

# ОТЧЁТ

Руководитель темы,

Магистр 2 курс, НууЗ

Исполнители темы

Ст. науч. сотр.  
канд. геогр. Наук, ИГГАНРУЗ

Т.Ю.Сабитов

М.А.Петров

Бакалавр 4 курс, НууЗ

А.Ф.Толипов

Ташкент- 2015

~ 0 ~

## Содержание

Введение	2
1. Физико-географическое описание района исследования	4
1.1 Современное оледенение	4
1.2 Климатическая обстановка	5
1.3 Гидрографические и гидрохимические особенности района исследований	8
2. Методика исследований и результаты	9
2.1 Шаги	9
2.2 Статистический анализ	12
2.3 Определение объемов для региона	14
2.4 Полевые наблюдения	16
2.5 Расчёт водного баланса для моренного озера у ледника Баркрак Средний	19
3. Список использованной литературы	26

## Введение

С потеплением климата усиливающееся таяние ледников, нехватка водных ресурсов в засушливых районах создают дополнительные риски для устойчивого развития и региональной продовольственной безопасности. Тем временем зона высокогорья активно осваивается под сельскохозяйственные нужды и вопрос о необходимости адаптироваться под нынешние состояние климата является одной из основных задач для региона. Кроме этого, зона высокогорья и нивальная зоны становятся зоной активизации ОГП (опасные геологические процессы), которые могут затронуть зону среднегорья, активно осваеваемую под рекреацию и сельскохозяйственные цели. Тренд селеопасных водотоков в значительной степени обусловлен ростом численности населения и освоением ранее не обжитых зон селеопасных рек». В работе [1] отмечается: «Наиболее катастрофические сели на реках Узбекистана формируются за счет исключительных (необычных) причин, как-то прорыв плотин высокогорных озер, сход в русла рек оползней и снежных лавин, выпадения интенсивных жидких осадков на снежный покров и т.п.». Таким образом, гляциальные сели могут служить спусковым механизмом, затрагивающим обжитые территории.

**Целями выполненного** проекта являлись:

- 1) Оценка доступных водных ресурсов скопившихся в горных озёра, наблюдения за динамикой объемов и площадей в Ташкентской области; 2) мониторинг моренного озера у ледника Баркрак-Средний (Пскемский хребет)
- 3) Создание каталога горных озёр образовавшихся в труднодоступных регионах страны по данным дистанционного наблюдения.

**Основными задачами** проекта являлись:

- 1) определить приблизительный объем водных ресурсов в Ташкентской области, пригодной для сельскохозяйственного и рекреационного использования в современных климатических условиях,

2) обследовать моренные и завальные озера этих районов с целью оценки потенциальной опасности формирования гляциальных селей в зоне исследования.

Для достижения поставленной цели ставились и выполнялись следующие задачи:

- 1) Определить места формирования озёр (Рис 1.) в верховьях Ташкентской области с учетом современных климатических условий (без учета почвенного покрова);
- 2) Обследовать ледники и расчитать объем воды в озере Баркрак-Средний исходя из полевых наблюдений;
- 3) Рассмотреть опасность прорыва данного озера, а так же ситуацию для региона в целом;

**Изученность вопроса.** Последний раз каталогизация высокогорных озер Узбекистана производилась в 1999-2000 гг. в САНИГМИ [2]. За прошедшее время образовались новые и исчезли старые озера. Кроме этого производилось исследования вопроса возможности прорыва озер. Результаты прорыва удерживающих их естественных дамб часто сопровождаются возникновением катастрофических селевых потоков. Например, в густонаселённых районах высокогорьях Перу количество жертв таких потоков составляет тысячи человек [3]; гляциальный сель в Шахимарданском анклаве Узбекистана в 1998 г. унес более 100 человеческих жизней.

В современный период можно выделить высокогорные озера и предварительно оценить их опасность по данным дистанционного зондирования Земли. Оценка опасности таким методом активно используется в Гималаях. Создаются модели прорывов озер для Перуанских Анд и Гималаев [4].

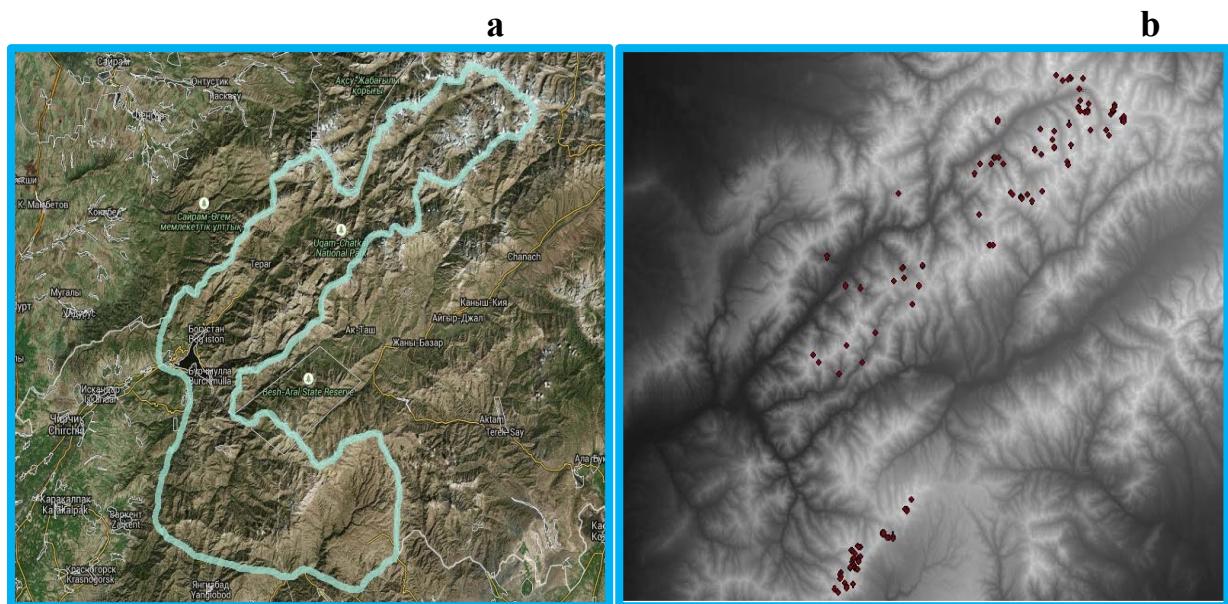


Рисунок 1

Карты области исследований, а так же выделенных озёр на территории.  
 а- Место проведения исследований; б- местоположение обнаруженных озёр для Ташкентской области

## 1. Физико-географическое описание районов исследования

### 1.1 Современное оледенение

Всего в басс. р. Пскем на 1957г. выделено 250 ледников, среди которых 214 имеют размеры больше 0,1 км<sup>2</sup> [5]. Наиболее крупные узлы оледенения располагаются в верховьях рек, составляющих р.Пскем. Так, в басс. р.Шавурсая (Ойгаинг) (62,4 км<sup>2</sup>, или 48,8 % общей площади оледенения) сосредоточены на северо-западном склоне Пскемского хребта. Такое распределение оледенения по хребтам объясняется их высотой. Пскемский хребет на значительном протяжении превышает высоту 3500м, а вершины хребта нередко поднимаются выше 4000м. На левобережных и правобережных притоках р.Пскем (ниже слияния рек Ойгаинг и Майдантал) основное оледенение сосредоточено в высотной зоне 3200-3600 м (соответственно 86,8 и 82,4 % площади их оледенения), а в бассейнах рек Майдантал и Ойгаинг- в высотной зоне 3400-4000 м, соответственно, 80,4 и 89,2% общей площади оледенения этих бассейнов. Несколько меньшее по

площади оледенение в басс. р.Ойгаинг обусловлено высотами хребтов - Угамский хребет ниже Майдантальского и Пскемского. Основное количество ледников имеет С,С3, СВ и В экспозиции.

В целом в басс. р.Пскем 82,4% площади оледенения сосредоточено в высотной зоне 3400-4000 м, а максимальная площадь оледенения приходится на зону 3600-3800 м (36,4%). В зоне выше 4000м сосредоточено всего лишь 2,2% площади оледенения, что объясняется незначительной высотой хребтов, обрамляющих бассейн.

Таблица 1 - Изменение количества ледников и площади оледенения в верховьях басс. р.Пскем

Год, источник данных	1960 [5]	1980[6]	2010 [7]
Количество ледников	46	174	167
Площадь оледенения, км <sup>2</sup>	80,8	68,5	58,8

Площадь оледенения в верховьях басс. р.Пскем за период с 1957г. по 2010г. существенно сократилась (таблица 1). При этом преобладающее количество ледников (более 90%) имеет площадь менее 1 км<sup>2</sup> [7]. Суммарная площадь ледников басс. р.Ойгаинг (основной объект исследования) за период 1957-2007 г.г. сократилась на 29% от общей площади оледенения 1957 года [8].

