайней северо-восточной части языка на 120 м с одновременным уменьшением площади ледника (см.Таб.2.2).

Граница этого же ледника в 1992 году определена по космическому снимку спутника "Landsat 5" (ТМ) с разрешением 30 м, от 27.09.1992 года. К этому времени, в наибольшей степени на 100 м отступила северо-восточная часть языка, при незначительном отступлении юго-восточной части и в этот же период времени с 1979 по 1992 год происходит на значительном протяжении сокращение ширины ледника с отступлением северной боковой границы на 40-70 м (см.рис. 2.6), общая площадь ледника за счет этого значительно уменьшилась.

По результату дешифрирования космического снимка спутника "Ikonos" от 12/10/2007, имеющего пространственное разрешение 1,0 м, определена граница ледника №780 в 2007 году. Этот космический снимок использован в качестве фонового на рисунке 2.6. На этом рисунке видно, что отступление ледника продолжалось, но, в большей степени, в среднем на 40 м, отступила уже юго-восточная часть языка, с соответствующим уменьшением общей площади ледника.

Границы языка ледника в 2014 и 2016 годах получены по результатам дешифрирования космических снимков спутника "Landsat 8" от 15.09.2014 года и 20.09.2016 года, с сервиса USGS. Эти результаты подтверждают продолжение тенденции отступления языка ледника и сокращение его площади.

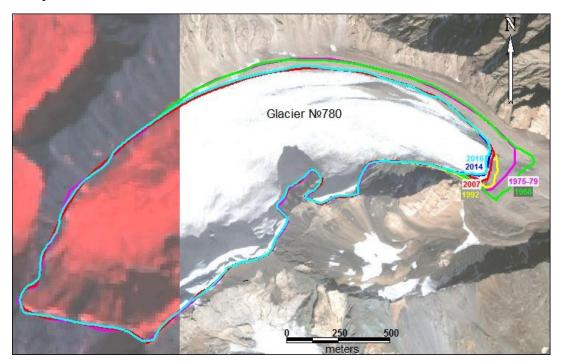


Рис. 2.6 Границы ледника № 780 в разные годы. Фон - космический снимок спутника "Ikonos" от 12/10/2007.

Таблица 2.2. Изменение площади ледника № 780

Год расположения	Площадь	Изменение	Период	Скорость изменения
границы	ледника $(км^2)$	площади	(лет)	площади ледника
		ледника (κM^2)		$(\kappa M^2/\Gamma O J)$
1968	1,548			
1975- 1979	1.531	0.017	11	0.0015
1992	1.436	0.095	13	0.0073
2007	1.428	0.008	15	0.00053
2014	1.424	0.004	7	0.00057
2016	1.423	0.001	2	0.0005
1968-2016		0.125 (8.07%)		

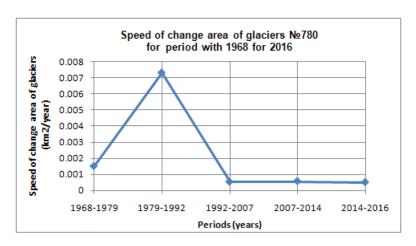


Рис. 2.7 Скорость изменения площади ледника №780 с 1968 по 2016 год

В целом, с 1968 по 2016 год площадь ледника №780 уменьшилась на 0.125 км² или на 8.07%, при этом, длина ледника по осевой линии уменьшилась на 160 м с 2580 м до 2420 м., а фронтальная часть языка отступила в среднем на 175 м от 120 м до 230 м. Особенностью сокращения площади этого ледника является значительное отступление его северной боковой границы на 40 -75 м в период с 1975-1979 годов до 1992 года. Это связано с южной экспозицией северного борта ледниковой долины, обеспечивающей локальное повышение температуры земной поверхности и воздуха. Как видно в таблице 2.2 скорость изменения площади ледников была наибольшая в период 70-х - 80-х годов (Рис. 2.7), а затем значительно уменьшилась. В целом, такой порядок скоростей является обычным для ледников Тянь-Шаня и Памира. В общем, можно отметить, что на участке интереса в бассейнах рек Ходоржиодара, Даржомчдара, Хацвордара, Уеднив, Тавдара ледники имеют преобладающую северо-восточную и северо - западную ориентацию, что способствует их относительно меньшей деградации в условиях потепления.

