

Оценка снежного покрова для прогнозирования сезонной водности рек в условиях Центральной Азии с использованием инструмента **MODSNOW-Tool**

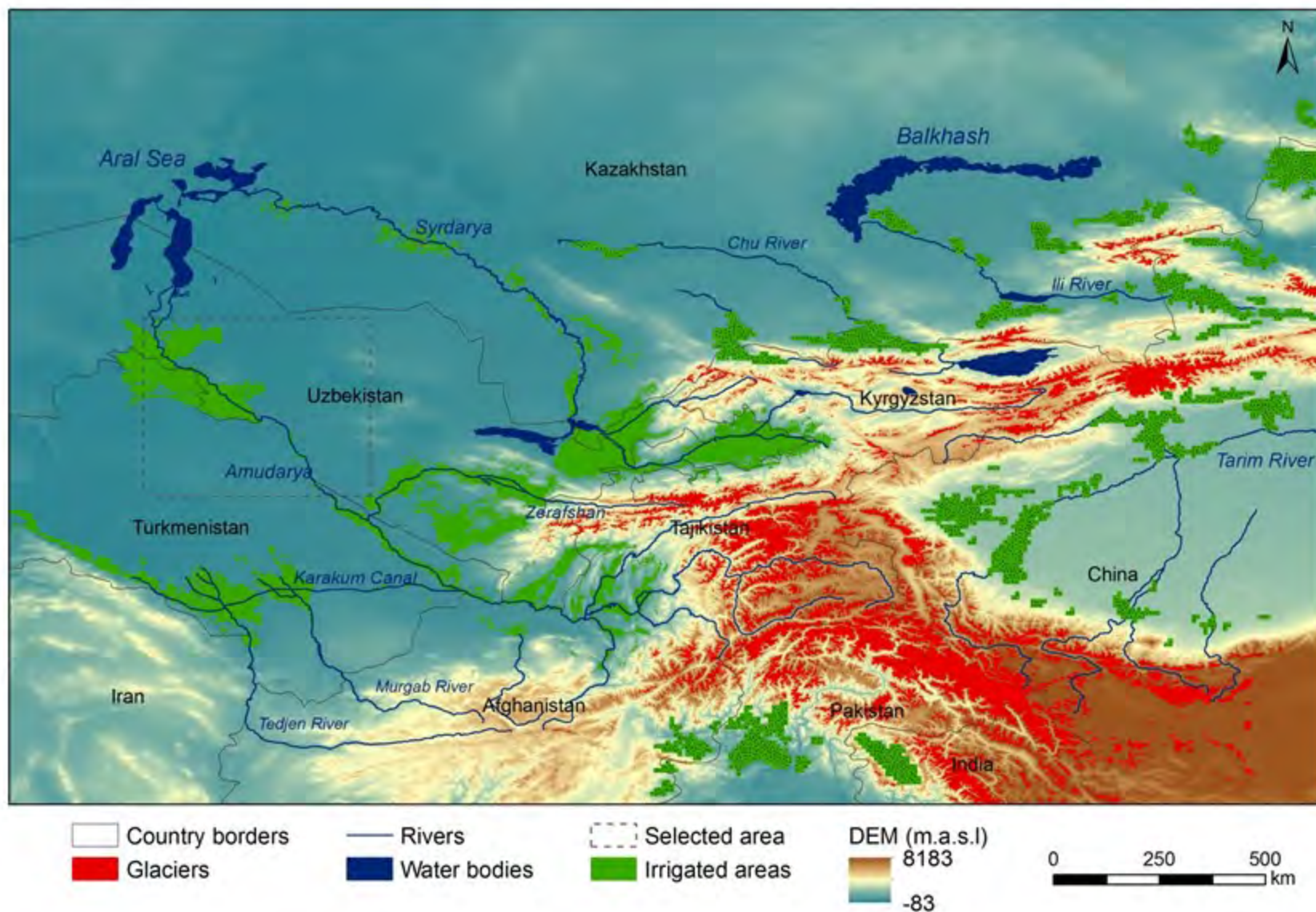
