Географический факультет
МГУ, Россия

Университетский центр
инженерной геодинамики и
мониторинга, Россия

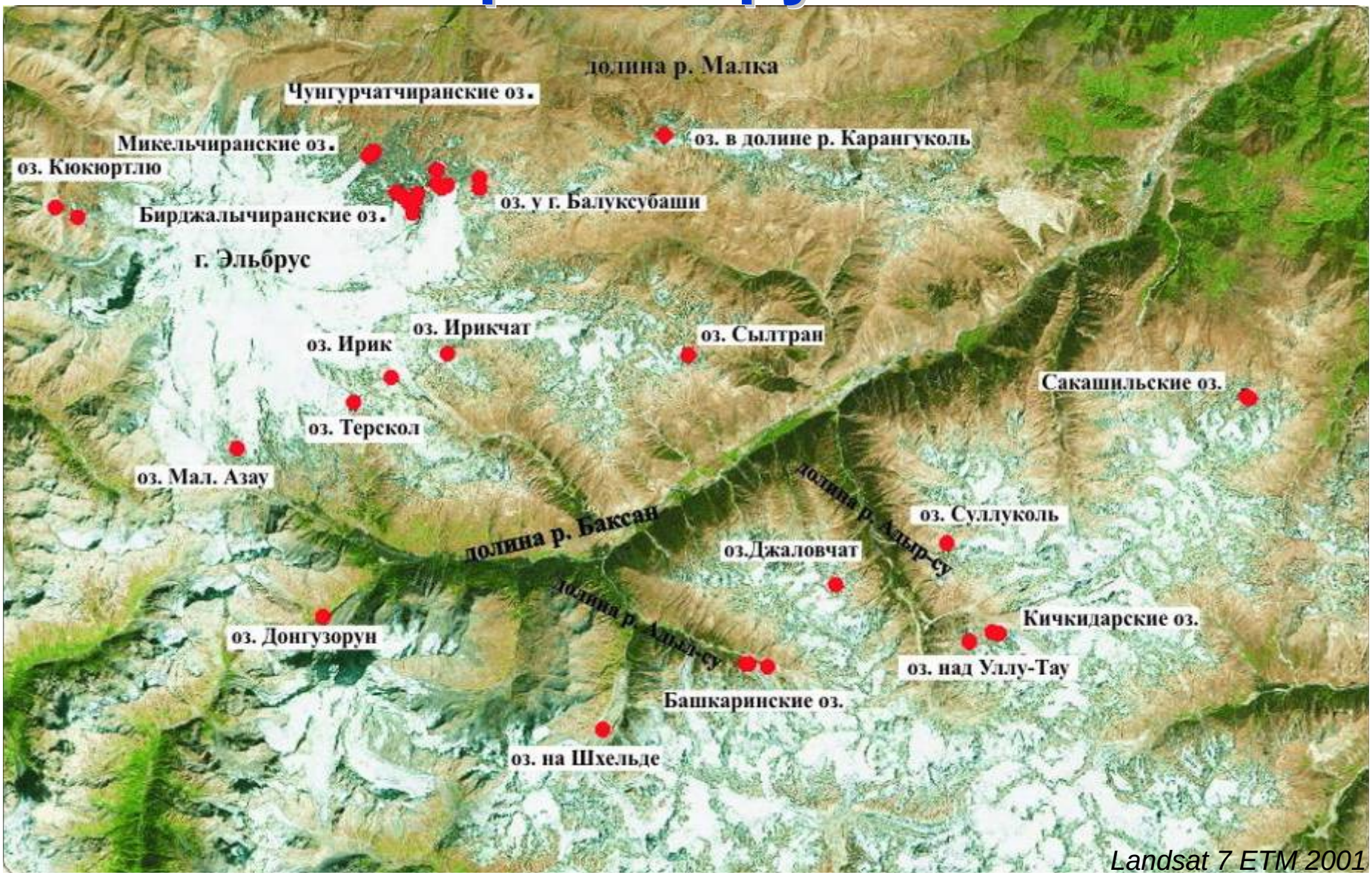
# Гидрологические характеристики прорывоопасных ледниковых озер Приэльбрусья (Кавказ, Россия)

*Кидяева В.М.*

Фото Кидяевой В.М., июль2007 г.

# Район исследования

# Ледниковые высокогорные озера Приэльбрусья




Составитель Кидяева В.М.

# Задачи

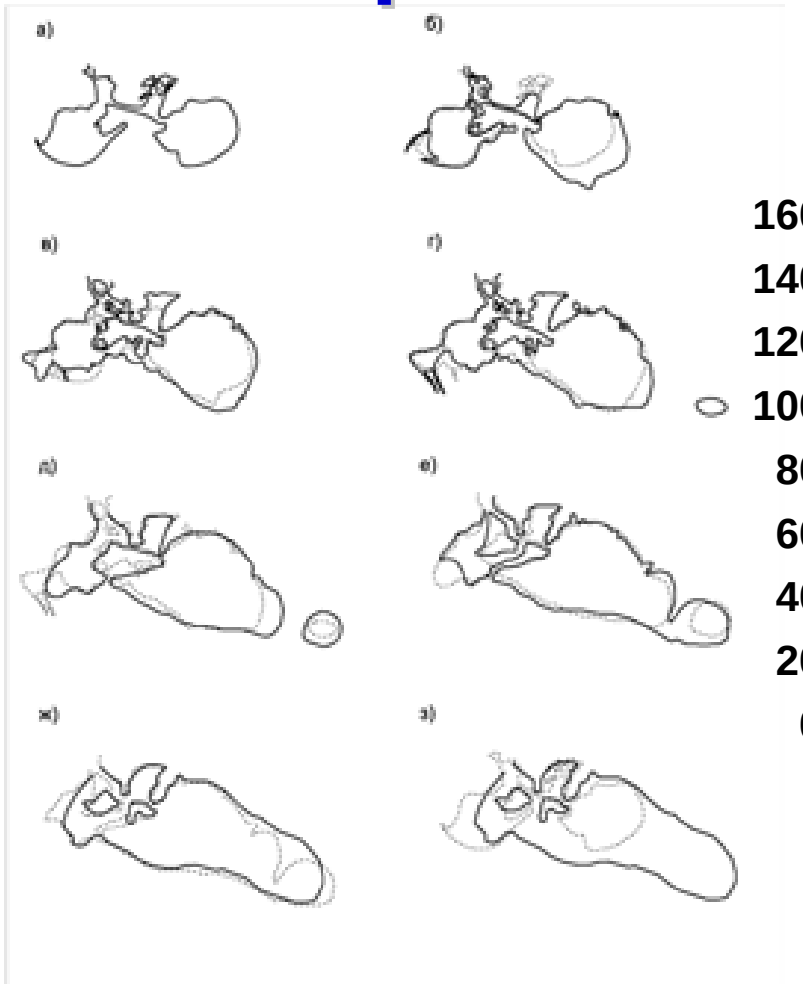
- анализ морфометрических характеристик
- изучение уровенного режима
- изучение температурного режима
- изучение распределения температуры и электропроводности
- анализ стадий развития озер
- оценка прорывоопасности
- моделирование возможного прорыва

Фото Кидяевой В.М., авг.2009г.

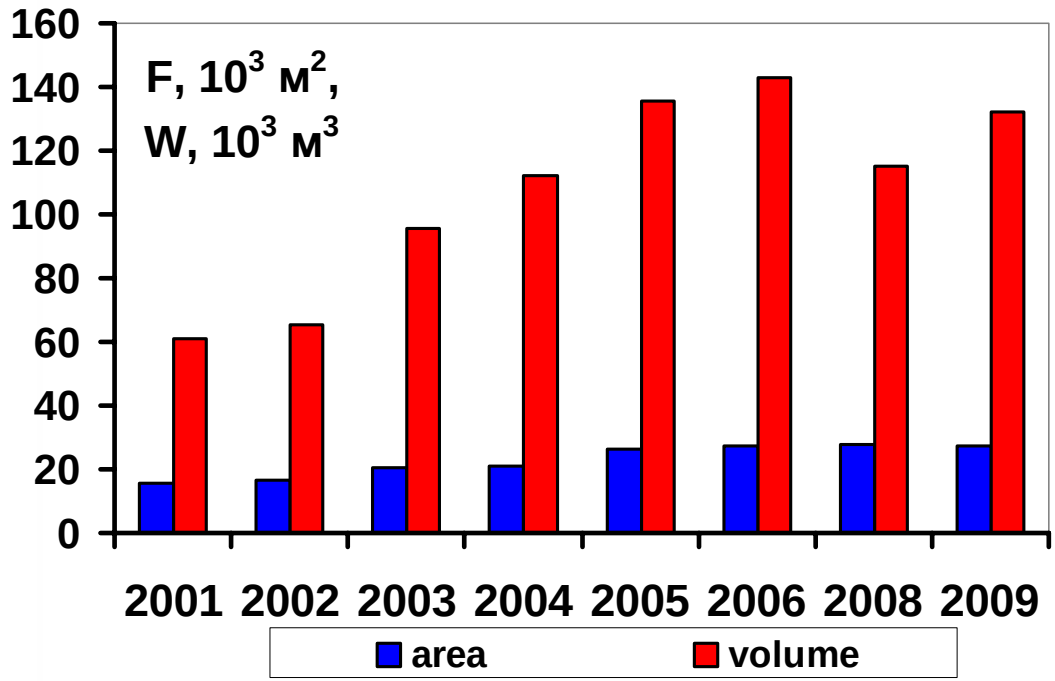
# Часть расширенной базы данных ледниковых озер Приэльбрусья