В отношении ледникового стока, по рассмотренным выше двум ледникам, можно предполагать, что его величина по леднику №783 будет уменьшаться по мере увеличения его части, покрытой мореной, пока не достигнет минимального предела, характерного для каменных глетчеров. В то же время по леднику №780 ледниковый сток будет относительно стабильным, зависящим от изменения в основном средних летних температур воздуха. Относительно величины водных запасов, сосредоточенных в этих ледниках и соответствующих объему льда и эквивалентному объему воды, можно утверждать, что за период 1968-2016 гг. они уменьшились пропорционально уменьшению площади приблизительно на 5%(№783) и 8 %(№780).

Кроме рассмотренных выше ледников была исследована группа ледников в бассейне реки Ходоржиодара. Это ледники №18-22 по Каталогу ледников СССР [4] (рис.2.8, 2.9).

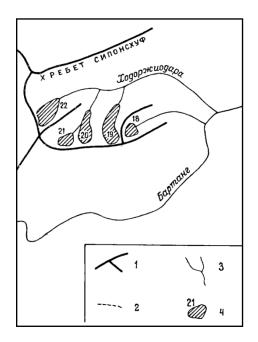


Рис. 2.8. Схема расположения ледников в бассейне реки Ходоржиодара. 1 - водораздел. 2 - ледораздел. 3 - река. 4 - ледник и его номер по Каталогу ледников СССР.

Положение границ ледников № 18, 19, 19а, 20 в 1968 году определено по космическому снимку спутника "КН-4В", спутниковой системы "CORONA", от 18/08/1968 года, с разрешением 1,8 м (6 feet) и показано на рисунке 2.10, а величины площади приведены в таблице 2.3. Границы ледников в 2002, 2011, 2016 годах получены при дешифрировании космических снимков спутников: "Ikonos" 10.10.2002 г., "Ikonos" от 24.07.2011 г., с разрешением 1 м и «Sentinel 2» от 22.08.2016 г. с разрешением 10 м. На рисунках 2.11, 2.12 показаны границы рассматриваемых ледников в 1968, 2002, 2011, 2016 годах на фоне космических снимков спутника "Ikonos" от 2002 и 2011 гг., соответственно. Площади ледников в разные года определены в ГИС «МарInfo» и показаны в таблице 2.3. В этой же таблице приведены скорости изменения площади ледников. Как следует из таблицы 2.3, все рассмотренные ледники на длительном интервале времени имеют общую тенденцию к сокращению площади. Наблюдаются так же краткосрочные периоды стабилизации и незначительного увеличения площади. Но по границам ледников в эти периоды возможно влияние ошибок дешифрирования, которые близки к величинам изменения площади. В целом, диапазон скоростей уменьшения площади рассматриваемых ледников составляет от 0,00017 до 0,0026 км²/год. Изменение этих скоростей от начала до конца периода наблюдений не показывает тенденции их существенного увеличения в конечный период времени (Рис. 2.13). Сокращение площади ледников по наиболее достоверным результатам анализа изменения ледников № 19 и 19а составляет 5,9 - 8,9% за период 48 лет с 1968 по 2016 год, то есть средний градиент изменения равен 0,12 - 0,19 %/год. Максимальное уменьшение площади зафиксировано по леднику № 20 - 20,7 % с градиентом изменения 0,4 %/год. Поскольку объем ледников находится в зависимости от их площади, можно приблизительно считать, что его уменьшение соответствует указанному уменьшению площади.