1.2 *Климатическая обстановка* является основным определяющим фактором водности региона. Колебания температуры воздуха влияют на общую обстановку как в региональном так и в глобальном масштабе. Факт потепления, наблюдаемый со второй половины 20 века, отражается в первую очередь на сокращении площади оледенения по всему Земному шару. Данные изменения не обходят стороной территорию Республики Узбекистан [9], где ледниковый сток является одним из основных составляющих от общего стока горных рек, обеспечивающих водными ресурсами население региона, а так же используемых в целях ирригации и мелиорации. В результате сокращения оледенения на освободившихся площадях некоторых ледников возникают

валы конечных морен. Между этими валами в летнее время при интенсивном таянии сезонного снега и льда скапливается талая вода, образуя озера, число и размеры которых меняются от года к году. Спуск озер в результате прорыва удерживающих их естественных дамб часто сопровождается возникновением катастрофических селевых потоков.

Таблица 2- Характеристики МС Ойгаинг и Минчукур

Бассейн	МС	H,км	φ	λ
Пскем	Ойгаинг	2,15	40°42'58''	70°52'58''

Таблица 3 - Средние многолетние величины температур воздуха (T) и сумм осадков ( $\Sigma X$ )

МС	T (°C)			$\Sigma X$ (мм)		
	T <sub>ср</sub>	T <sub>min</sub>	T <sub>max</sub>	$\Sigma X_{ср}$	$\Sigma X_{min}$	$\Sigma X_{max}$
Ойгаинг	2,7	0,9	4,7	726,6	442,4	1113,7

Изменения среднегодовой температуры воздуха, осредненной по десятилетиям (T10), на равнинных станциях происходили неравномерно, с увеличением тренда в период 1998-2000 гг. (Рис 2). На среднегорных станциях немонотонность изменений T10 выявлена более резко, что позволило разбить рассматриваемый период на два подпериода, отличающихся интенсивностью роста T10 в равнинной части (таблица 4).

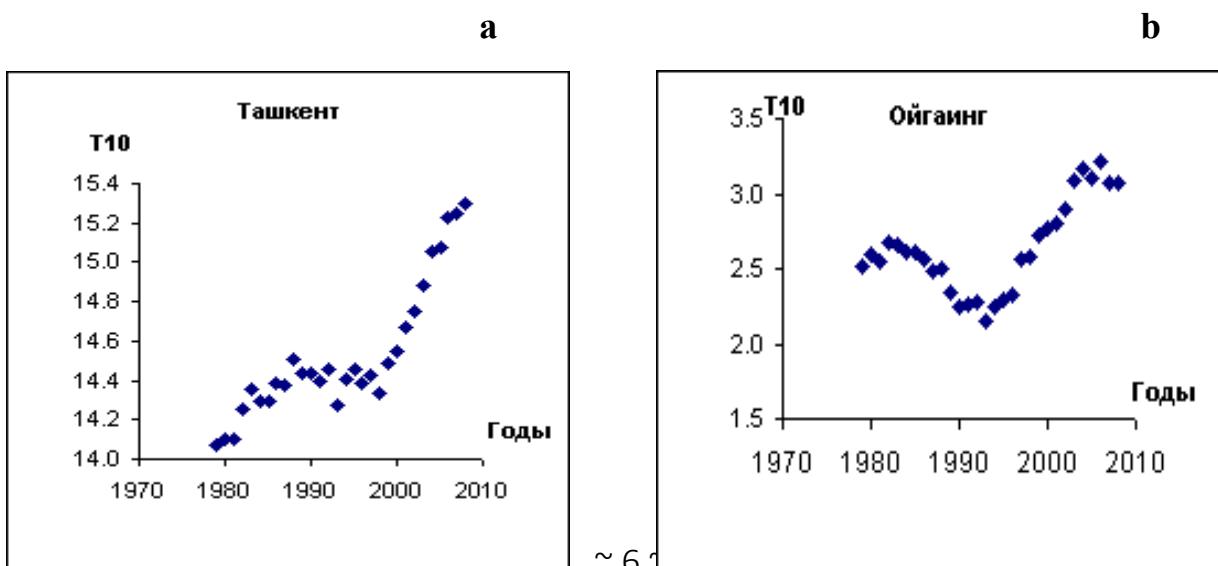


Рисунок 2

Изменения величины  $T_{10}$  на равнинных (а) и среднегорных (б) станциях.

Таблица 4 - Темп роста температуры воздуха ( $^{\circ}\text{C}/\text{год}$ )

Период	Ташкент
1979-1999	0,014
2000 -2010	0,098

Для выявления годового хода изменения температуры воздуха между периодами были построены графики изменения величины  $dT = T_2 - T_1$ , где  $T_1$  – средняя температура воздуха за каждый месяц в период 1970-1999 гг.,  $T_2$  – соответствующая величина за период 2000-2008 годы. Изменения величины  $dT$  представлены на (Рис 3).

р. Пскем

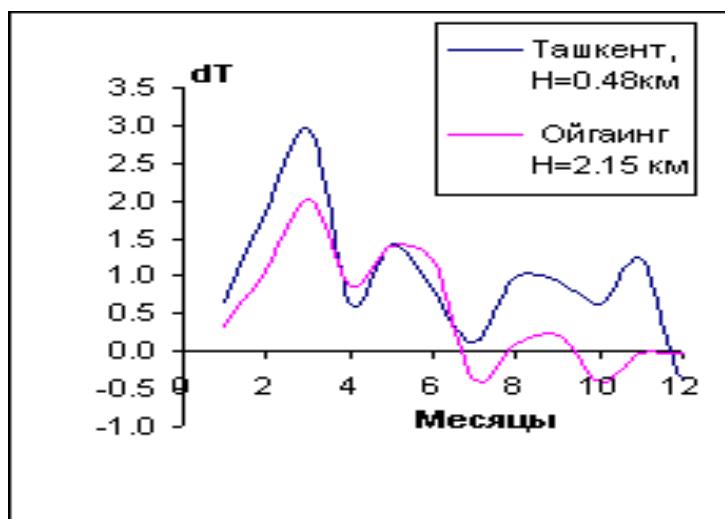


Рисунок 3

Изменения величины  $dT(^{\circ}\text{C})$  на МС Ташкент и МС Ойганинг

Основное повышение температуры воздуха (до  $3^{\circ}\text{C}$ ) приходится на весенние месяцы, особенно на март, причем происходит это как на низкогорных, так и на среднегорных станциях. На юго-западе Республики весеннее повышение температуры в среднегорье выражено более резко, чем на северо-востоке. В летние и осенние месяцы на равнине температура воздуха растет быстрее, чем в среднегорье.

### 1.3 Гидрографические и гидрохимические особенности районов исследования.

Река Пскем- правая составляющая р.Чирчик, образуется слиянием рек Майдантал и Ойганинг. Площадь водосбора составляет 2830 км<sup>2</sup>, средняя взвешенная высота водосбора -2960 м. [10]. Бассейн расположен между Талассским Алатау (4131 м.н.у.м.) и его юго-западными отрогами- хребтами Угам (3759 м.н.у.м.) и Майдантал (4253 м.н.у.м.) и Пскемской системы (4367м.н.у.м.) Западного Тянь-Шаня. Площадь водосбора р.Ойганинг, в верховьях которого располагаются исследуемые объекты –реперы, составляет 1010 км<sup>2</sup>, средняя взвешенная высота водосбора -3010 м. В таблице 5 помещены данные о расходах воды за период 1970-1998 годы и типе питания рек этого бассейна.