| Озеро | Отметка уреза | $F$, тыс. м$^2$ | $l$ | $W$, тыс. м$^3$ | Дата промеров | $L$ | $B$ | $h_{ср}$ | $h_{max}$ | $C$, $h_{ср}/h_{max}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Малое Азау | 3264 | 19,8 | 786 | 66,7 | 03.09.2005 | 254 | 78 | 3,4 | 8,3 | 0,41 |
| Донгуз-Орун | 2515 | 59,7 | 1369 | 440,6 | 29.09.2004 | 598 | 100 | 7,4 | 15,6 | 0,47 |
| Башкара | 2568 | 65 | 1500 | 814,2 | 03.08.2009 | 404 | 161 | 12,5 | 32,4 | 0,39 |
| Лапа | 2482 | 27,4 | 1190 | 132,2 | 04.08.2009 | 382 | 72 | 4,8 | 15,3 | 0,32 |
| Сылтран | 3186 | 149,4 | 1617 | 2114,8 | 26.08.2005 | 575 | 260 | 14,2 | 36,2 | 0,39 |
| Азот | 3197 | 20,6 | 644 | 128,1 | 06.08.2009 | 270 | 76 | 6,2 | 19,3 | 0,32 |
| Юном | 3219 | 9,2 | 410 | 18 |  | 163 | 56 | 2 |  |  |
| Микель | 3262 | 10,3 | 576 | 17,9 | 13.08.2009 | 156 | 66 | 1,7 | 4,5 | 0,39 |
| Бирджалы-1 | 3170 | 51,8 | 1251 | 184,6 | 11.08.2009 | 394 | 131 | 3,6 | 10,4 | 0,34 |
| Бирджалы-2 | 3307 | 2,7 | 852 | 56,9 | 10.08.2009 | 298 | 9 | 2,1 | 6,3 | 0,33 |
| Бирджалы-3 | 3307 | 7,5 | 344 | 12,7 | 25.07.2006 | 115 | 65 | 1,7 | 2,6 | 0,65 |
| Чунгурчат-3 | 3305 | 3,1 | 357 | 2,8 |  | 170 | 18 | 0,9 |  |  |
| Чунгурчат-4 | 3320 | 0,3 | 76 | 0,1 |  | 31 | 12 | 0,2 |  |  |

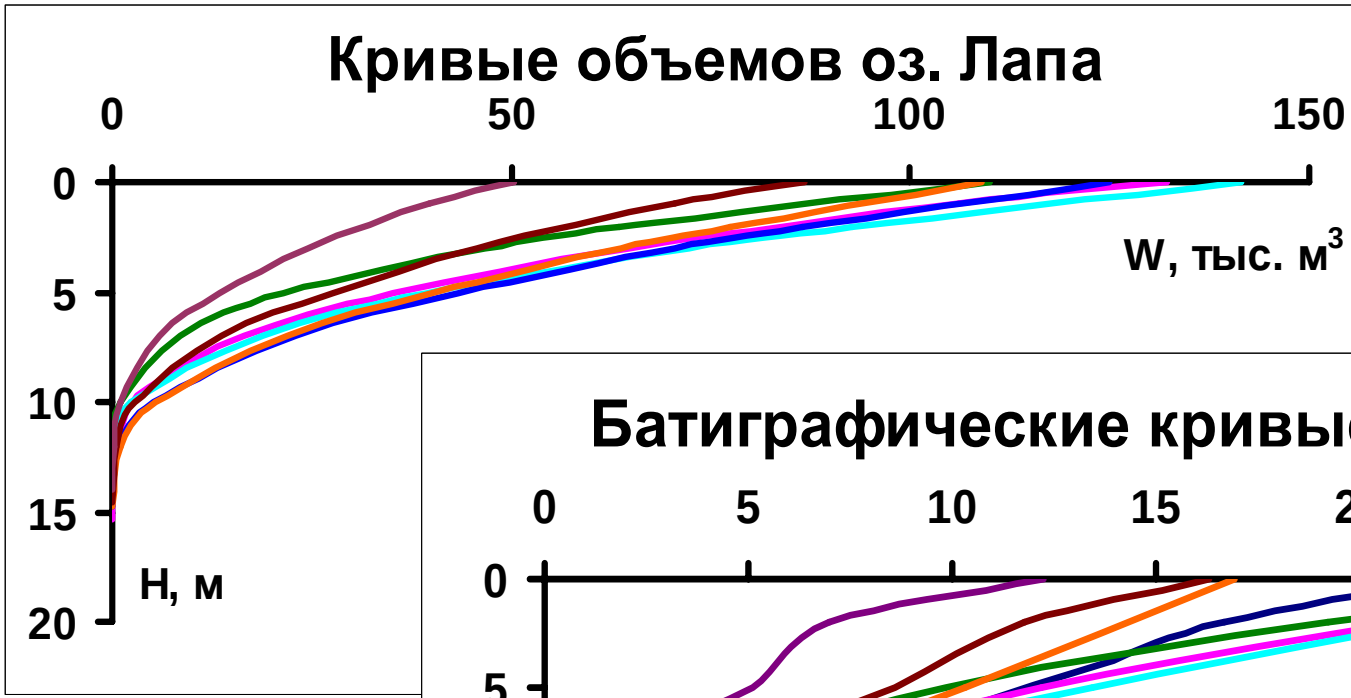
# Озеро Лапа. Площадь и объем в 2001 - 2009