Аброр Гафуров

Консультант проекта CAMP4ASB

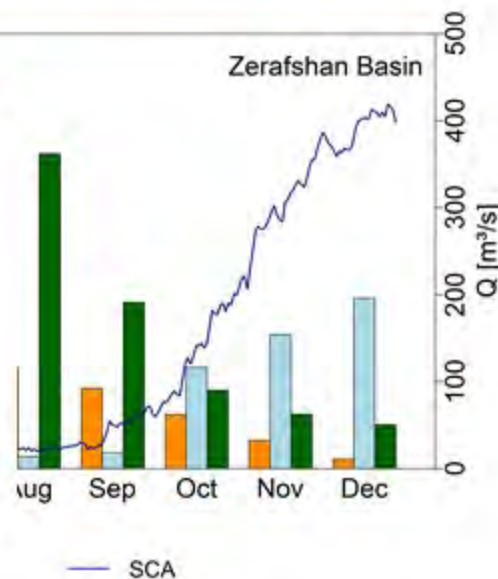
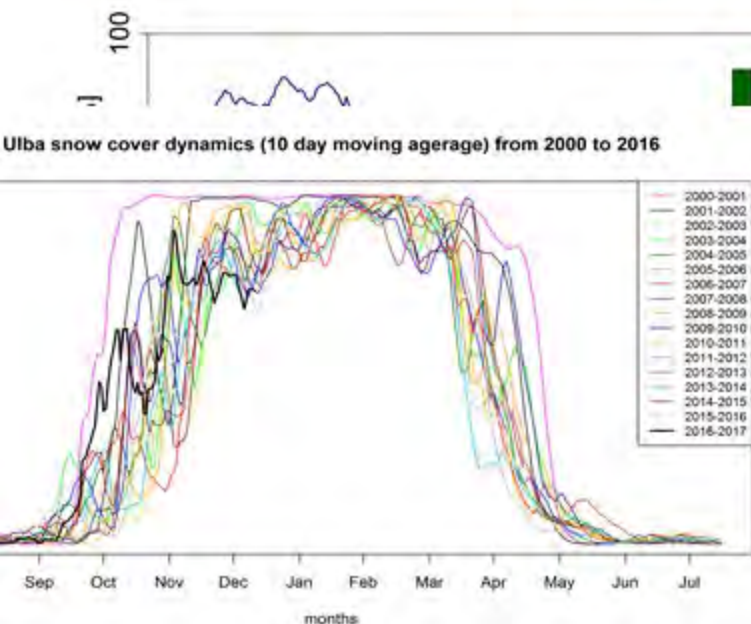
*Центр исследование Земли (GFZ Potsdam),
Германия*