Таблица 5- Средний годовой расход воды рек –составляющих реки Пскем [11]

Река	Пункт наблюдения	Тип питания	Q, м <sup>3</sup> /сек
Ойганинг	ГМС Карангитугай	Лед-снег	28,6
Майдантал	-«-	Лед-снег	19,0
Пскем	ГП Мулала	Снег -лед	75,7

## 2. Методика исследований и результаты

### 2.1 Шаги

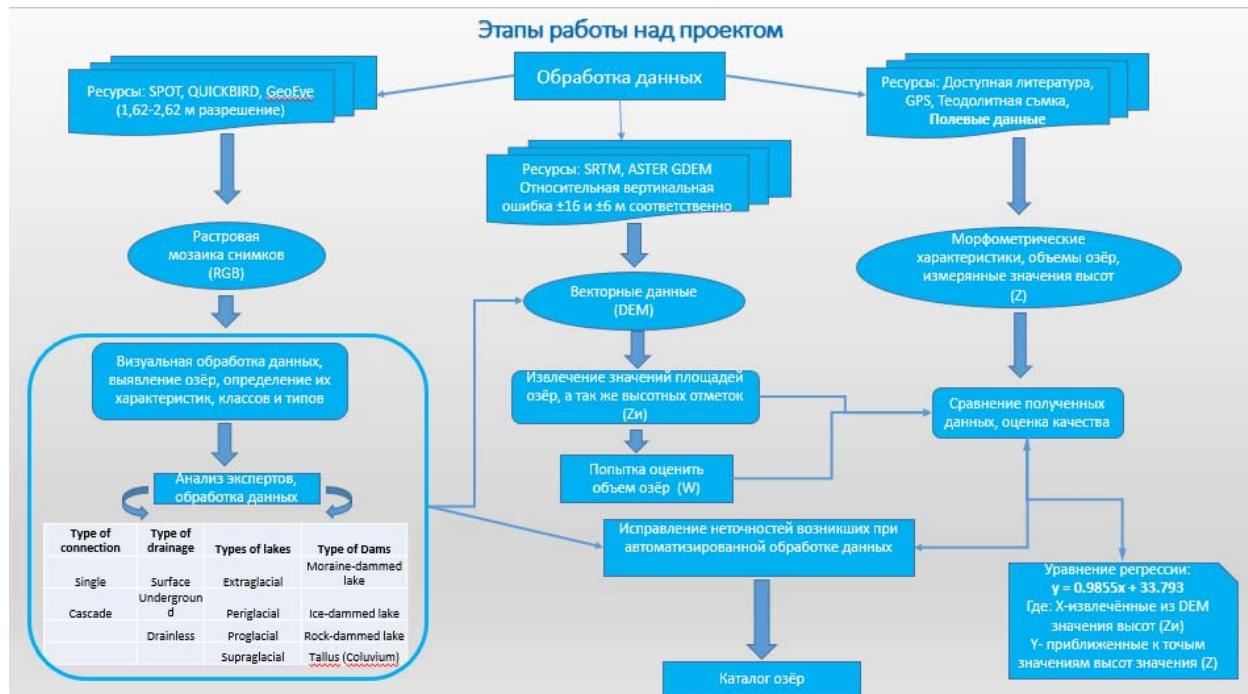


Рисунок 4

Схема основных этапов создания каталога озёр при работе с проектом.

1. Определение озёр по снимкам из базы данных ДЗЗ Bing, Google, Esri, Nokia.
2. Подготовка к оцифровке;
3. Кадрирование частей карты;
4. Сшивка частей в один цельный растр;
5. Оптимизация изображения;
6. Географическая привязка раstra к координатам;
7. Структурирование карты.
8. Этап 3: Оцифровка.
9. Оцифровка раstra линейных объектов;
10. Оцифровка точечных и текстовых объектов;
11. Создание полигональных слоев на основе линейных.

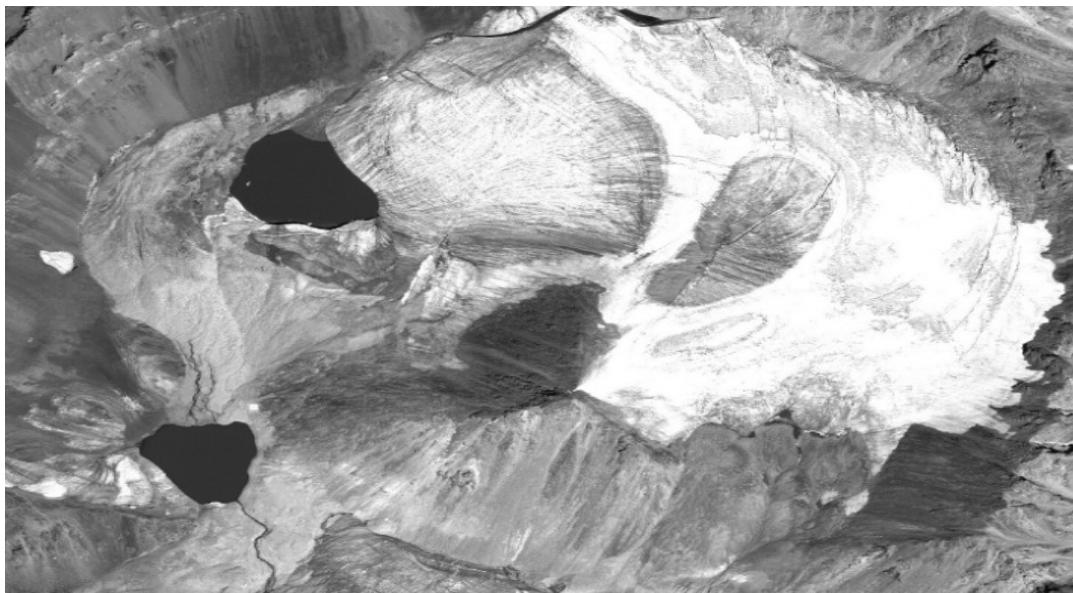


Рисунок 5

Пример спутникового снимка (GeoEye) база данных Bing, р.Пскем, оз ул.Озёрный Верхний и Нижний

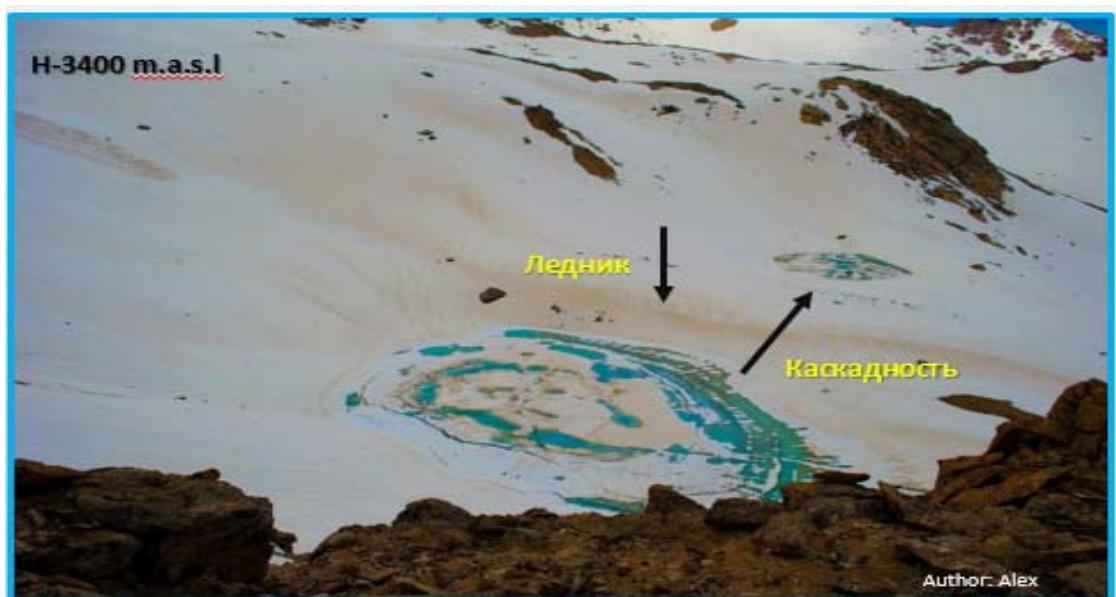
В горах Средней Азии встречаются следующие типы озер:

- озера, образовавшиеся в результате перегораживания русла реки оползнями или обвалами со склонов. Представителем этого типа является Сарезское озеро;
- подпруженные ледниками озера. Наиболее известный представитель - оз.Мерцбахера, плотиной которого служит ледник Южный Иныльчек;
- моренные озера - те, которые образовались на месте отступивших ледников. Их размеры, как правило, невелики, но распространены они очень широко. Большинство из них образовалось в последние десятилетия в связи с быстрым отступанием ледников. В то же время именно они представляют наибольшую опасность, так как подпружающие их морены обычно имеют довольно рыхлое строение, а часто содержат ледяное ядро [12]. По данным [13] 32 таких озера расположены в бассейне р. Пскем, а в бассейне левой ее составляющей, расположенной на территории Узбекистана – р. Ойгаинг – 27. Надо отметить, что озера третьего типа изучены гораздо хуже, так как и их количество, и размеры меняются от года к году довольно сильно.