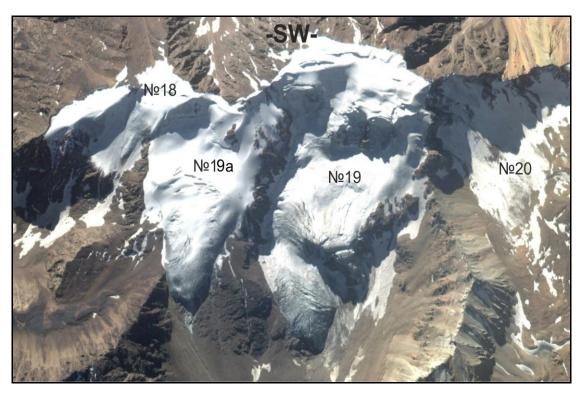


Рис. 2.9 Вид на ледники № 18, 19, 19а, 20 в 2002 году

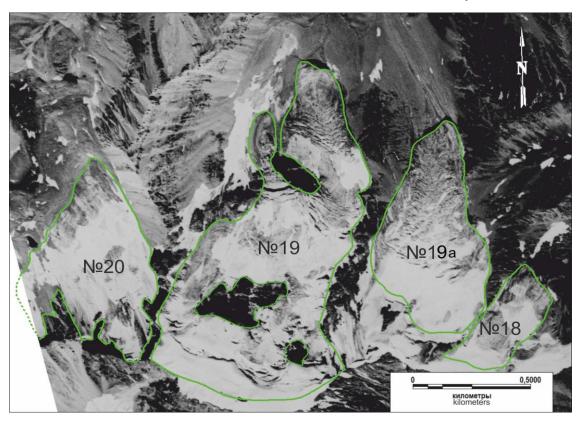


Рис. 2.10 Положение границ ледников 18, 19,19а,20 в 1968 году по космическому снимку спутника "КН-4В", спутниковой системы "CORONA", от 18/08/1968 года.

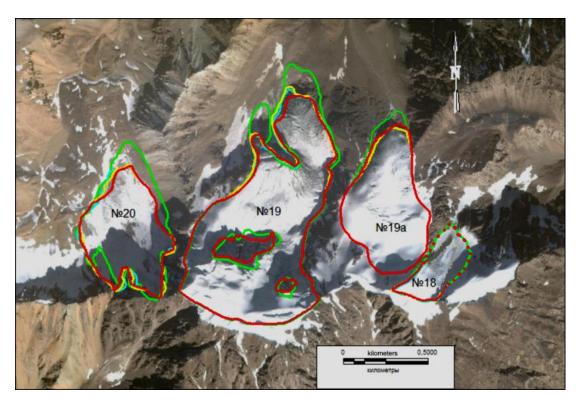


Рис. 2.11 Границы ледников 18,19, 19а, 20 в 1968 (зеленый), 2002 (желтый), 2011 (голубой), 2016 (красный) годах на фоне космического снимка спутника "Ikonos" 10.10.2002 г..

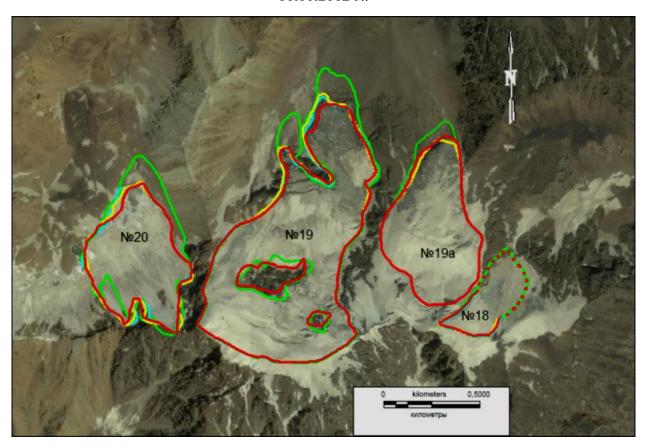


Рис. 2.12 Границы ледников 18,19, 19а, 20 в 1968 (зеленый), 2002 (желтый), 2011 (голубой), 2016 (красный) годах на фоне космического снимка спутника "Ikonos" от $24.07.2011~\Gamma$..

No	Год	Площадь	Изменение	Период	Скорость
ледника	расположения	ледника	площади	(лет)	изменения
	границы	(κM^2)	ледника(км ²)		площади
					ледника
					$(\kappa M^2/\Gamma O J)$
18	1968	0.0947			
	2002		0.0	34	0.0
	2011		0.0	9	0.0
	2016		0.0	5	0.0
	1968 - 2016		0.0		
19a	1968	0.31098			
	2002	0.2881	- 0.0229	34	-0.00067
	2011	0.2927	+ 0.0046	9	+0.0005
	2016	0.2927	0.0	5	0.0
	1968 - 2016		-0.0183 (5.9%)		
19	1968	0.7109			
	2002	0.6572	- 0.0537	34	-0.0016
	2011	0.6538	-0.0034	9	-0.00037
	2016	0.6409	-0.0129	5	-0.0026
	1968 - 2016		-0.07 (9.8%)		
20	1968	0.30198			
	2002	0.2499	-0.0521	34	-0.0015
	2011	0.2483	-0.0016	9	-0.00017
	2016	0.2396	-0.0087	5	-0.0017
	1968 - 2016		-0.0624 (20.7%)		_