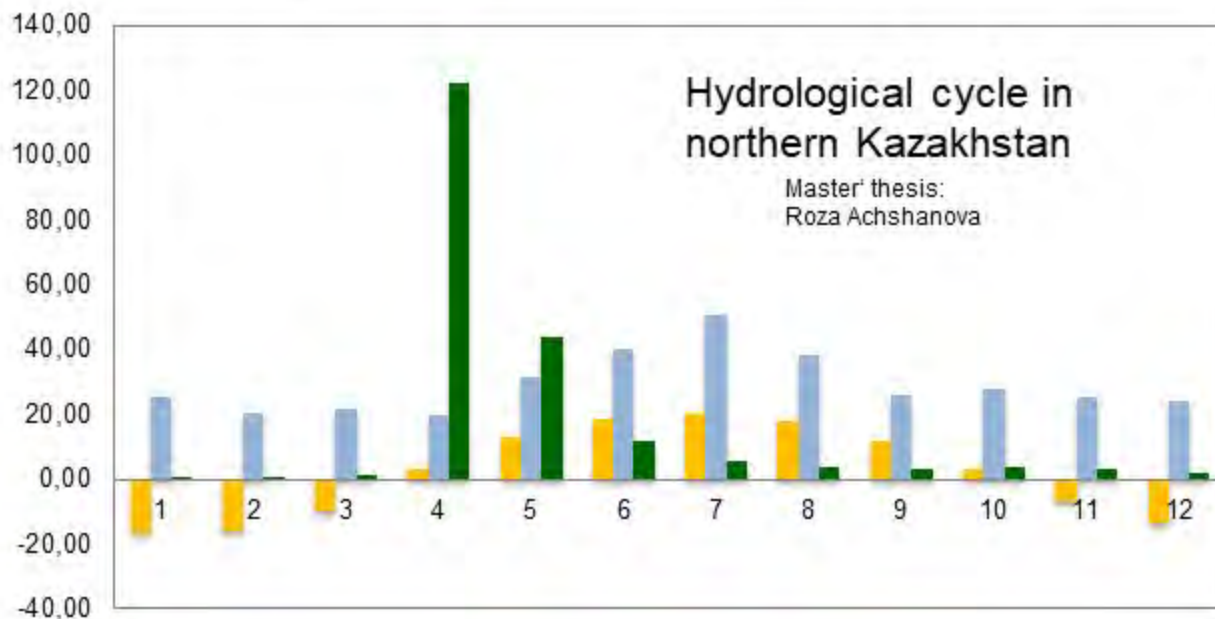
ФОРМИРОВАНИЕ ВОДЫ В ЦА



ГИДРОЛОГИЧЕСКИЙ ЦИКЛ В ЦА

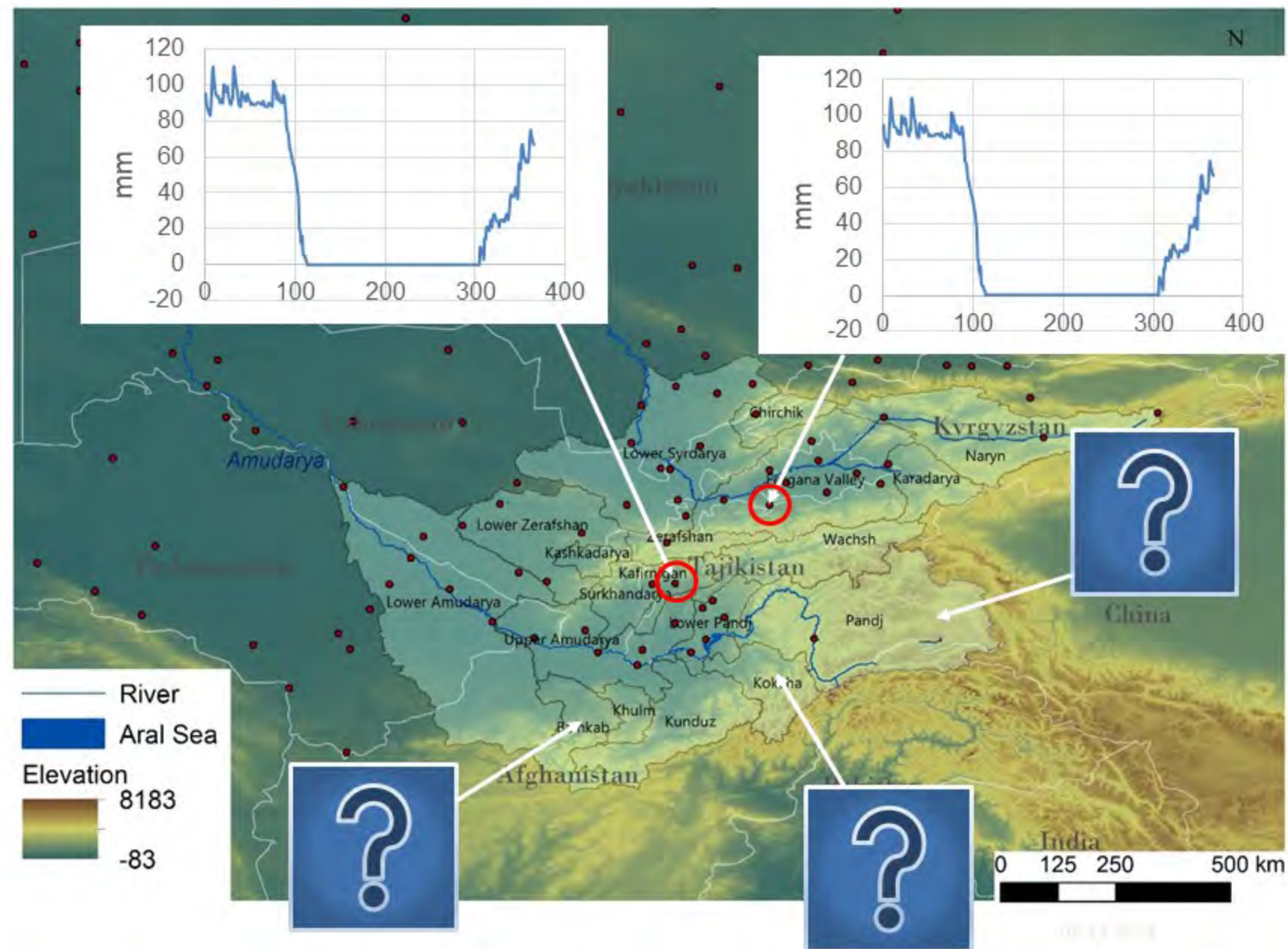


- Высокогорные регионы - натуральные водохранилища ("Водная Башня")
- Талая вода в летние периоды регулирует речного режима
- Информация о снега - индикатор о водности региона