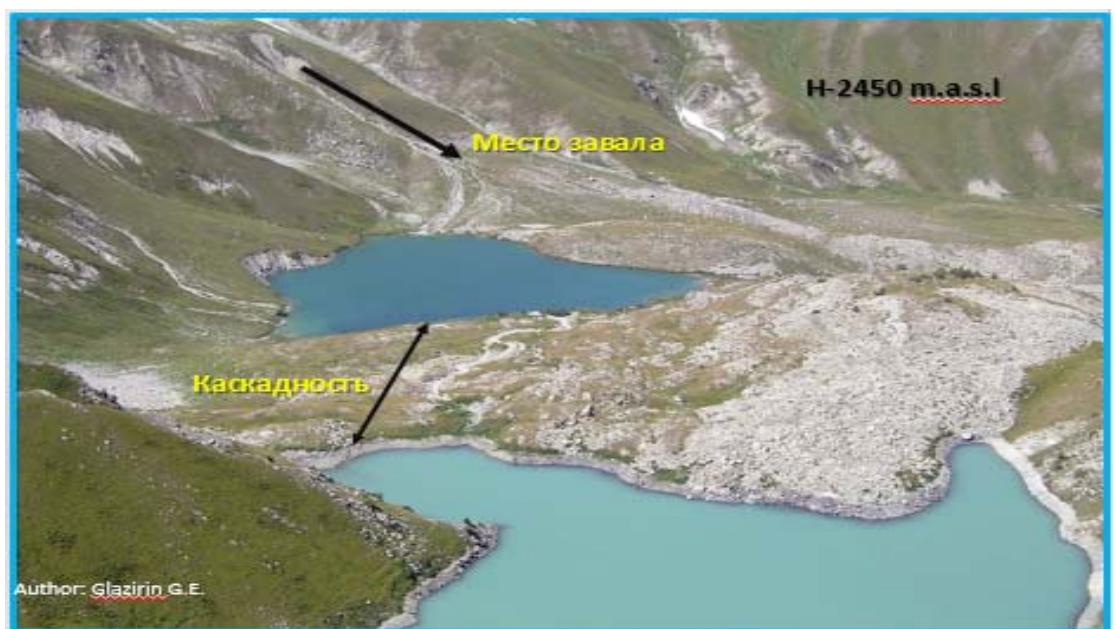
1. При помощи экспертной оценки мы определили типы озёр по отношению:

- к леднику (прогляциальное-приледниковое, перегляциальное-расстояние до 2 км, экстрагляциальное- на большом расстоянии от ледника, супрагляциальное- расположенное на теле ледника)
- относительно друг друга (каскадное, одинокое)
- типу плотины (моренная, ледяная, завальная или каменная-кореные породы)
- типу стока (закрытый или открытый)

а



б



с

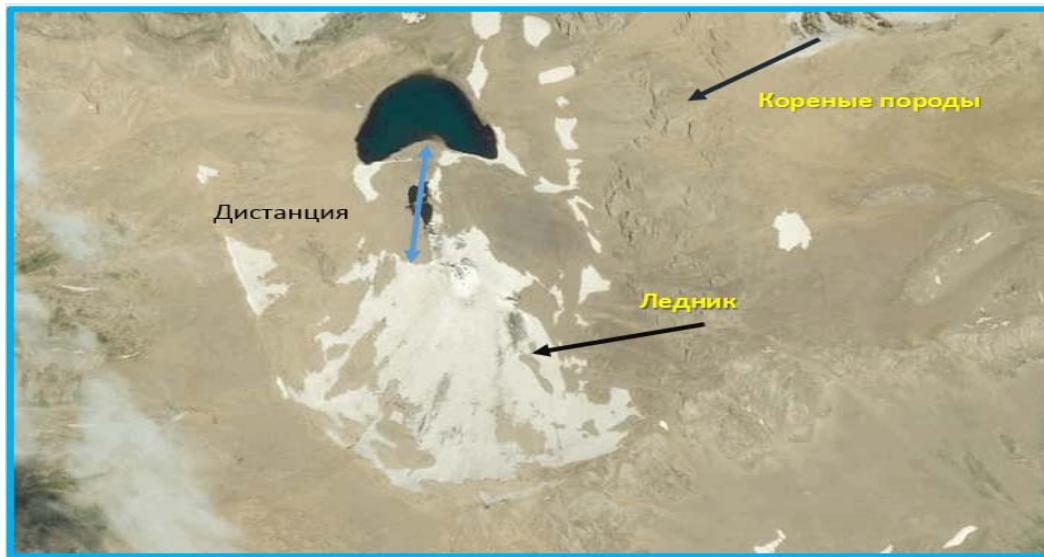


Рисунок 6

- а) ледниковое озеро расположенное в Ангренском регионе, Ташкентская область, в верховьях Арашана [Супрагляциальное, каскадное, поверхностный сток, ледниковая дамба]; б) Завальные озёра в верховьях Пскема-Ташкент (Ихнач большой, малый) [Экстрагляциальное, каскадное, подземный сток, моренная дамба]; в) Бессточное озеро в верховьях р. Коксув-Ташкент [Перегляциальное, одиночное, бессточное, подпружено коренными породами] ;

## 2.2 Статистический анализ

По (рисунку-7) видно распределение общего числа озёр по Ташкентской области, на Пскемский бассейн приходится самое большое число озёр 79 озёр на долю которых приходится 61 % от общей площади водных ресурсов Ташкента, в то время как на бассейн реки Чаткал (30;23%), Коксув (5; 4%), Ангрен (17;13%).

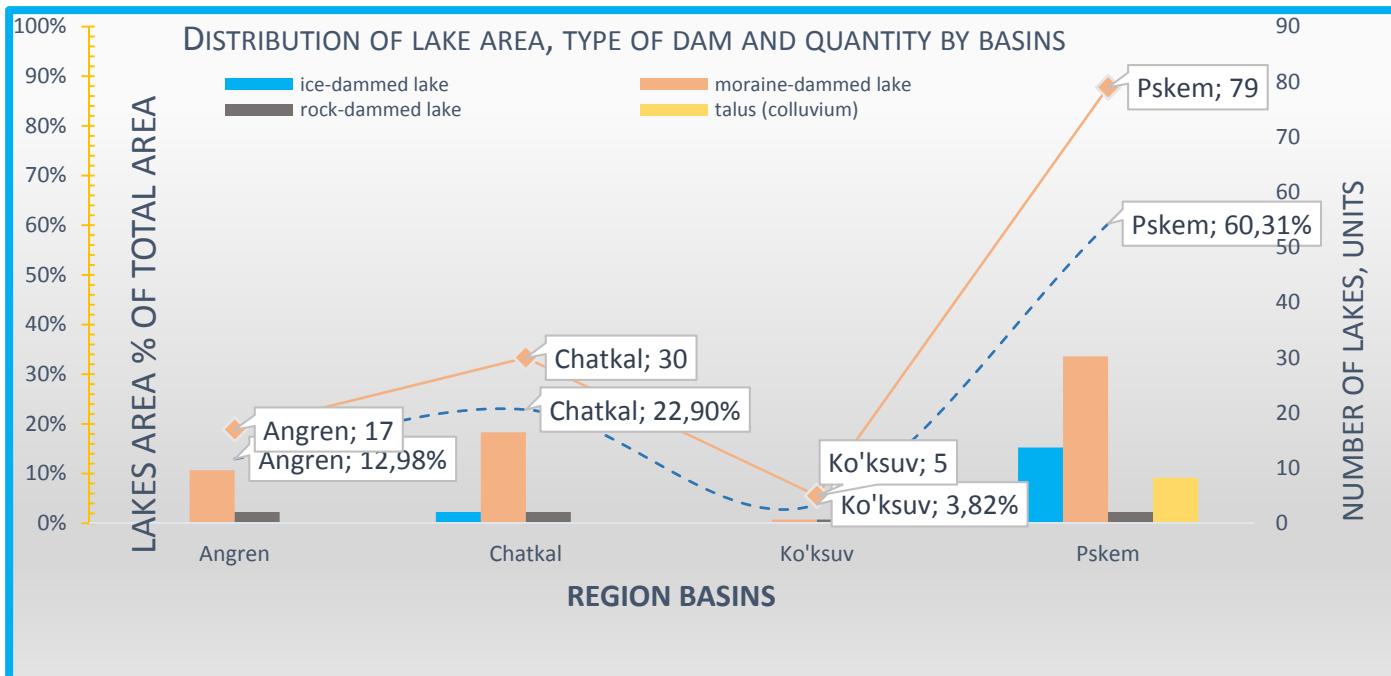
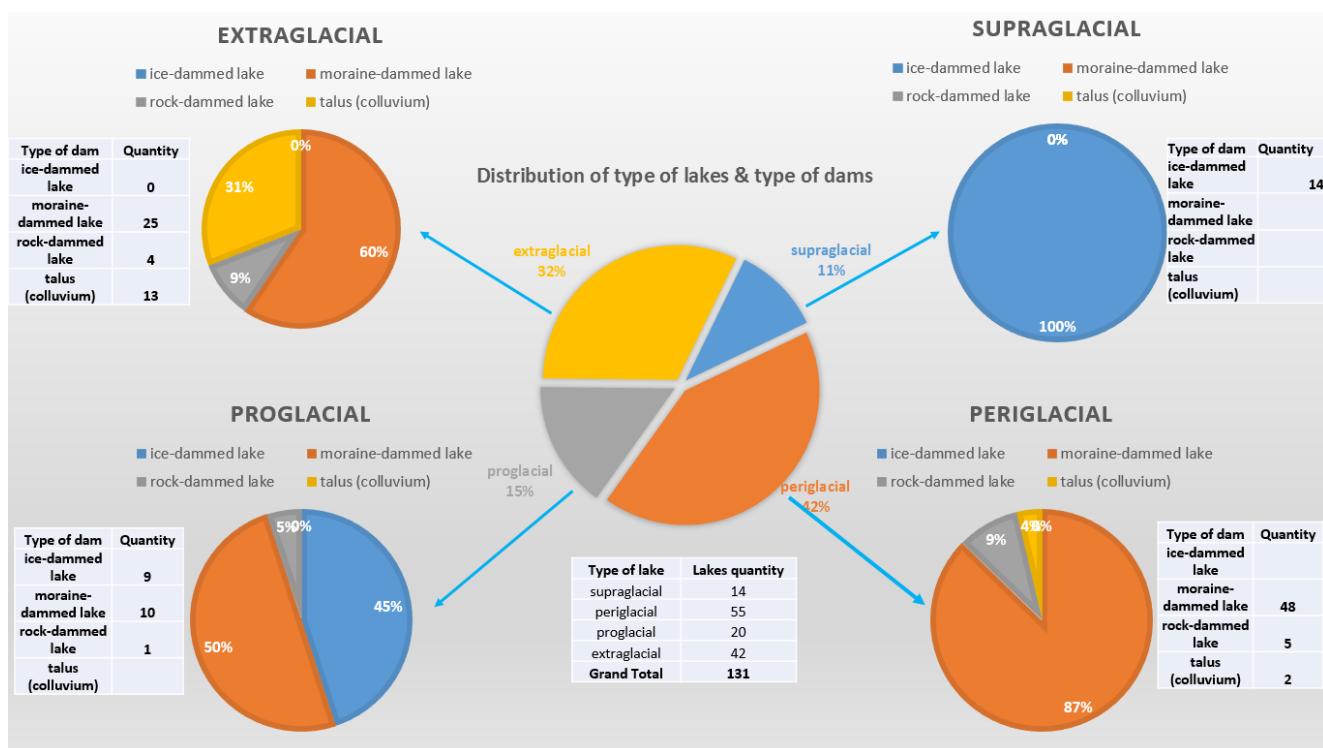