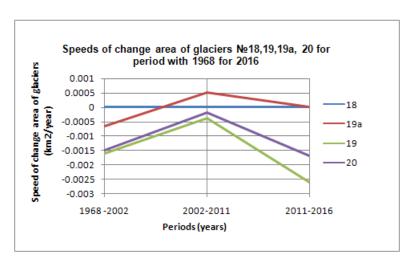


Рис. 2.13 Скорость изменения площади ледников № 18,19,19а,20 с 1968 по 2016 год

Линейное отступление концов языков рассмотренных ледников неравномерно в разных частях языков, максимальные величины находятся в диапазоне 70-180 м. Минимальная ошибка дешифрирования для снимков спутника «Sentinel 2» -10 м, спутника "Ikonos" -1 м. Максимальная ошибка дешифрирования - порядка нескольких десятков метров для нечетких границ объектов.

Необходимо отметить следующие моменты, которые были выявлены в процессе дешифрирования ледников. Так, ледник №18 из-за относительно высокого расположения, в соответствии с каровым морфологическим типом (конец языка расположен на отметке 4350 – 4370 м. н.у.м.), покрыт на момент космической съемки в 2002, 2011, 2016 годах фирновым полем в языковой части, как это видно на рисунках 2.11, 2.12, 2.14. Причем, эта ситуация наблюдалась и в августе 2016 года, поэтому наиболее вероятно, что его площадь не уменьшилась с 1968 года, что и отражено в таблице 2.3 на рисунках 2.11, 2.12, 2.13.

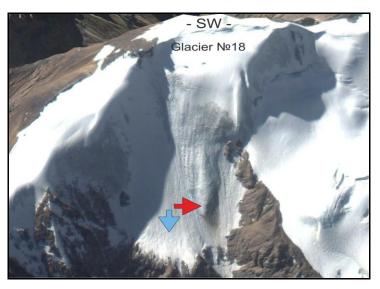


Рис. 2.14 Ледник №18, вид в 2002 году. Синяя стрелка - фирновое поле покрывающее язык ледника, красная стрелка – ледовый выступ на языке ледника.

Ледник № 19 по КЛС, как показал анализ космических снимков от 1968, 2002, 2011, 2016 года, фактически представлен двумя ледниками, обозначенными нами как №19 и №19а, разделенными скальным гребнем, имеющими открытые ледовые языки и сток в северном направлении. Таким образом, ледник №19 на схеме в КЛС (рис. 2.8) показан некорректно, фактически он состоит из двух ледников. Это может быть связано с использованием при составлении схемы расположения ледников в КЛС, результатов топографического картирования, по которому, как видно на рисунке 2.15, ледники №18 и 19 не разделены. При этом бассейн ледника №18 при наличии четкого скального водораздела с ледником №19, имеет общую ориентацию и сток в восточном направлении, то есть явно не может быть объединен с ледником №19 имеющим сток в северном направлении.

Ледники № 20, 21, 22 не имеют четких границ языков, представленных открытым льдом. Языки у этих ледников погружаются под морену и перекрыты последней, а открытый лед наблюдается в области аккумуляции ледников. Некоторое исключение из этого типа ледников представляет ледник № 20, у которого граница языка ледника в 2002, 2011 и 2016 годах, частично прослеживается на фоне фирнового покрытия. В нашем случае, дешифрована часть этого ледника, попадающая на космический снимок 1968 года.