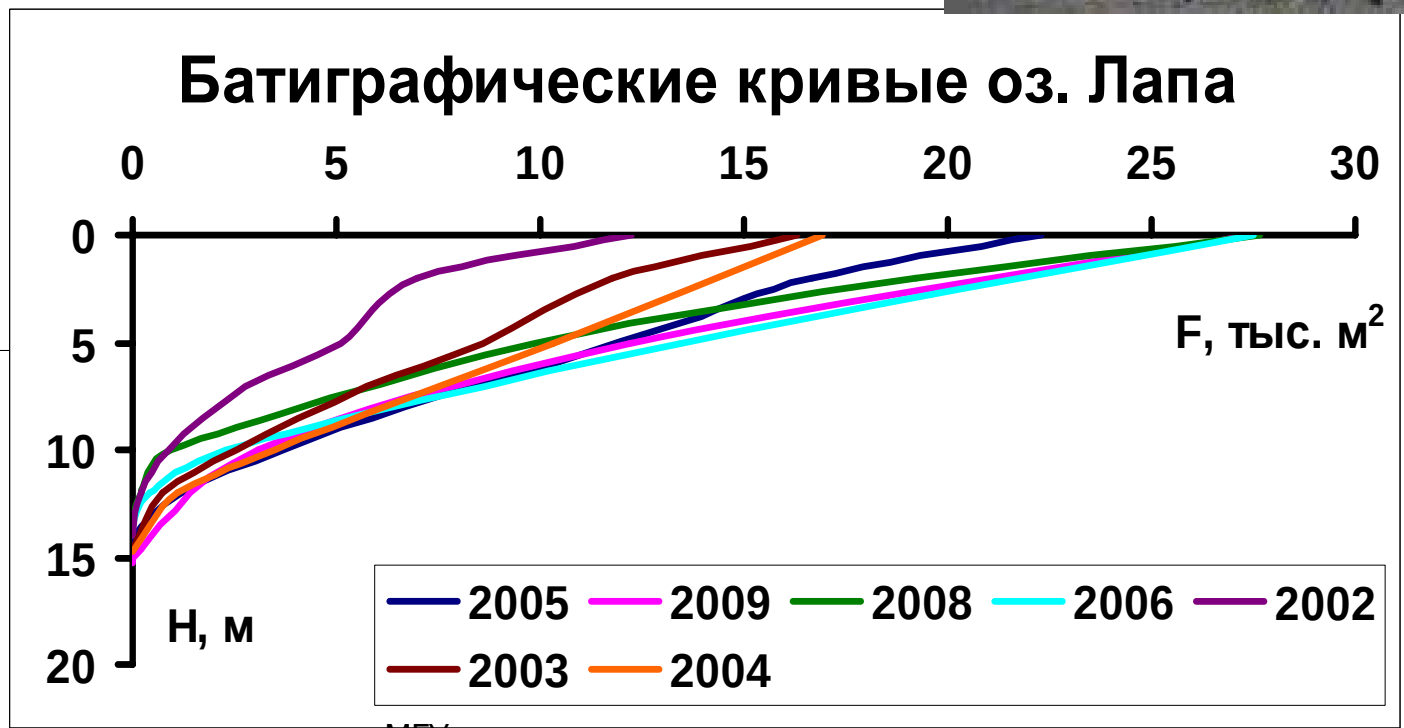


Изменения нижних Башкаринских озер



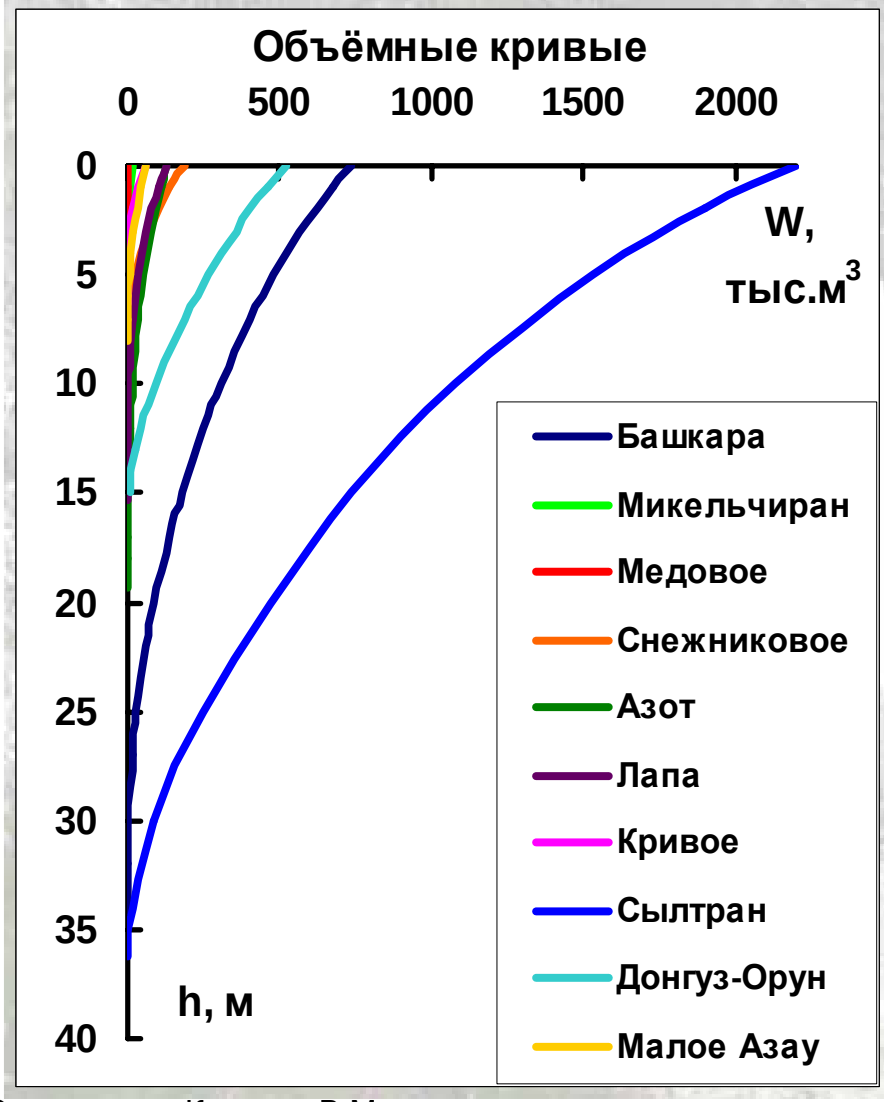
# Морфометрические характеристики озер

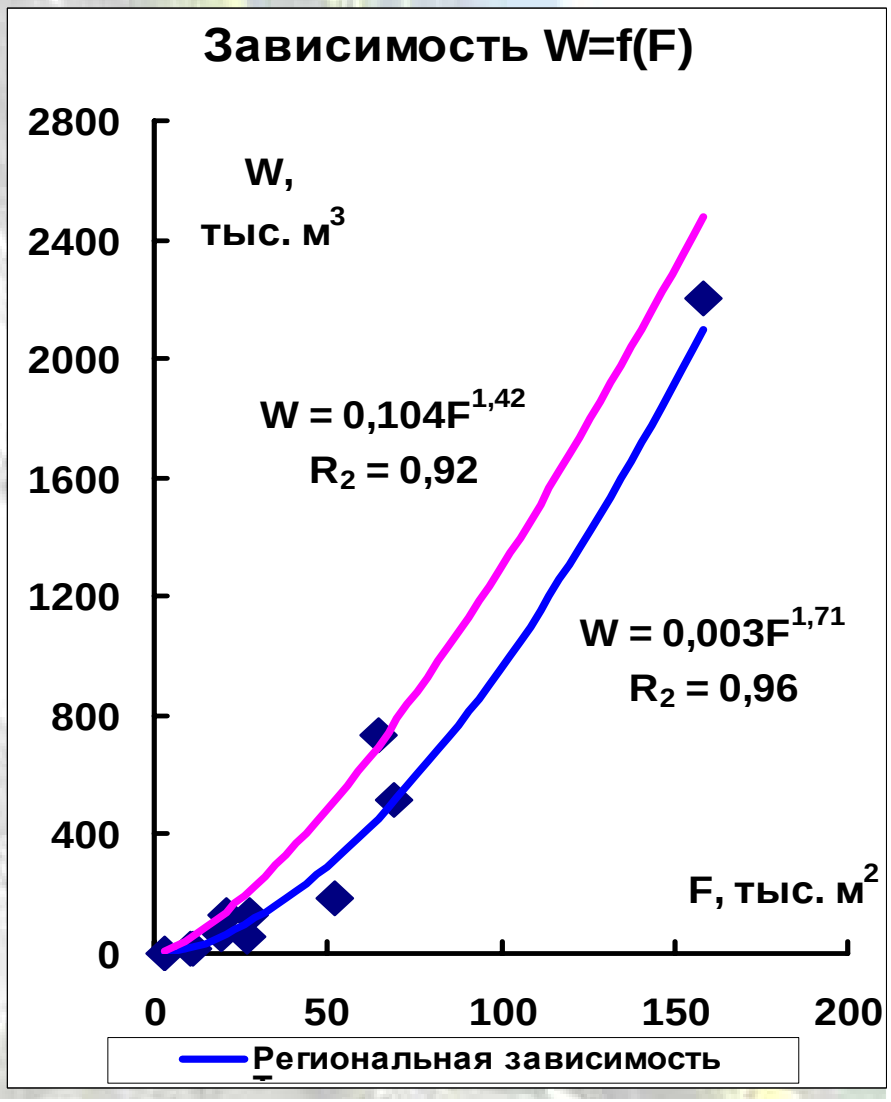





Составитель Кидяева В.М. по данным селевого отряда МГУ

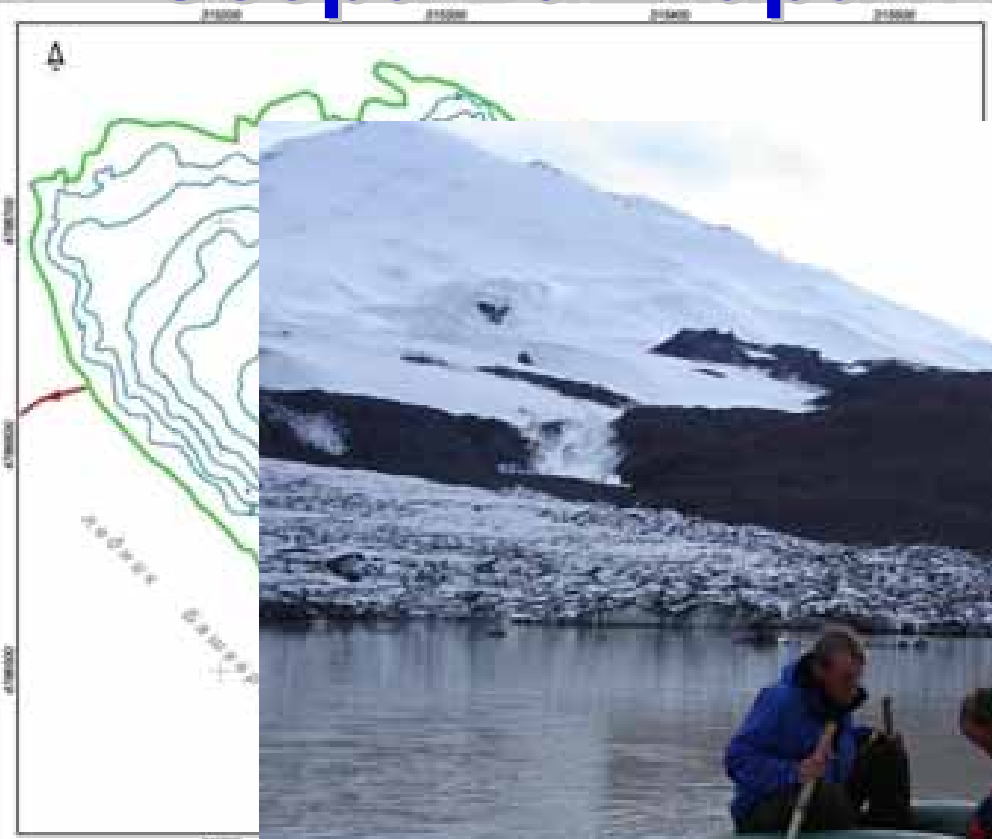
# Кривые объемов и зависимость между площадями и объемами

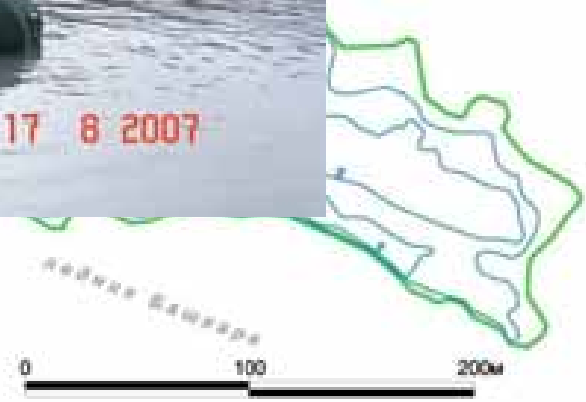


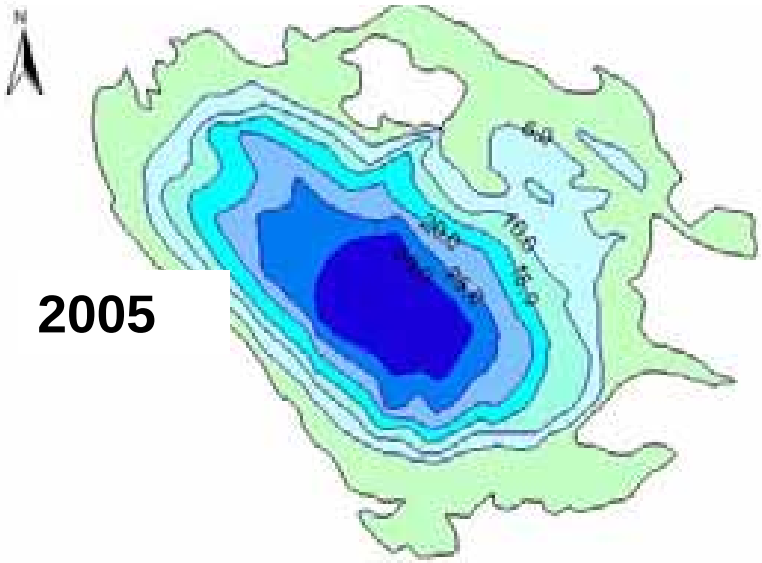

Составитель Кидяева В.М.