Рисунок 7

Распределение площадей озёр, типов дамб, и общего количества озёр по бассейнам.

Кроме распределения площадей озёр, на графике отмечено распределение типов дамб по всему региону, заметно-что преобладающим количеством являются озёра с моренным типом дамб, что является следствием отступания оледенения в зоне высокогорья.

Рисунок 8



Распределение типов типов озёр и долю типов дамб для каждого из типов озёр

По рисунку 8 видно, что общее количество озёр (131) для региона разделено по типам на 4 части, из которых перегляциальные и супрагляциальные озёра в сумме составляют основную долю всех озёр (74%) в то время как прогляциальные озёра 15%, а оставшаяся часть приходится на озёра ледникового типа (11%).

Для озёр ледникового типа характерно, что они подпружены ледниковыми моренами, но бывают и такие случаи, когда озеро находится на теле ледника однако подпружено корренными породами или мореной. В данном случае таких типов дамб для ледниковых озёр не наблюдалось. Так же ледниковые дамбы распространены для озёр в приледниковой зоне (прогляциальные), где доля ледниковых плотин равна 45 %.

Завальные дамбы приходятся в основном на озера экстрагляциального типа 31%, а оставшаяся часть это моренные отложения, следы исчезнувшего оледенения.

Для перегляциальных озёр, доля озёр с моренным типом дамб равна 87%, для прогляциальных данный показатель равен 50%, а для экстрагляциальных 60%.

В заключения, мы видим следы оледенения в начиня от 1500 м. т.к большое количество экстрагляциальных озёр находятся вне зоны современного оледенения, но подпружены моренными дамбами.

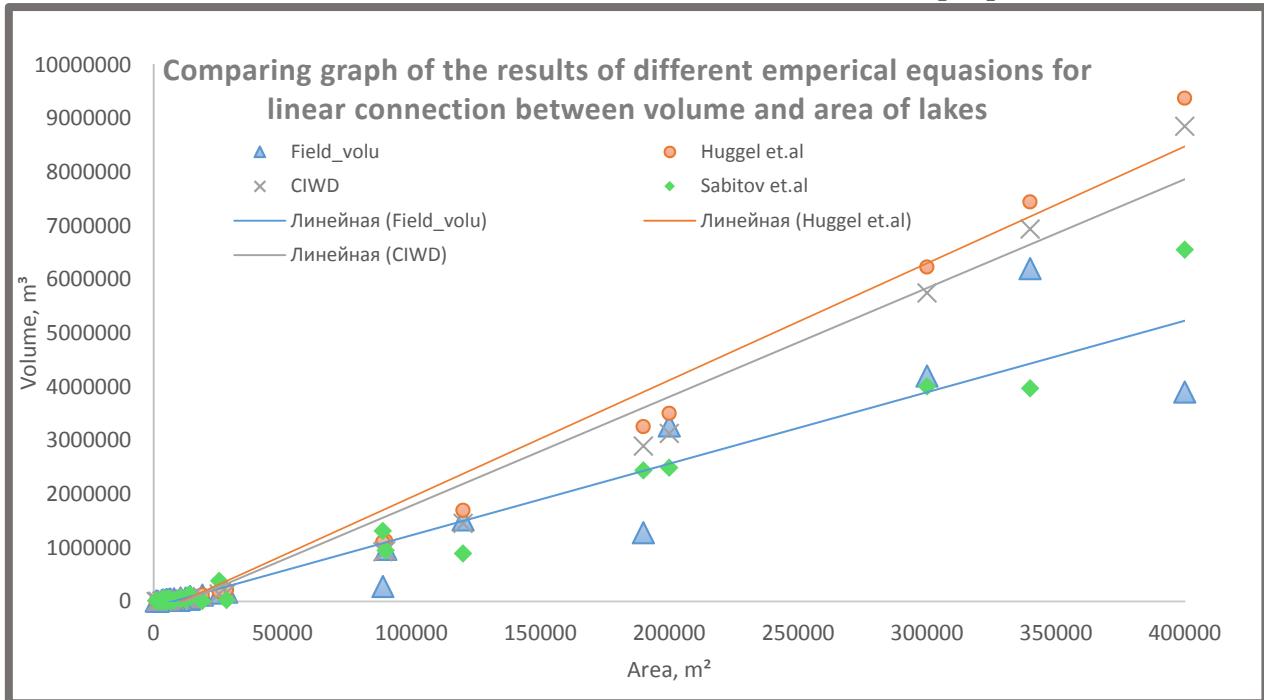
### *2.3 Определение объемов для региона.*

Для оценки водозапасов региона было предложено использовать уравнение зависимости объемов от площадей озёр по аналогам со всего мира.

Таким образом мы собрали данные по 31 озёрам на которых велись наблюдения за объемами и площадями в разные времена года, а так же сами проделали батиметрические измерения.

Было принято сравнить полученные результаты с результатами полученными при помощи уравнений [14;15].