Как видно на рисунке 2.15, границы ледников по топографической карте масштаба 1:100000 (Лист J42-72) с состояния местности на 1969-84 гг., включают значительные части, представленные моренными отложениями под которыми предполагалось наличие ледового тела ледника по трещинам и другим признакам движения льда. Это обусловило высокие оценки площади ледников на момент картирования и соответственно величины площадей ледников, включенные в КЛС. Как отмечается в КЛС [4]: « основные сведения

о ледниках получены по крупномасштабным картам, изображения ледников на которых уточнялись по аэрофотосъемке 1966 года, поэтому сведения о ледниках относятся к этому году. Выделение площади льда закрытого мореной, производилось по данным аэрофотосъемки, по признакам движения льда, образующего морфологически одно целое с ледником. Ледники нижнего участка долины реки Бартанг, по которому данных аэрофотосъемки 1966 года нет, отдешифрированы при наземном посещении и аэровизуальной разведке, проведенной в сентябре 1971 года». Учитывая эту информацию, данные по ледникам из КЛС приведенные в Приложении 2, по району исследования, не следует использовать для сравнения с параметрами, полученными при дешифрировании космических снимков без соответствующей коррекции, так как они завышены. По этой причине в данном анализе параметры из КЛС не используются непосредственно для оценки изменения ледников.

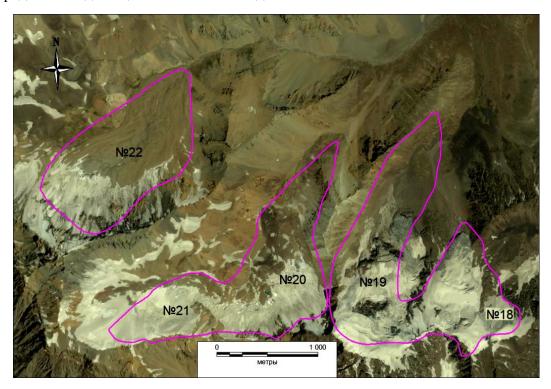


Рис. 2.15 Границы ледников №18-22 по топографической карте масштаба 1:100000 (Лист J42-72) с отражением состояния местности на 1969-84 гг. Фон - космический снимок спутника "Ikonos" от 24.07.2011 г.

Таким образом, анализ изменения ледников в бассейне реки Бартанг показал сокращение их площади в период с 1968 по 2016 год от 5%, до, максимум, 21% с вариацией в зависимости от конкретных условий функционирования ледников. Соответственно уменьшились и водные запасы, сосредоточенные в рассмотренных ледниках.

Литература

- 1. Атлас Киргизской ССР. ГУГК. М., 1987. с.86
- 2. Быков В.Д., Васильев А.В. Гидрометрия. Л.: Гидрометеоиздат, 4-е изд. 1977. 448 с.
- 3. Каталог ледников СССР, том 14, Средняя Азия, Выпуск 1, Сырдарья. Часть 6. Бассейн р. Ат-Баши. Л. 1974 г. стр. 3 47.
- 4. Каталог ледников СССР, том 14, Средняя Азия, Выпуск 3, Амударья. Часть 13. Бассейн Бартанг. Л. Гидрометеоиздат. Л.. 1978. 106 с.

Приложение 1

Технические характеристики автоматической метеостанции.

Анемометр:

OperatingTemperatureRange	-50° to +60°C (assuming non-riming conditions)
MountingPipeDescription	34 mm (1.34 in.) OD Standard 1.0-in. IPS schedule 40
MainHousingDiameter	5 cm (2.0 in.)
PropellerDiameter	18 cm (7.1 in.)
OverallHeight	40 cm (15.7 in.)
OverallLength	57 cm (22.4 in.)
Weight	1.0 kg (2.2 lb)
Скорость ветра	
Range	0 to 100 m/s (0 to 224 mph)
Accuracy	± 0.3 m/s (0.6 mph) or 1% of reading
StartingThreshold	1.0 m/s (2.2 mph)
DistanceConstant	2.7 m (8.9 ft) 63% recovery
Output	ac voltage (three pulses per revolution)
	90 Hz $(1800 \text{ rpm}) = 8.8 \text{ m/s} (19.7 \text{ mph})$
Resolution	(0.0980 m s ⁻¹)/(scan rate in seconds) or (0.2192 mph)/(scan rate seconds)
Направление ветра	
MechanicalRange	0 to 360°
ElectricalRange	355° (5° open) electrical
Accuracy	±3°
StartingThreshold	1.0 m/s (2.2 mph) at 10° displacement
DistanceConstant	1.3 m (4.3 ft) 50% recovery
DampedNaturalWavelength	7.4 m (24.3 ft)