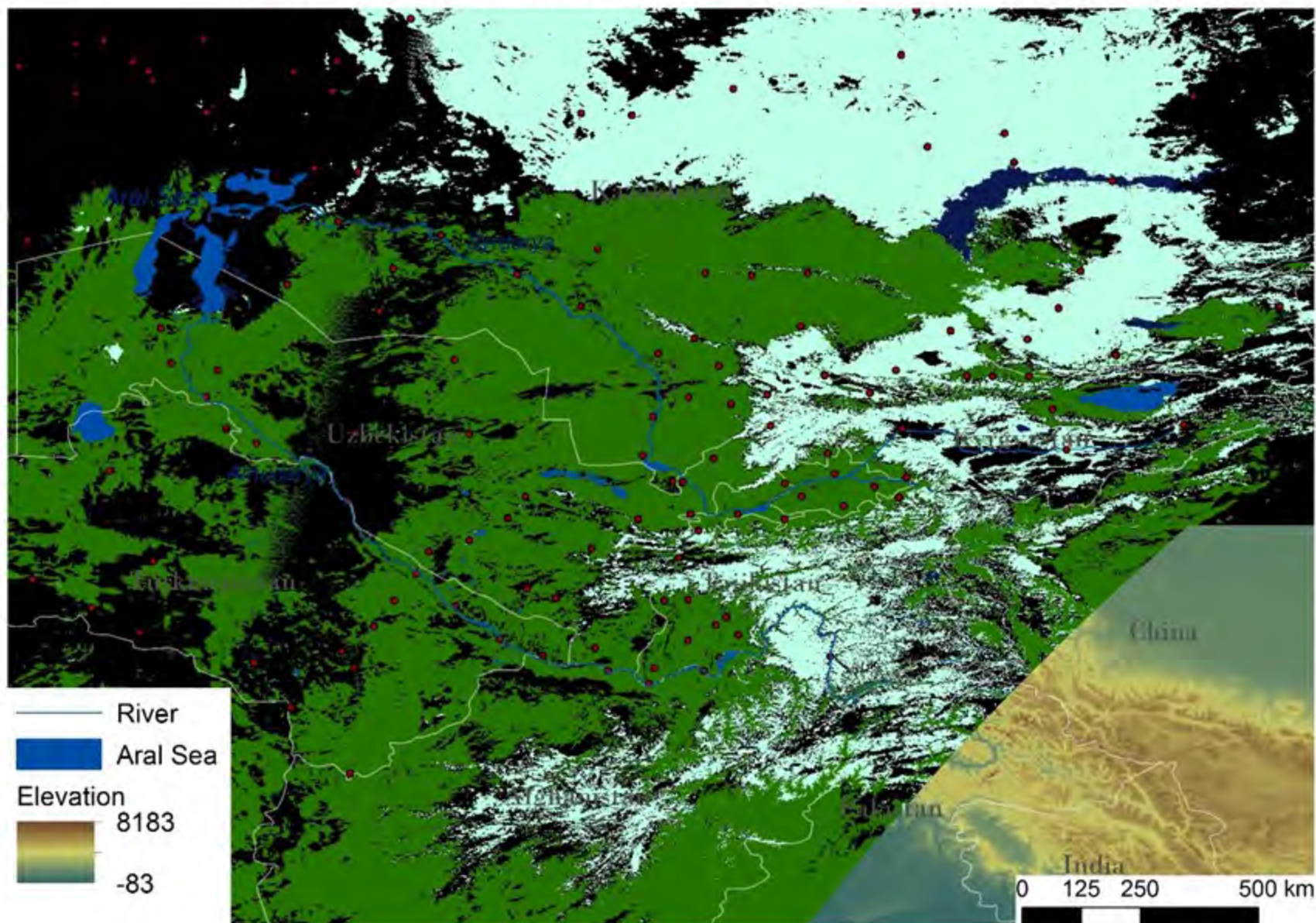


- Снеготаяние доминирует весенний сток
- Динамика хода площади снежного покрова может помочь в улучшении прогнозирования паводков

MANUAL SNOW OBSERVATIONS

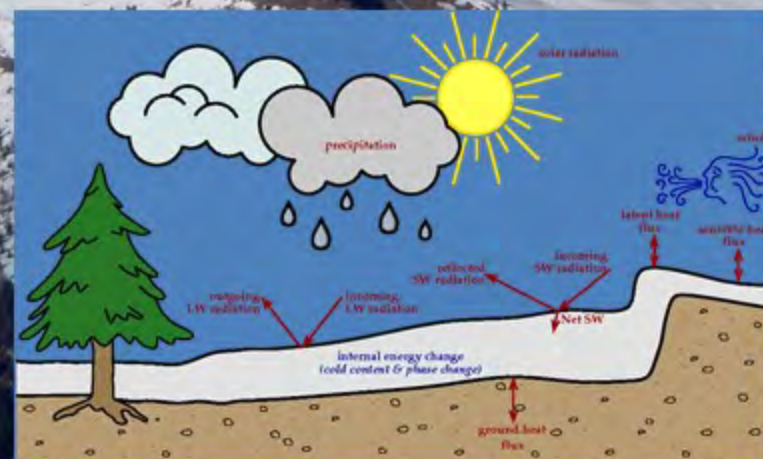


НАБЛЮДЕНИЯ СНЕЖНОГО ПОКРОВА ИЗ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ



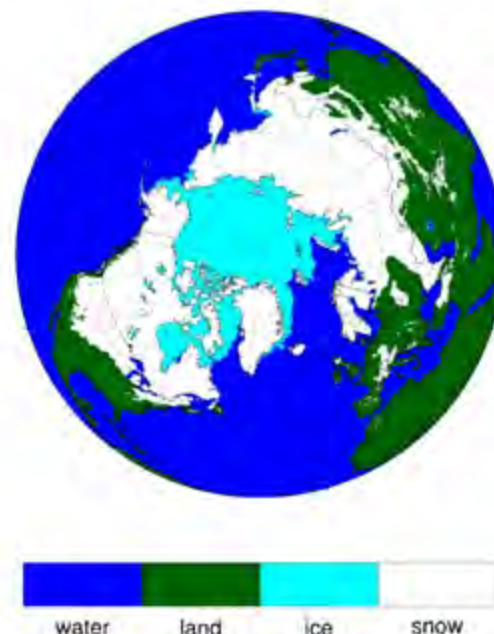


- Сезонный снег является важным компонентом климатической системы Земли
- Снежный покров регулирует температуру земной поверхности
- Ход изменчивости покрытия снежного покрова может быть полезным для прогнозирования климатических условий?