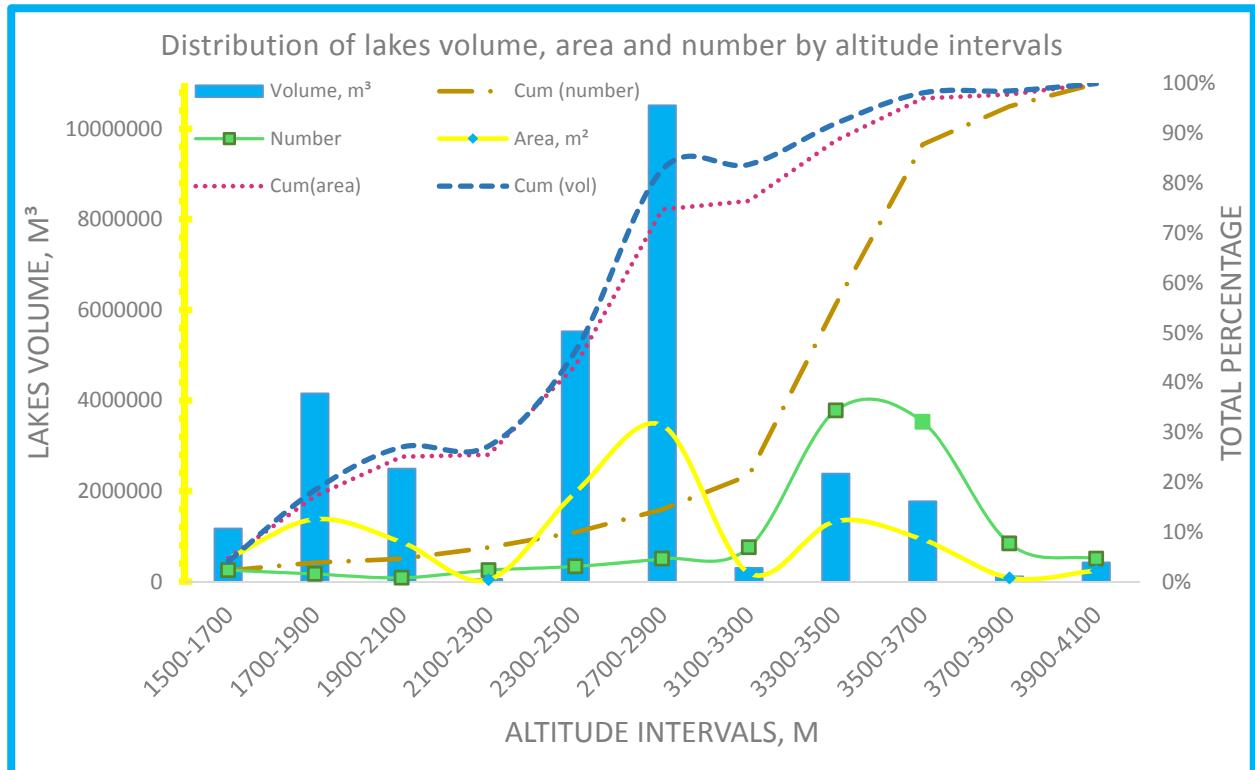
Huggel et.al. [14]-  $V=0.104A^{1.42}$



И полученное нами: Sabitov. et.al.  $V=0.694A^{1.2209}$

Рисунок 9

График сравнения различных уравнений для зависимости объема воды



в озере от площади

Рисунок 10

Распределение водных ресурсов по высотным интервалам для горной территории Ташкентской области, площадей, количества озёр.

На (рисунке 10) отражено общее распределение объемов по Ташкентской области в целом в высотных интервалах, отметим, что на высоты от 2300 до 2900 м приходиться основное количество объемов водных ресурсов, в то время как количество озёр не превышает 20% от общего числа, а начиная с 3100 оно увеличивается, но объемы в данных интервалах достаточно небольшие.

В заключение суммарное количество водных ресурсов в озёрах для горной территории Ташкентской области равно  $42 \text{ км}^3$

#### 2.4 Полевые наблюдения

Озеро, образовавшееся у языка л.Баркрак-Средний относится к моренному типу озер и является объектом наших полевых исследований .

Цель исследований – выявить динамику озера, рассчитать его возможный объем при максимальном заполнении и оценить опасность его прорыва.

Долина л.Баркрак-Средний расположена в субмеридиональном простирации с ЮВ на СЗ. Вся площадь ледника, покрытая активным льдом, к 2000 году в процессе деградации разделилась на 2 части. Восточная часть площадью  $0,44 \text{ км}^2$  с крутым концом языка заканчивается над озером (рисунок 11), расположенным на участке бывшего ложа.

а



б



Рисунок 11- Озеро, образовавшееся у языка ледника Баркрак-Средний

а- Снимок (Глазырин, Муракаев, Старыгин, 2004г.)

б- Снимок (Петров, Сабитов, Толипов, 2015г.)

В настоящее время стадиальная морена подпруживает образовавшееся озеро, образуя естественную дамбу. GPS-съемка показала незначительный перепад высот- отметок конца озера и естественной дамбы – она составила около 3 метров, в то время как превышения боковых морен над уровнем озера составляет 15-17 м. При условии резкого роста объема озера за счет усиления процессов абляции либо прорыва внутриледниковых каналов высота дамбы не является препятствием для выброса воды вниз по долине.

Наблюдения на озере были начаты в 2004 году сотрудниками УзГлавгидромета в целях выполнения Постановления Кабинета Министров РУз от 10.03.2004 года №117 «О мерах по предупреждению и ликвидации последствий, связанных с безопасным пропуском паводковых вод, селевых потоков, и оползневых явлений». Была произведена батиграфическая съемка озера, максимальная глубина составила 4,00 м. (рисунок 12).

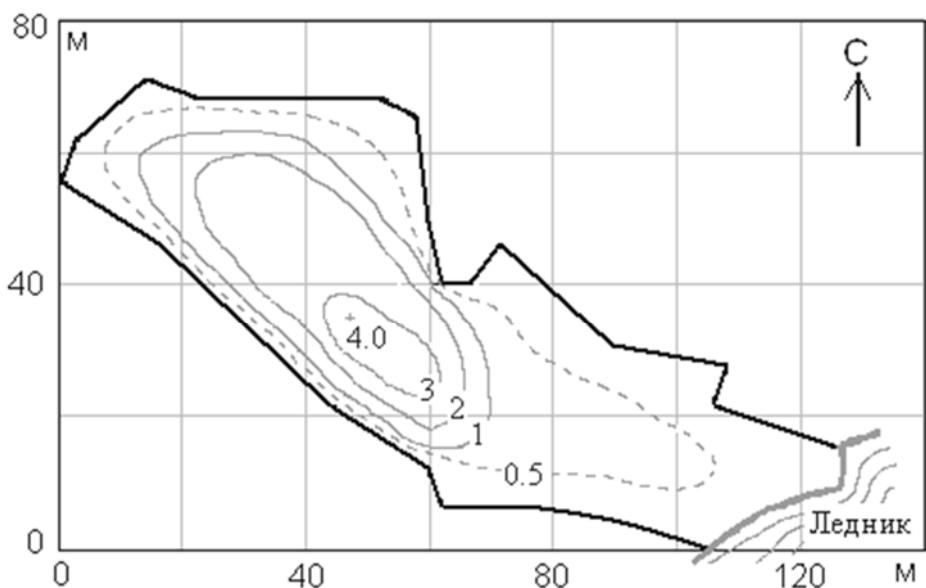


Рисунок 12 -Батиграфическая схема озера под ледником Баркрак-Средний

С 2011 года озеро становится объектом мониторинга лаборатории гляциальной геологии ИГГ АН РУз. Глубина озера, рассчитанная по батиграфической съемке 2004 года [16], позволила рассчитать глубины озера на 2011-2015 годы по соотношению подобия:  $S_1/S_2=(h_1/h_2)^2 S_2$ ,  $h_2$ - площадь и глубина озера 2004 года.

Ежегодные полевые наблюдения за морфометрическими параметрами озера показали, что озеро от года к году меняется в размерах, в холодные периоды в центре проявляется перемычка в виде мелководья. Суммарная площадь озера является функцией метеоусловий данного года. Динамика размеров озера приведена в таблице 13.

Таблица 6- Изменение размеров зеркала моренного озера у языка л. Баркрак - Средний

Год	$S, \text{ м}^2$	$V, \text{ м}^3$	h, м	Источник	
				данных	
2003	3500	3830		[16]	
2004	3580	3920	1,16	[16]	
2011	3610	4040	1,17	[Отчёт 2014]	
2012	2720	1680	1,00	- «-	
2013	4560	6010	1,31	-«-	
2014	4330	5500	1,27	[Отчёт 2014]	

При расчетах на 2013 и 2014 годы параметры озера считались для единого водоема (сумма двух озер+перемычка).

В 2012 году озеро занимало примерно 1/10 часть котловины, освободившейся ото льда, что объясняется замедленным таянием льда и снега летом 2012 года (на 25.07.2012 вокруг озера и на языке ледника наблюдались нерастаявшие снежники).

В 2013 году наблюдения проводились 25-26 августа. Погода по сравнению с началом месяца резко ухудшилась, среднесуточная температура по МС Ойгаинг резко упала с 20°C до 13,5°C. На высоте озера наблюдался

сильный шквальный ветер и осадки в виде крупы. Поверхность озера у конца ледника была покрыта льдом. В связи с похолоданием резко уменьшилась аблация ледниковой поверхности и сток с ледника. Озеро уменьшилось в размерах, но мокрый контур бывшего озера дал возможность восстановить его максимальные размеры 2013 года. Для расчетов единое зеркало озера аппроксимировалось как эллипс. Согласно приближенным расчетам, при максимальном объеме озера, обозначенным «мокрым» контуром 2013г., уровень озера превышал уровень 2004 года на 49 см. Интересно отметить, что по тем же расчетам площадь зеркала «мокрого» контура отличается от поверхности озера (7270 и 7900) при полном заполнении на 8 %. Высота плотины в передней части озера составляет 3 метра. Объем озера по мокрому контуру меньше полного объема котловины до плотины на 14%. При расчете заполнения озера не учитывался коэффициент фильтрации через плотину. Приближенные расчеты показали реальную возможность заполнения котловины ледниковой водой в аномально-жаркий летний период. Оценка площади озера в Августе 2014 года показала, что в период, когда язык ледника погребен под толщей снега, площадь озера близка к площади в период таяния ледниковой поверхности при максимальных температурах воздуха. А на период обследований в Сентябре 2015 года, озеро разделилось на 2 части, и имело минимальные размеры. Таким образом, площадь озера является функцией температуры воздуха и климатический фактор в этом случае является ведущим.