UndampedNaturalWavelength	7.2 m (23.6 ft)
Output	Analog dc voltage from potentiometer (resistance 10 kohm) Linearityis 0.25%. Life expectancy is 50 million revolutions.
Voltage	Power switched excitation voltage supplied by datalogger
DampingRatio	0.25

Осадкомер:

SensorType	Tipping bucket with magnetic reed switch (normally open)
Accuracy	2% up to 25 mm h ⁻¹ (1 in. h ⁻¹) 3% up to 50 mm h ⁻¹ (2 in. h ⁻¹)
Resolution	0.1 mm (0.004 in.)
TemperatureRange	-20° to +50°C (heated)
HumidityRange	0 to 100%
Power	18 W @ 24 Vac (for heater only)
HeaterThermostatSetPoint	10°C ±3°C
ContactRating	24 Vac/dc (400 mAmaximum)
Mounting	Standard 1 in. pipe size, 34 mm (1.34 in.) diameter
CatchmentArea	200 cm ² (31 in. ²)
OrificeDiameter	16 cm (6.3 in.)
Diameter	18.5 cm (7.3 in.)
Height	30 cm (11.8 in.)
PowerPlugWeight	0.43 kg (0.95 lb)
Weight	1.16 kg (2.55 lb)

Датчик температуры воздуха:

ElectromagneticCompatibility Complies with EMC standard EN61326-1

	Electromagnetic
Filter	Sintered PTFE
HousingMaterial	PC
HousingClassification	IP66
VoltageOutput	0 to 1 Vdc
AverageCurrentConsumption	≤ 3 mA (analogoutputmode)
OperatingVoltage	7 to 28 Vdc
SettlingTime	2 s (atpowerup)
TipDiameter	1.2 cm (0.5 in.)
Length	27.9 cm (11 in.)
HeadHeight	4 cm (1.6 in.)
BodyHeight	2.4 cm (0.9 in.)
BodyWidth	2.0 cm (0.8 in.)
Датчик относительно	й влажности воздуха:

Sensor	HUMICAP 180R
MeasurementRange	0.8 to 100% RH (non-condensing)
ResponseTime	The response time for the RH specification is for the HUMICAP 180R at 20°C in still air with sintered PTFE filter and a 0 to 75% RH step change.
	20 s (63% stepchange)
	60 s (90% stepchange)
FactoryCalibrationUncertainty	The factory calibration uncertainty is defined as ±2 standard deviation limits. Uncertainty is at +20°C. Small variations are possible; see also the calibration certificate. ±0.6% RH 0 to 40% RH
	±1.0% RH 40 to 97% RH

Приложение 2. Параметры ледников по Каталогу ледников СССР, Том 14, Выпуск 3, часть 13

№. ледника	Морфоло-	Общая	Длина	Длина	Площадь	Площадь	Высота	Площадь	Площадь	Объем
по КЛС	гический	экспозиция	ледника.	открытой	общая.	открытой	фирновой	абляции.	абляции	ледника.
	тип		KM	части.	κm^2	части.	линии.	км ²	открытой	км ³
				КМ		KM ²	M		части.	
									KM ²	
18	каровый	CB	0.8	0.8	0.5	0.5	4620	0.2	0.2	0.0095
19	долинный	C.CB	2.4	2.4	1.2	1.2	4270	0.6	0.6	0.0355
20	карово-	C.CB	2.0	2.0	1.0	1.0	4200	0.5	0.5	0.0270
	долинный									
21	каровый	СВ	0.8	0.8	0.4	0.4	4500	0.2	0.2	0.0068
22	карово-	СВ	1.9	1.9	1.2	1.2	4330	0.7	0.7	0.1048
	долинный									

№. ледника	Морфо-	Общая	Длина	Длина	Площадь	Площадь	Высота	Площадь	Площадь	Объем
по КЛС	логический	экспозиция	ледника.	открытой	общая.	открытой	фирновой	абляции.	абляции	ледника.
	тип		KM	части.	км ²	части.	линии.	км ²	открытой	KM ³
				КМ		км ²	M		части.	
									KM ²	
780	долинный	CB.B	3.0	3.0	1.7	1.7	4620	0.9	0.2	0.0598
783	долинный	C.C3	4.0	3.2	2.1	1.9	4600	0.9	0.7	0.0822