# Озера Башкара и Лапа в 2008 г.

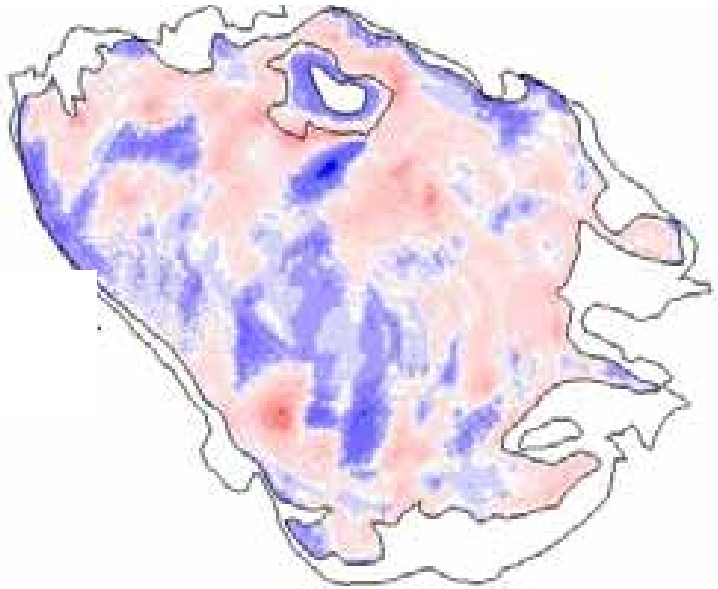




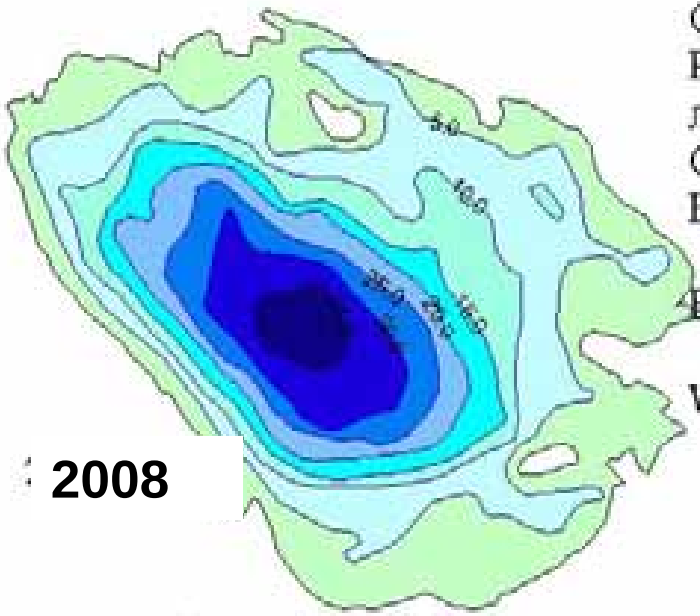
# Изменение глубин оз. Башкара, 2005-2008



2005



2008-2005



2008

Масштаб 1:4000

100 0 100 200 метры

Озеро Башкара
Расположено у языка ледника Башкара
Отметка уреза - 2568 м. абс.
H, м : 2005 г. - +0,23;
2008 г. - +3,53
E, тыс. кв. м : 2005 г. - 72,3;
2008 г. - 90,6
W, тыс. куб. м : 2005 г. - 797;
2008 г. - 1069

Легенда

урез воды

изобаты

Шкала глубин, м

0 - 5
5 - 10
10 - 15
15 - 20
20 - 25
25 - 30
30 - 35
35 - 40

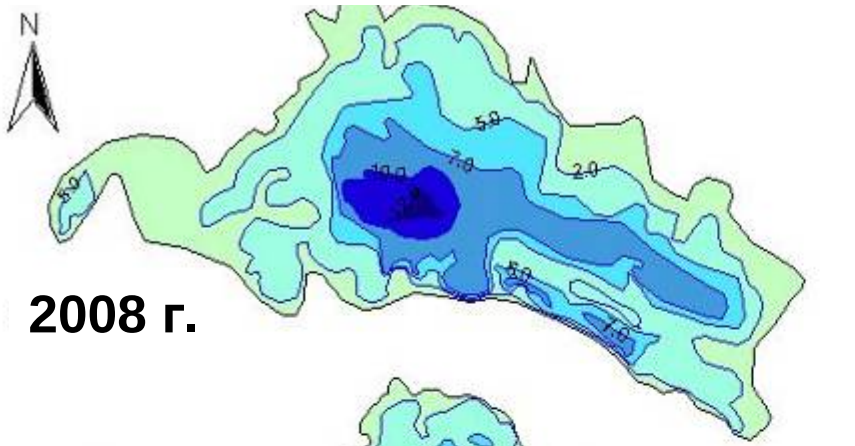
Изменение глубин, м

синее - уменьшение
красное - увеличение

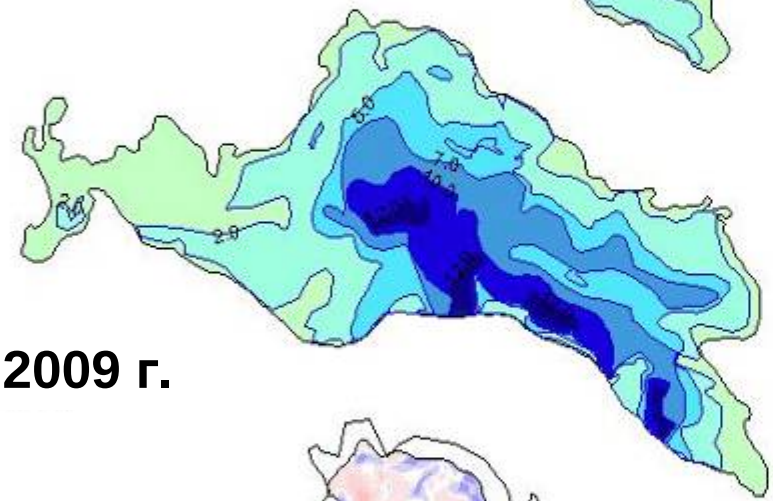
-8 - -7
-7 - -6
-6 - -5
-5 - -4
-4 - -3
-3 - -2
-2 - -1
-1 - -0.2
-0.2 - 0.2
0.2 - 1
1 - 2
2 - 3
3 - 4
4 - 5
5 - 6
6 - 7

Составитель Кидяева В.М., промеры Крыленко И.В., Крыленко И.Н.

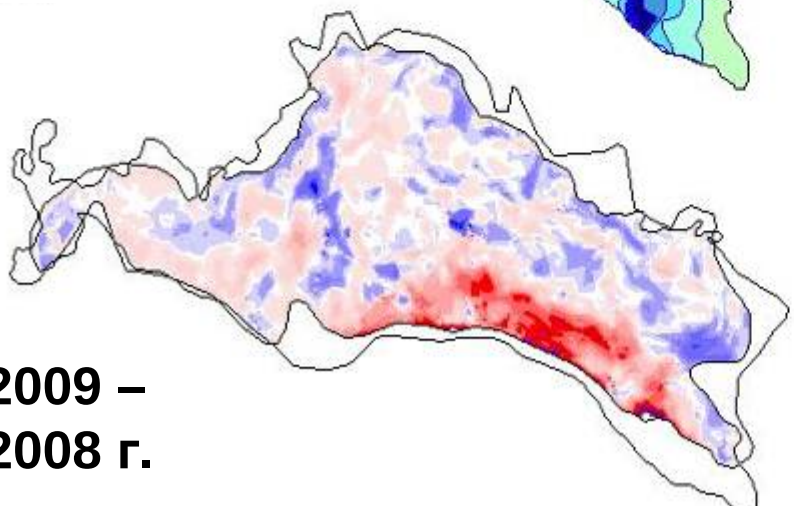
# Изменение глубин оз. Лапа, 2008-2009




2008 г.




2009 г.



2009 – 2008 г.