## *2.5 Расчет водного баланса моренного озера у ледника Баркрак - Средний*

В предыдущим параграфе был рассчитан возможный объем озера при его наблюдаемом максимальном заполнении. Вопрос в том, насколько реально заполнение озера и реален перелив воды при благоприятных для этого условиях?

В горно-ледниковых районах формирование моренных озер, как правило, связано с климатически обусловленной деградацией оледенения. Такие озера, возникшие у концов ледников, со временем морфологически изменяются, проходя, в основном, два этапа [17]. На первом этапе площадь озера возрастает за счет отступания ледника по фронту, причем его глубина меняется незначительно; второй этап наступает с момента появления перед языком ледника отложенной морены, отделяющей озеро от верхнего ледяного борта. При этом вода в озере в летнее время прогревается, таяние ложа усиливается, тем самым увеличивается его глубина.

В настоящее рассматриваемое озеро проходит первый этап развития, его верхней границей является восточная (правая) часть языка. Открытый сток из озера отсутствует. Изменения ложа можно считать незначительными.

По реальному и «мокрому» контурам были восстановлены размеры озера, что дает возможность оценить величину фильтрации по уравнению водного баланса. При отсутствии открытого стока из озера уравнение водного баланса может быть представлено следующим образом:

$$dW = Q + X - E(S1) - F(S2) \quad (1)$$

где  $dW$  – изменение объема озера от границ, отмеченных «мокрым контуром», соответствующих максимальным температурам воздуха 1-2 августа, до границ озера на 26 августа;

$X$  – сумма осадков, выпавших на поверхность озера за рассматриваемый период;

$Q$  - приток талой воды в озеро с области абляции ледника;

$E(S1)$  – испарение с зеркала озера;

$S1$  – площадь зеркала озера;

$F(S2)$  – фильтрация воды через дно и борта подводной части озера;

$S2$  – площадь дна и бортов подводной части озера.

В период 2-26 августа осадков в районе ледника Баркрак -Средний не наблюдалось, следовательно фильтрацию  $F(S2)$  можно рассчитать как остаточный член уравнения (1).

$$F(S2) = dW - Q - E(S1) \quad (2)$$

Величины  $dW$ ,  $Q$  и  $E(S1)$  определяются по результатам экспедиционных наблюдений. В расчетах площадь поверхности озера  $S1$  интерпретировалось как эллипс, полуоси которого представляют собой половину длины озера ( $a$ ) и половину его ширины ( $b$ ). Величины « $a$ » и « $b$ » непосредственно измерены в процессе наблюдений. Площадь дна и бортов озера, покрытых водой, рассчитывалась как половина поверхности этого эллипсоида, третья полуось которого представляет собой среднюю глубину  $h$ . Средняя глубина  $h$  для 2012-2013 г.г. рассчитывались по принципу подобия по соотношению  $h_i/h_{2004} = (S1_i/S1_{2004})^{0,5}$ . Общая глубина котловины  $h$  получена по данным 2012 г., когда превышение передней стенки плотины над уровнем воды составило 2004 года составляла 3 м. При расчете объема озера использовалась формула из [18], так как рассчитанная величина объема воды в озере на 2004 год по этой формуле оказалась наиболее близкой с объемом воды, вычисленному по данным батиметрических измерений, произведенных в этом же году [16] (таблица 7).

Таблица 7- Параметры озера и вмещающей котловины

Год/границы	« $a$ », м	« $b$ », м	$h$ , м	$W$ , м <sup>3</sup>	$S1$ , м <sup>2</sup>	$S2$ , м <sup>2</sup>
2004/ зеркало	61,4	18,5	1,16	3980	3570	3630
2012/зеркало	53,2	16	1,00	2420	2670	2720
26.08.2013/ зеркало	84	26,0	1,31	6010	4560	6970
02.08.2013/ «мокрый» контур	88	26,4	1,65	13380	7290	7430
Котловина*	94	28,9	4,00	15340	8440	8780

- полное заполнение котловины

Для расчета объема талых вод, поступающих с правой лопасти ледника, непосредственно примыкающей к верхней части озера, использовались

данные о размерах и средней высоте области абляции. Приток талых вод рассчитывался по температуре воздуха на средней высоте для рассматриваемой площади  $T_b(H_{cr})$ :

$$T_b(H_{cr}) = T_b(H_{MC}) - \gamma^*(H_{cr} - H_{MC}),$$

При этом  $H_{cr} = (H_{яз} + H_{ф})/2$ , где  $H_{ф}$  – высота фирновой линии ледника, рассчитанная по формуле Гефера [19]. Величины  $T_b(H_{cr})$  были восстановлены по температуре МС Ойгаинг ( $T_b(H_{MC})$ ), градиент температуры воздуха  $\gamma = 6,5^{\circ}/\text{км}$ . Таяние на  $1^{\circ}$  положительной температуры воздуха по измерениям на леднике Баркрак-Средний [20] составляет 7,4 мм/сут.

Площадь абляции  $S_a$  по оценкам 2013 года составляет ориентировочно 49000 м<sup>2</sup>. Результаты расчета помещены в таблицу 8.

Таблица 8- Данные для расчета объема талых вод (август 2013года)

Высотные характеристики восточной части ледника		величины $T_b(H_{cr})$ и таяния , $Q$ , м/сутки		
Баркрак- Средний , м				
Н <sub>яз</sub>	3464	Период	$T_b(H_{cr}), ^{\circ}\text{C}$	$Q$
Н <sub>ф</sub>	3780	1.08-2.08	10,4	0,078
Н <sub>cr</sub>	3620	3.08-26.08	5,7	0,042
Н <sub>MC</sub>	2151			

Испарение с поверхности озера рассчитывалось по следующей методике:

1. По данным наблюдений Узгидромета на высокогорных озерах в бассейне р.Ойгаинг Яхнач и Шавыркуль [16] была построена объединенная корреляционная зависимость температуры поверхности воды  $T_{pw}$  от температуры воздуха  $T_b$ .

$$T_{pw} = 0,315*T_b + 3,49 \quad R = 0,83 \quad (3)$$

2. По данным МС Ойгаинг была восстановлена температура воздуха на высоте языка ледника, соответствующая температуре воздуха над

поверхностью озера  $T_b$  и по уравнению (3) рассчитана температура воды за соответствующие периоды.

3. Испарение с поверхности озера  $E$  рассчитано по [20]. При этом величины относительной влажности  $r$  и скорость ветра  $V$  на высоте 2 м над поверхностью приняты равными наблюдавшимся перед языком ледника ( $H=3464$  м). Расчет производился для максимальной  $T_b$  на 1-2 августа и для  $T_b$ , осредненной за период 3-26 августа (период изменения размеров озера от «мокрого» контура до зеркала, наблюдавшегося 26 августа). Результаты расчета представлены в таблице 9.

Таблица 9-. Величины испарения с поверхности озера

Период	$T_b, ^\circ C$	$T_{pv}, ^\circ C$	$r, \%$	$V, м/сек$	$E, мм/сутки$
1.08-2.8	11,5	7,1	31	2,6	2,4
3.08-26.08	6,8	5,6	40	2,6	2,0

Рассчитаем основные элементы водного баланса озера за период 3-26 августа 2013 года. При этом изменение объема озера  $dW$  - разность между заполнением «мокрого» контура и объемом, соответствующим размеру озера на 26 августа за 23 дня  $dW = -7370 \text{ м}^3$  (таблица 7). При этом объем талой воды с площади абляции за этот же период составил:  $Q(Sa) = Q * Sa * 23 = 47334 \text{ м}^3$ .

Суммарное испарение за рассматриваемый период  $E(Scp)$  рассчитывалось по средней за период температуре воздуха (таблица 9) с площади озера, средней между величинами  $S1$  для «мокрого» контура и площадью зеркала на 26 августа ( $Scp$ ) (таблица 7).  $E(Scp) = 286 \text{ м}^3$ .