Моделированные карта снежного покрова

- Да, мы можем моделировать распределение снежного покрова
- Это, однако, неточно, потому что
 - Пространственное репрезентативность точечных данных осадков очень ненадёжные
 - Интерполяции приводят к дополнительные неопределенности



Карты снежного покрова на основе дистанционного зондирования

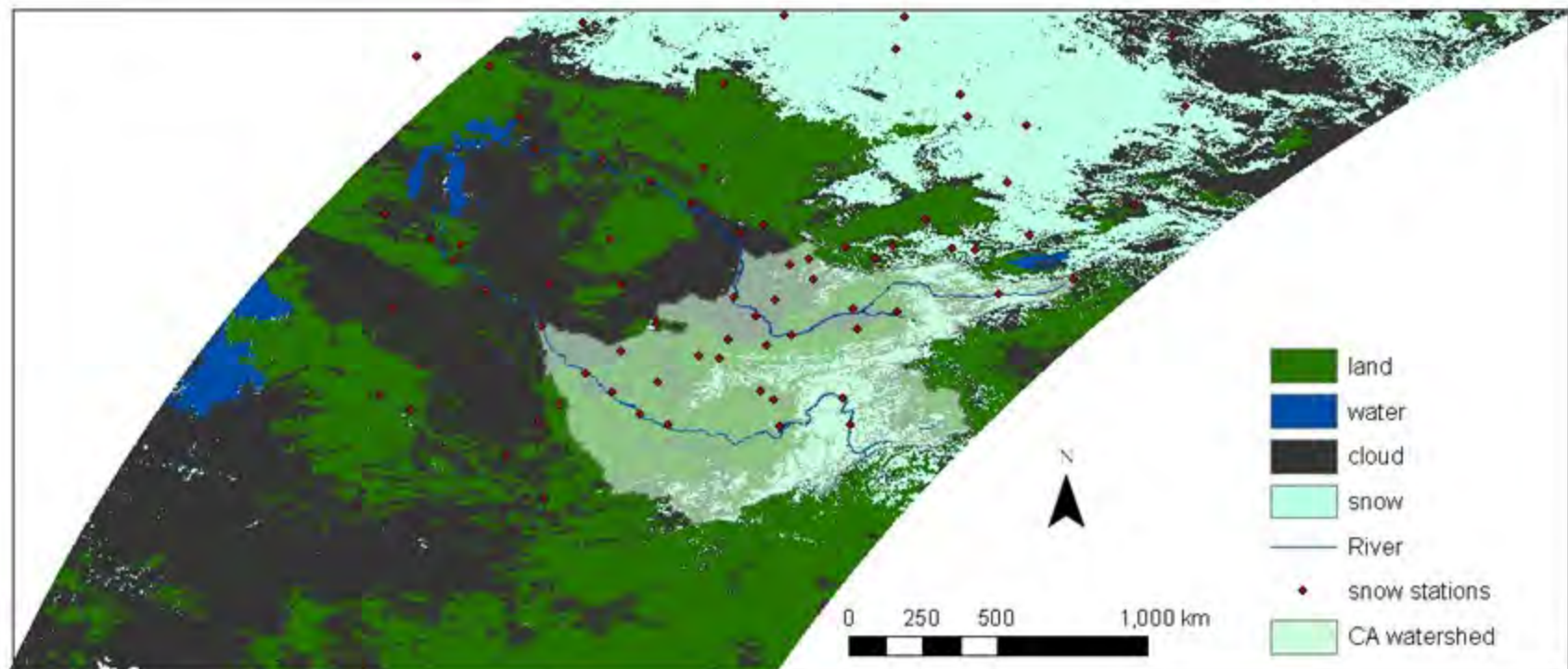
- Хорошо представленное пространственное разрешение
- Приемлемое ежедневное временное разрешение
- Реальное наблюдение из космоса