Легенда

урез воды

изобаты

Шкала глубин, м

0 - 2
2 - 5
5 - 7
7 - 10
10 - 12
12 - 14
14 - 16

Изменение глубин, м

синее - уменьшение
красное - увеличение

-10 - -9
-9 - -8
-8 - -7
-7 - -6
-6 - -5
-5 - -4
-4 - -3
-3 - -2
-2 - -1
-1 - -0.2
-0.2 - 0.2
0.2 - 1
1 - 2
2 - 3
3 - 4
4 - 5
5 - 6
6 - 7
7 - 8
8 - 9
9 - 10
10 - 11

Озеро Лапа (Нижнее Башкаринское)
Расположено у языка ледника Башкара
Отметка уреза - 2482 м абс.
H, м: 2008 г. - -1,75;
2009 г. - -1,90
F, тыс. кв. м: 2008 г. - 27,7;
2009 г. - 27,4
W, тыс. куб. м: 2008 г. - 110;
2009 г. - 131,3

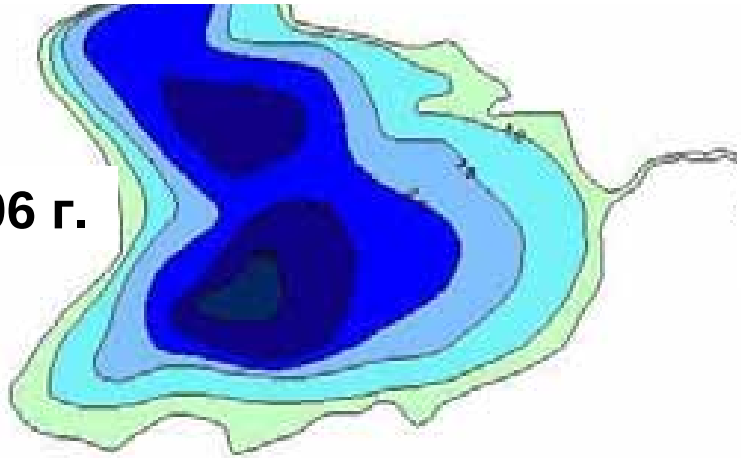
Масштаб 1:3000

100 0 100 метры

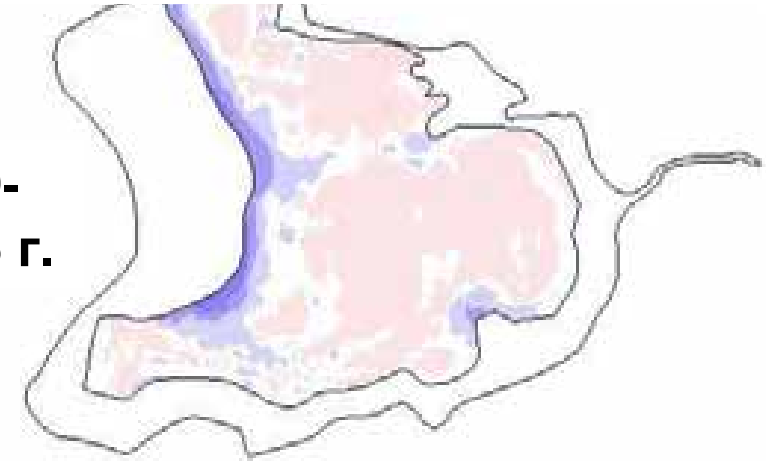
Составитель Кидяева В.М., промеры Крыленко И.В., Крыленко И.Н.

# Изменение глубин оз. Микельчиран, 2006-2009

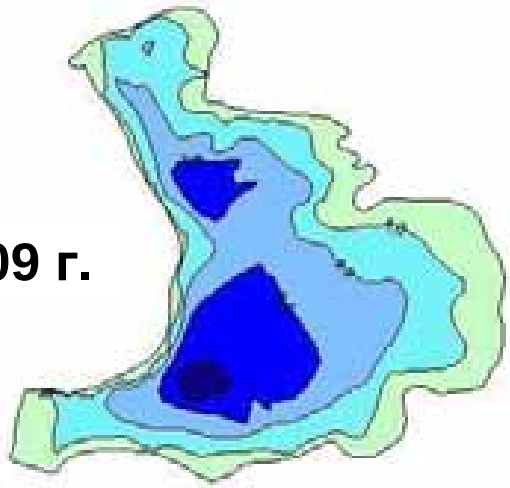
2006 г.



2009-
2006 г.




2009 г.



Озеро Микельчиран
Расположено у языка ледника Микельчиран
Прорвалось в 2007 г.
Отметка уреза 3262 м. абс.
H, м: 2006 г. - 0
2009 г. - - 1,3
F, тыс. кв. м: 2006 г. - 17,7
2009 г. - 10,3
W, тыс. куб. м: 2006 г. - 42,6
2009 г. - 17,9

Легенда

урез воды
изобаты

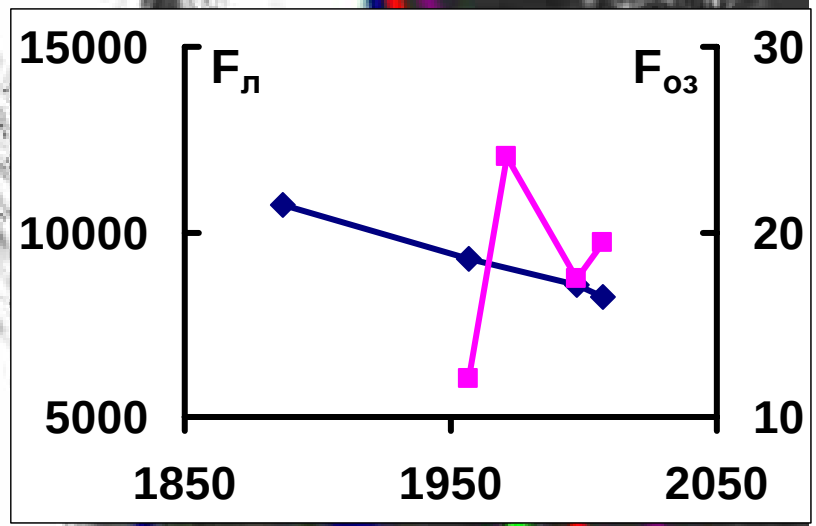
Шкала глубин, м
0 - 1
1 - 2
2 - 3
3 - 4
4 - 5
5 - 6

Изменение глубин, м
синее - уменьшение
красное - увеличение
-4 - -3
-3 - -2
-2 - -1
-1 - -0.2
-0.2 - 0.2
0.2 - 1
1 - 2
2 - 3
3 - 4

Масштаб 1:2000 100 0 100 метры

Составитель Кидяева В.М., промеры Крыленко И.В., Кидяева В.М.