Поскольку объем озера уменьшался ( $dW < 0$ ), то  $F > Q - E$ . Рассчитаем  $F$  как остаточный член по (2) для  $Scp$ :

$$F(S2cp) = Q(Sa) - E(S1cp) - dW = 54418 \text{ м}^3$$

Средняя за период 3-26 августа скорость фильтрации составила:

$$V = F(S2cp) / S2cp = 0,33 \text{ м/сутки}$$

При условии, что приток воды в озеро превышает затраты на фильтрацию и испарение, уровень воды в нем должен повышаться

(соответственно, его глубина будет увеличиваться). Одновременно возрастает площадь зеркала, с которой происходит испарение (S1), и площадь котловины, покрытая водой, через которую происходит отток путем фильтрации (S2). Сопоставляя эти величины, можно ориентировочно рассчитать баланс озера при различных уровнях воды в нем в условиях экстремально жаркой погоды. При этом используем следующие допущения:

1 Согласно закону Дарси  $V=K\phi * \text{grad}I$ , где  $V$  – скорость фильтрации,  $\text{grad}I=dh/L$  – градиент напора,  $dh$  – величина падения напора (глубина водоема),  $L$  – длина пути фильтрации,  $K\phi$  – коэффициент фильтрации. При допущении, что величины  $K\phi$  и  $L$  для области отложенной морены, на которой расположено озеро, остаются для рассматриваемого периода постоянными, скорость фильтрации меняется пропорционально толщине воды в водоеме (его средней глубине):

$$V/V_1 = h/h_1 \quad (3)$$

Используем это соотношение для расчета фильтрации при различных уровнях заполнения (глубина  $h$  изменяется от 1,48 м (среднее за август 2013 г) до средней глубины котловины при ее заполнении).

2. Поверхность озера аппроксимируется как площадь эллипса. При повышении уровня воды увеличение длины озера (прирост величины « $a$ ») рассчитывалось согласно величине угла наклона дамбы по данным 2013 года ( $\approx 20^\circ$ ). Прирост ширины « $b$ » рассчитывался пропорционально приросту величины  $h$  до полного заполнения котловины.

3. Площадь подводной части котловины, через которую осуществляется фильтрация, рассчитывалась как поверхность полуэллипса с полуосами « $a$ » и « $b$ » и глубиной  $h$ .

3. Приток воды с поверхности прилегающей части ледника считался постоянным, соответствующим максимальной температуре воздуха, наблюдавшейся 1-2 августа 2013 года.

4. Расход воды на испарение составляет ориентировочно 1% от объема фильтрации и существенного влияния на водный баланс озера не оказывает.

Соотношение приходной и расходной составляющих водного баланса озера представлено на рисунке 13.

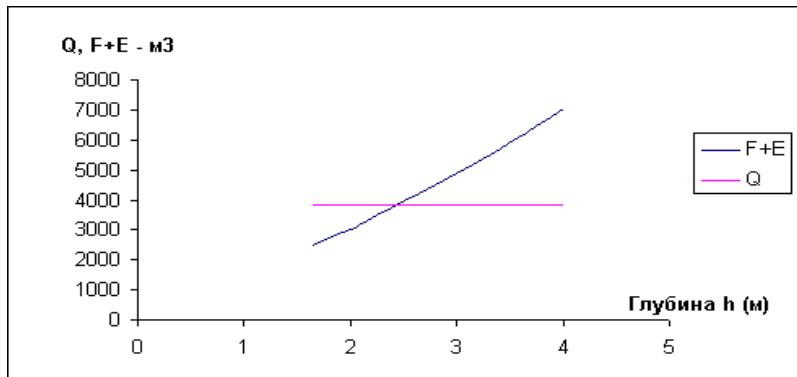


Рисунок 13- Соотношение прихода  $Q$  и расхода  $F+E$  для условий стабильно жаркой погоды

Согласно нашим расчетам, при высоких температурах воздуха (максимальное наблюдавшееся таяние) средняя глубина озера стабилизируется на уровне  $h \approx 2,3$  м, так что перелив озера через дамбу мало вероятен даже при наличии экстремальных ливневых осадков, которые могут последовать за периодом жаркой погоды. На данном этапе своего развития оно не представляет собой потенциальной опасности формирования гляциальных селей. Однако, было бы целесообразно провести эхозондирование тела ледника на предмет обследования внутриледниковых каналов, что уточнило бы оценку ледникового озера как опасного или неопасного.

### *Благодарности*

Хотел бы выразить благодарность коллегам из ИГГАНРУз, (Томашевской И.Г., Лесник Л., Тихановской А.А., Колдаеву С.С. и др.), сотрудникам Узгидромета (Тарасову Ю. и др.), а так же профессорско-преподовательскому составу НУУз (проф. Хикматову Ф.Х., Аденбаеву Б.Е.), отдельная благодарность многоуважаемому профессору Глазырину Г.Е. за то, что показал как надо работать, а так же всем кто помогал на разных этапах проекта.

## Список использованной литературы

- 1- Чуб В.Е. Изменение климата и его влияние на гидрометеорологические процессы, агроклиматические и водные ресурсы республики Узбекистан. Ташкент: НИГМИ.- 2007.-133 с.
- 2- Муракаев Р.Р., Старыгин Г.Н., Шамсутдинов В.Н. Гляциальные озера в верховьях рек, несущих воду на территорию Узбекистана. //Труды САНИГМИ.- 2004.-Вып. 167(243).
- 3- Lliboutry,L., Morales, B.,Pautre, A.,Schneider, B., 1977. Glaciological problems set by the control of dangerous lakes in Cordillera Blanca, Peru.In: Historical failure of morainic dams, their causes and prevention. Journal of Glaciology 18 (79), 239-254.
- 4- Richardson, S.D. & Reynolds, J.M. 2000. An overview of glacial hazards in the Himalayas. Quaternary International 65/66:31-47
- 5- Каталог ледников СССР. Л.:Гидрометеоиздат. - Т.14.- Вып.1.-Ч.1.- 1968.- 48 с.
- 6- Щетинников А.С., Яковлев А.В. Состав и функциональные возможности Банка данных «Ледники» на ПЭВМ //Тр. САНИГМИ.- Вып.153(204).-Ташкент.- 2000.- С.77-78
- 7- Семакова Э.Р., Семаков Д.Г. «Определение гляциальных объектов в высокогорных районах Республики Узбекистан». Материалы X Международного научного конгресса «Интерэспо ГЕО-Сибирь-2014». «Дистанционные методы зондирования Земли и фотограмметрия, мониторинг окружающей среды, геоэкология». 16-18 апреля 2014 г.- СГГА,.- Новосибирск.- Т. 1.- с. 35-40
- 8- Тойчиев Х.А., Ни А.А., Тихановская А.А. и др. Горное оледенение, климат, сток. – Ташкент: НУУз.- 2008.- 83 с.
- 9- Вилесов Е.Н., Уваров В.Н. Эволюция современного оледенения Заилийского Алатау в XX веке. Алматы: Университет. 2001.- 252 с.

- 10- Ресурсы поверхностных вод СССР. Средняя Азия. Л.:Гидрометеоиздат.- Т.14.- Вып. 1, 3.- 1969. - 440 с.
- 11- Шульц В.Л. Реки Средней Азии. Л.:Гидрометеоиздат, 1965. - 692 с.
- 12- Флейшман С.М., Сейнова И.Б., Золотарев Е.А. Формирование гляциальных селей непрерывного генезиса в бассейне Герхожан-су на Северном Кавказе // МГИ, Хроника обсуждения.- -Москва.- Вып. 35.- 1979. - С. 195-198
- 13- Глазырин Г.Е., Карташов Д.А., Муракаев Р.Р., Тарасов Ю.А., Шамсутдинов В.Н. Результаты исследования прорываоопасных ледниковых озер в бассейне р. Пскем летом 2003 г./// Тр. НИГМИ.- Вып. 5(250).- Ташкент.- 2005. – С.43-55
- 14- Huggel C, Kääb A, Haeberli W, Teyssaire P, Paul F. Remote sensing based assessment of hazards from glacier lake outbursts: a case study in the Swiss Alps. *Can Geotech J* 2002;39(2):316–30.
- 15- Evans, S.G. 1986a. Landslide damming in the Cordillera of Western Canada. In *Landslide Dams: Processes, Risk and Mitigation*. Proceedings of a session sponsored by the Geotechnical Engineering Division of the American Society of Civil Engineers in conjunction with the ASCE Convention in Seattle, Wash., 7 April 1986. Edited by R.L. Schuster. American Society of Civil Engineers, Geotechnical Special Publication No. 3, pp. 111–130.
- 16- Технический отчет о мониторинге прорываоопасных озер республики Узбекистан за 2004 год. Ф. М. Аскамов, В.Н. Шамсутдинов, Г. Н. Трофимов. Центр гидрометеорологической службы при Кабинете министров Республики Узбекистан. Отдел мониторинга опасных гидрологических явлений. Ташкент, 2005. - 38 с.
- 17- Медеу А.Р., Токмагамбетов Т.Г., Кокарев А.Л. и др. Гляциальные озера бассейна р.Хоргос и оценка опасности их прорывов. Лед и снег. М.:Наука. - №3(123).- 2013.- С.99-106

- 18- 28 Никитин А.М. Озера Средней Азии. Гидрометеорологический режим озер и водохранилищ СССР. Л.: Гидрометеоиздат, 1987. – 106 с
- 19- Калесник С.В. Очерки гляциологии. М.: Геогр. литер.- 1963.- 551 с.
- 20- Указания по расчету испарения с поверхности водоемов. Л.:Гидрометеоиздат, 1969.- 83 с.