Source: Trietichler, 2017

MODIS SNOW COVER

- В свободном доступе
- Пространственное разрешение - 500 м
- Временное разрешение - ежедневно
- Установлено на борту спутников Terra и Aqua
- Почти оперативные данные (задержка на 2 дня)
- Информация о наличии снега
- Глобальный продукт
- Облачный покров - недостаток



ОЦЕНКА ДАННЫХ СНЕЖНОГО ПОКРЫТИЯ

Несколько исследований о точности MODIS снежный покров в разных частях мира

Author	Accuracy	Region	Years
Parajka, et al	95 %	Austria	2006
Klein, et al	88 %	USA	2003
Wang, et al	94 %	China	2008
Hall, et al	93 %	USA	2007
Ault, et al	92 %	USA	2006
Tekeli, et al.	82 %	Turkey	2005

Central Asia = ?

ОЦЕНКА ДАННЫХ СНЕЖНОГО ПОКРЫТИЯ

Stations	Elevation	Nr. Obs
Alma-Ata	847	645
Amsobskiy pereval	3373	8
Bakanas	396	506
Bishkek	756	392
Chardara	240	161
Chimkent	606	383
Djalal-Abad	771	330
Dushanbe	803	110
Dzhambul	642	329
Dzhizak	392	124
Fergana	578	98
Humragy	1740	16
Khorog	2077	398
Leninabad	410	2
Lugovaja	682	402
Murgab	3576	3
Namangan	474	112
Naryn	2039	708
Novo-Troitskoe	455	455
Parhar	446	16
Pendjikent	1015	35
Pskem	1259	717
Saimak	3837	4
Shahristanskiy Pereval	3143	1
Syr-Darya	264	146
Talas	1217	538
Tokmak	816	353
Tyan-Shyan	206	1307
Ura-Tube	1043	93
Vannovka	809	360