# Изменение площади ледника Малый Азау в 1887, 1957, 1997, 2007 гг.




2007

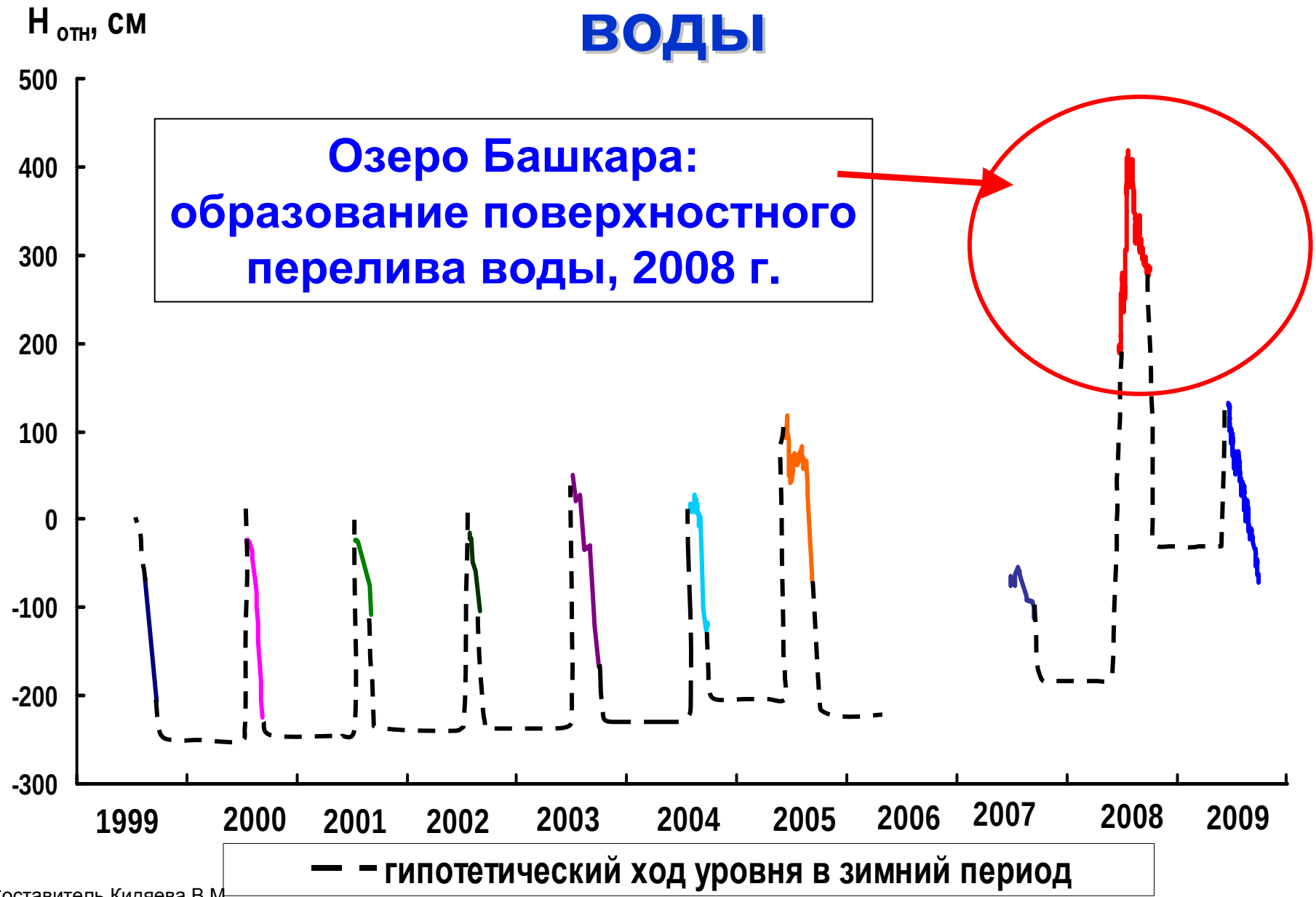
1997

1887

1957

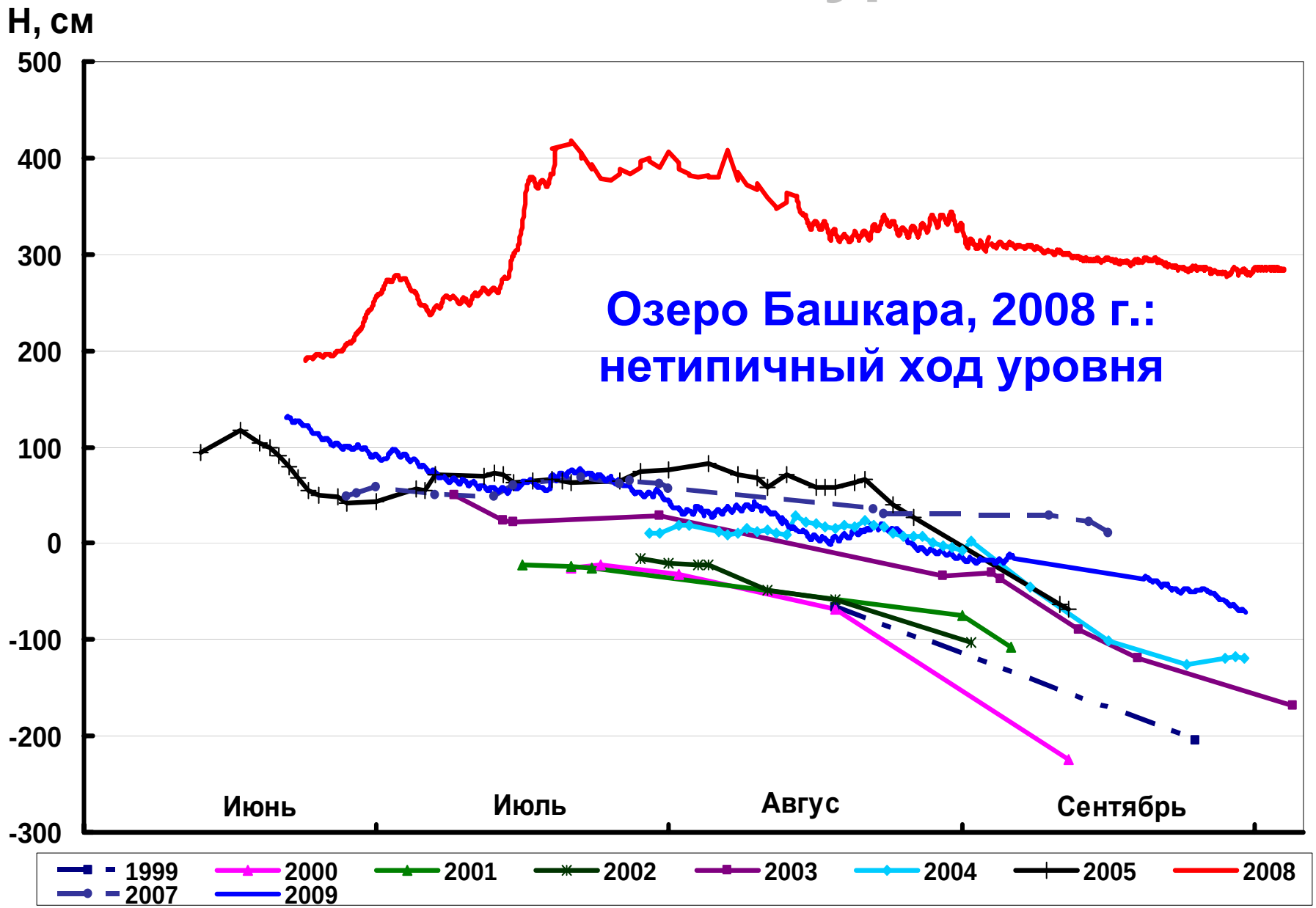
IRS P5 12/09/2007 снимок предоставлен ИТЦ «СканЭкс»

# Многолетние колебания уровня воды




Составитель Кидяева В.М.

# Сезонные колебания уровня воды




Составитель Крыленко И.Н.

# Озеро Башкара

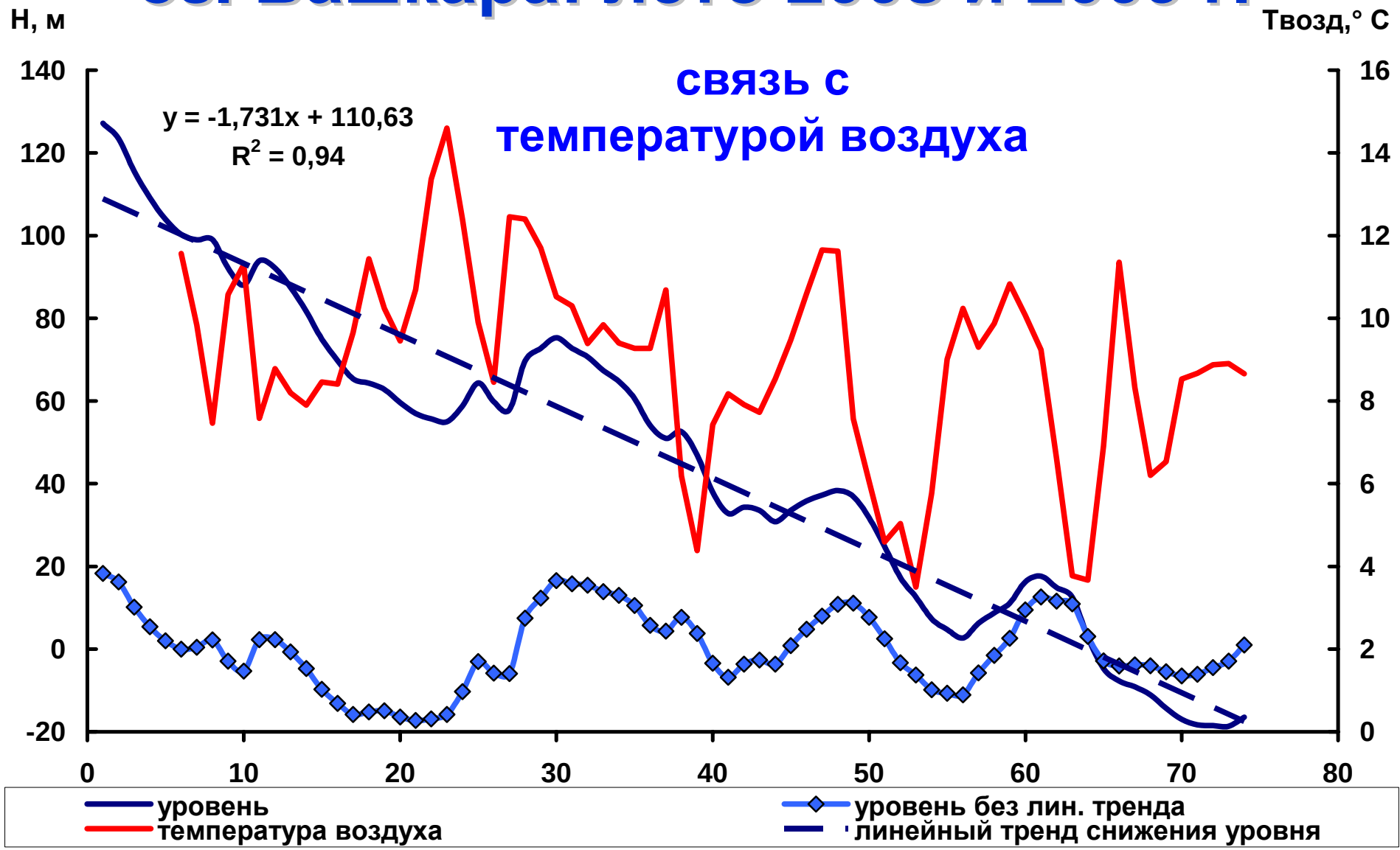
**Объем 800 000 м$^3$**

**Объем >1 000 000 м$^3$**

Image by Kidyaeva V

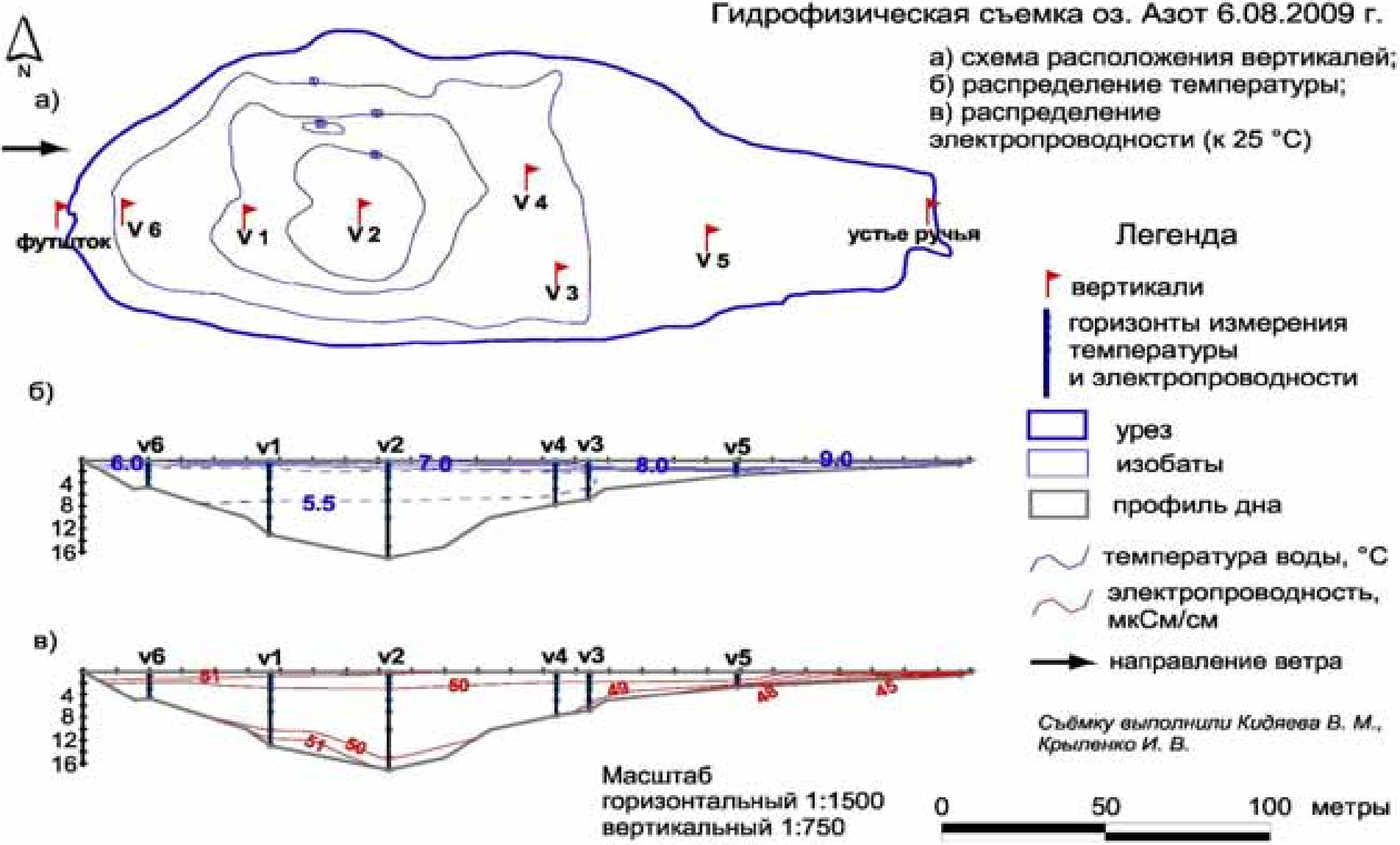
**В июле 2008 г. произошло протаивание моренной перемычки и перелив воды**

# Сезонные колебания уровня оз. Башкара: лето 2008 и 2009 г.

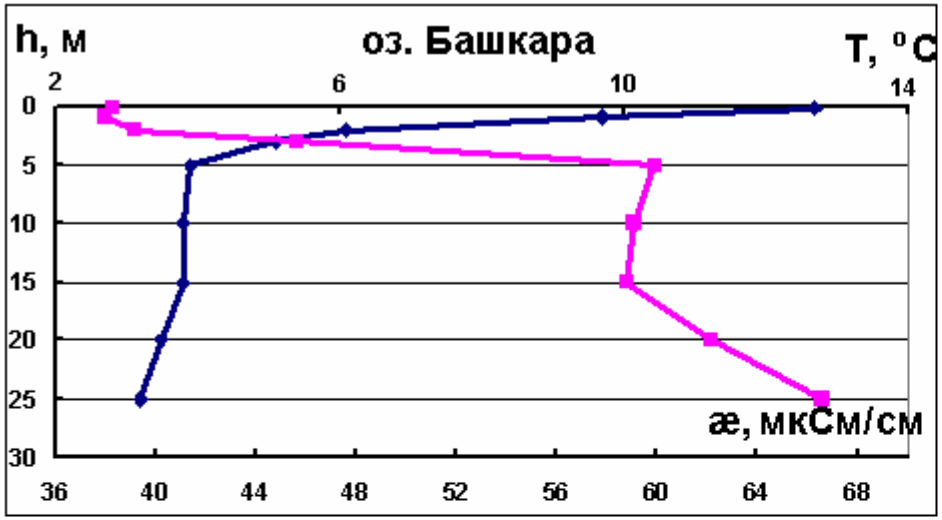


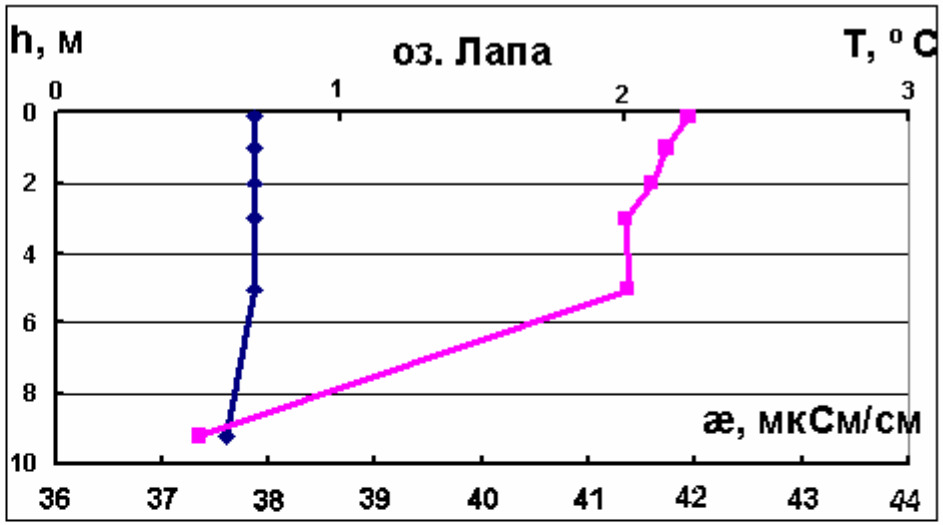

Составитель Кидяева В.М.

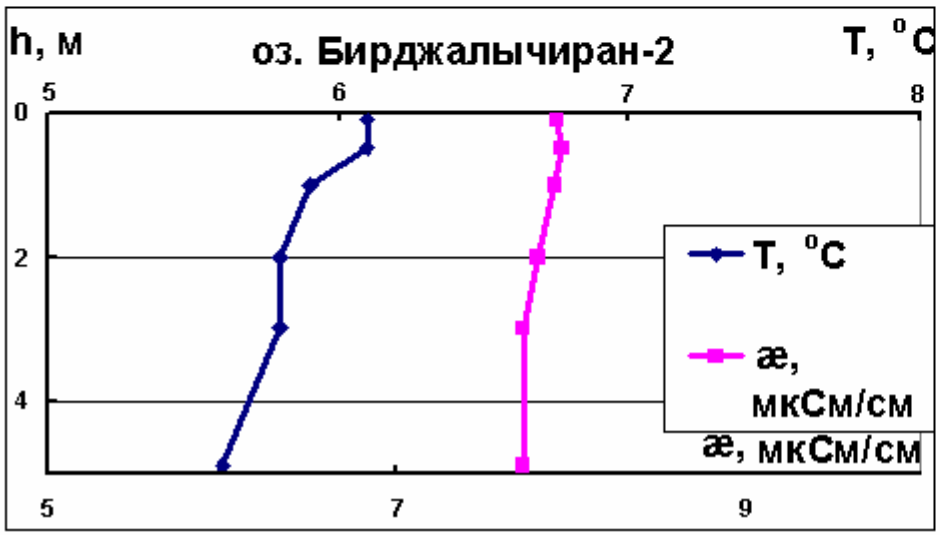
# Распределение температуры и электропроводности

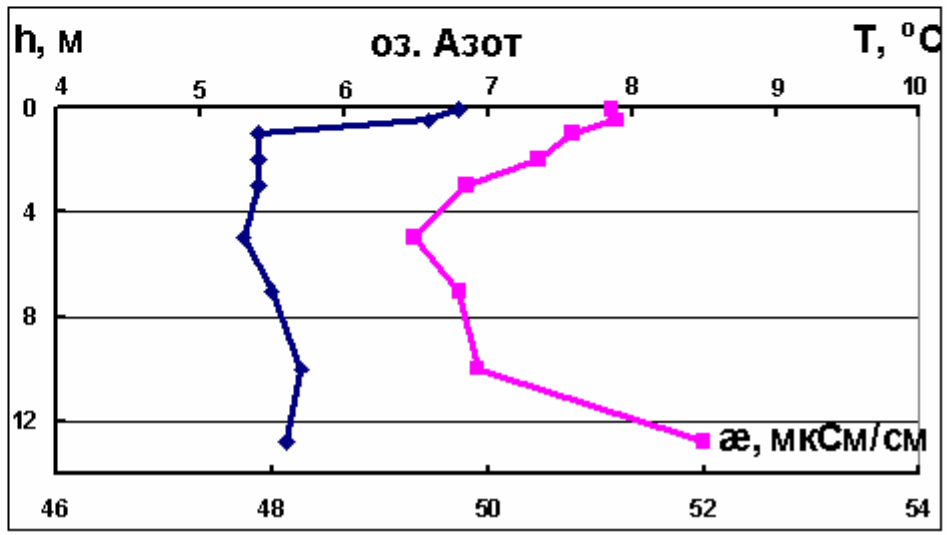


# Особенности термического режима




Составитель Кидяева В.М.

# Стадии развития ледниковых озер

## 1 стадия

**Озеро Лапа: активное влияние ледника; постоянная переформировка котловины**

**Озеро Бирджалычиран-2: быстрое увеличение площади**

# Стадии развития ледниковых озер

## 2 стадия

### Озеро Бирджалычиран-4: устойчивое состояние моренного озера

Фото Кидяевой В.М., авг.2009г.

Фото Крыленко И.В. авг.2005 г.

### Озеро Сылтран: устойчивое состояние карового озера

# Стадии развития ледниковых озер

## 3 стадия – прорыв/занесение

**Озеро Бирджалычиран-5: прорыв ледниково-запрудного озера**

Фото Черноморца С.С., авг.2006г.

Фото Кидяевой В.М., авг.2009г.

**Озеро Азот: занесение моренного озера наносами ручья**

# Оценка прорывоопасности

| ОЗЕРО | W, $10^6 м^3$ | ПОВЕРХ. СТОК | ГРАНИЦА С ЛЕДНИКОМ | ТИП ПЛОТИНЫ | ТИП ОЗЕРА | РАССТОЯНИЕ ДО ОБЪЕКТОВ ИНФРАСТР. | СТЕПЕНЬ ПРОРЫВООПАСНОСТИ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Мал. Азау | 67 | - | + | конечная морена и ригель | карово-моренное | ДО 3 КМ | СЛАБО ОПАСНОЕ |
| Башкара | 810 | + | + | ледники боковая морена | ледниково-запрудное | 3 КМ | ОПАСНОЕ |
| Лапа | 132 | + | + | конечная морена | моренно-запрудное | 3 КМ | ОПАСНОЕ |
| Сылтран | 1600 | + | - | ригель | карровое | 7 КМ | НЕОПАСНОЕ |
| Азот | 640 | - | - | конечная морена | моренно-запрудное | 2 КМ | СЛАБО ОПАСНОЕ |
| Снежниковое | 180 | + | - | морена | моренно-запрудное | 7 КМ | СЛАБО ОПАСНОЕ |
| Кривое | 57 | + | + | морена | моренно-запрудное | 7 КМ | ОПАСНОЕ |

Составитель Кидяева В.М.

# Опасные ледниковые озера – объекты мониторинга

Фото Черноморца С.С., июль2008г.

Фото Крыленко И.Н. июль2008 г.

Фото Черноморца С.С., авг.2008г.

Фото Черноморца С.С., июль2008г.

# Входные данные для моделирования прорыва ледникового озера

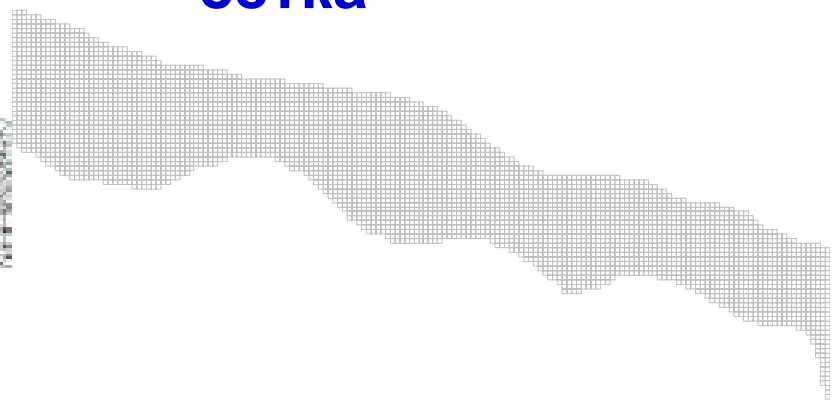
## 1. цифровая модель рельефа
## 2. гидрограф прорыва

**“River”**

**Треугольная сетка**

**“Flo-2D”**

**Прямоугольная сетка**

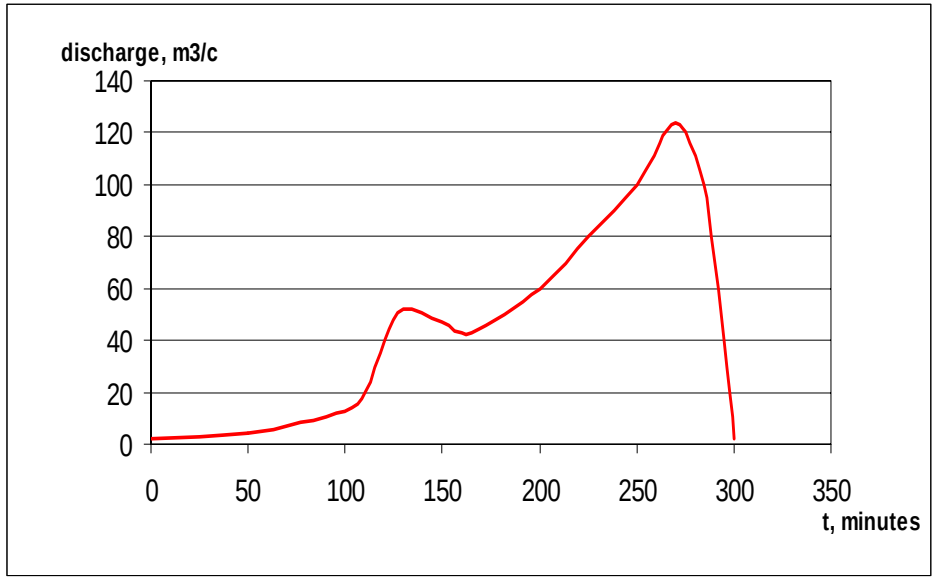


**+ селевой блок**

Моделирование – Норин С.В., Крыленко И.Н. для оз. Башкара, 2008 г.

# Варианты гидрографа прорыва озера

**Гидрограф прорыва во внутриледниковых каналах стока для определения максимального расхода (*Институт Севкавгипроводхоз на основе модели Виноградова)***




## Эмпирические зависимости для определения максимального расхода прорыва

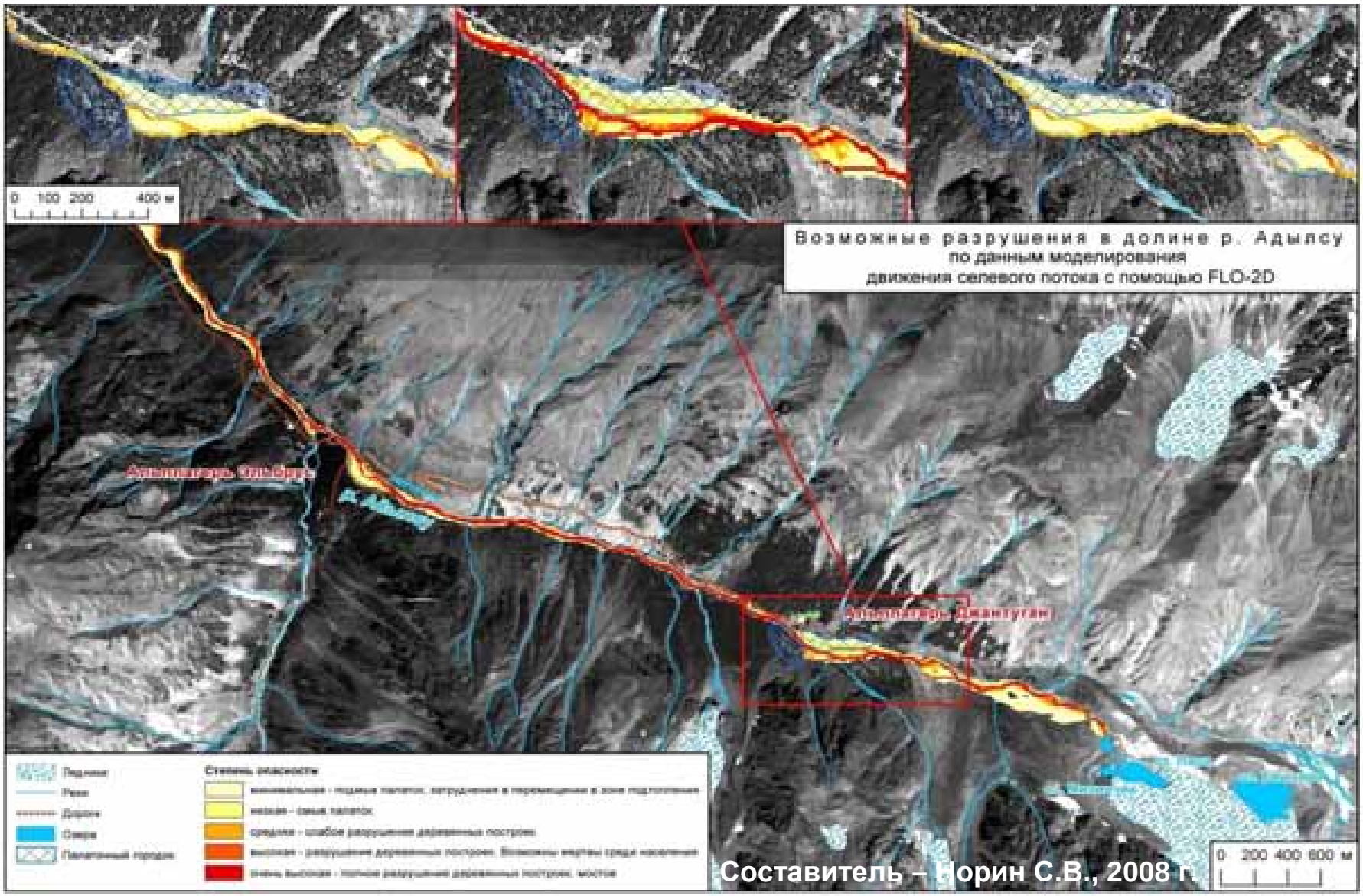
$$Q_{\max} = 46\left(W/10^6\right)^{0,66}$$ **= 38,6 м³/с –** ***Walder, Costa***

$$Q_{\max} = 75\left(W/10^6\right)^{0,67}$$ **= 63 м³/с –** ***Clague and Mathews***

***W*** **– объем озера**

Моделирование – Норин С.В., Крыленко И.Н. для оз. Башкара, 2008 г.

# Схема возможных разрушений в долине р. Адыл-Су



# 17 августа 2006

Image by D.A. Petrakov

# 19 августа 2006

19 августа 2006

Фото Кидяевой В.М., авг.2009г.

# Спасибо за внимание!

**Кидяева Вера:**
**gromozec@mail.ru**

## Благодарность

**Черноморцу С.С.,
Крыленко И.В., Крыленко И.Н.,
Петракову Д.А., Норину С.В.,
Носань В.В., Алейникову А.А.
за помощь в полевых и теоретических исследованиях
и предоставление материалов исследований**

**Исследование проведено при поддержке :**

NATO OTAN — This activity is supported by: The NATO Science for Peace and Security Programme

**NATO Science for Peace Programme**

РФФИ

**Russian Foundation for Basic Research**