MODIS Terra – 93.1 %
MODIS Aqua – 92.7 %

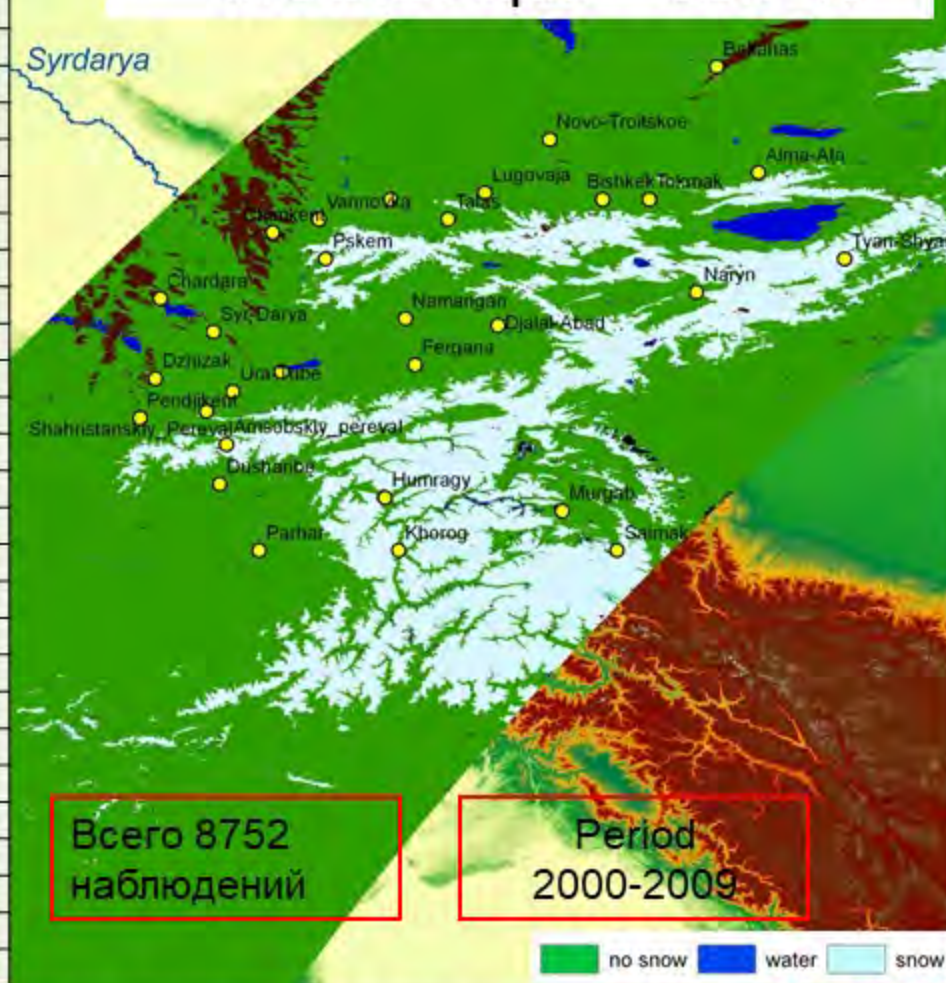
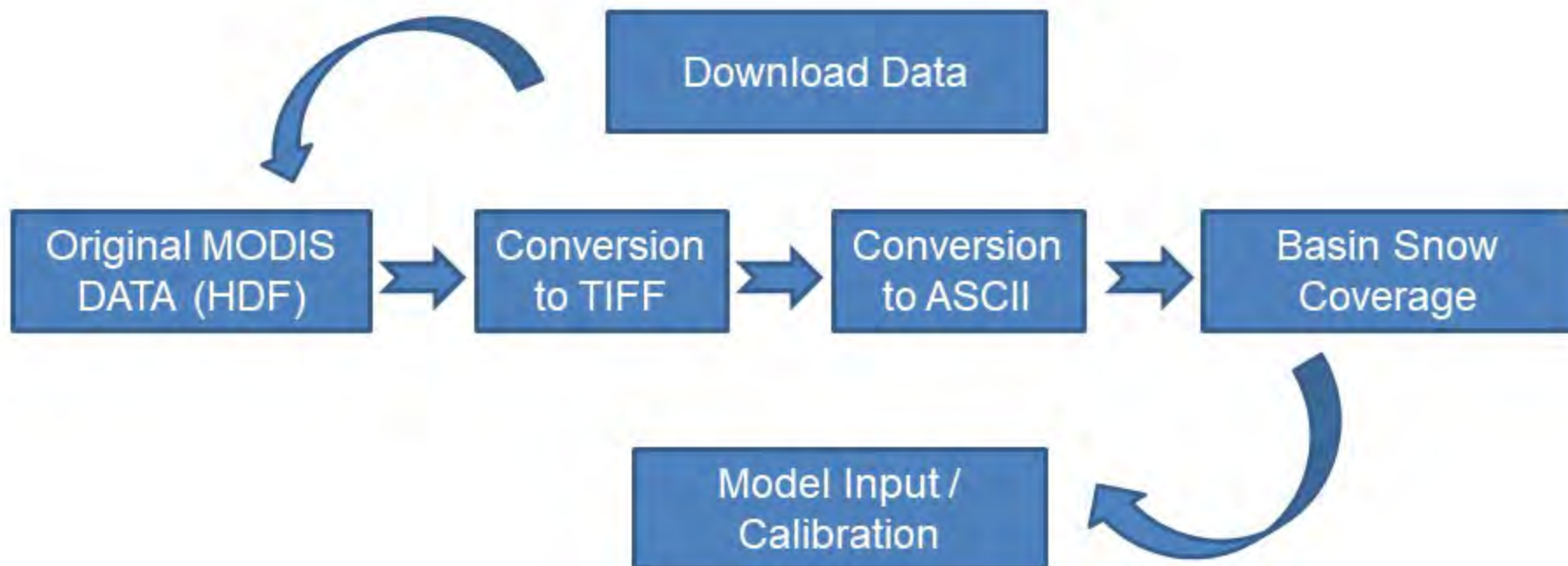


Схема обработки



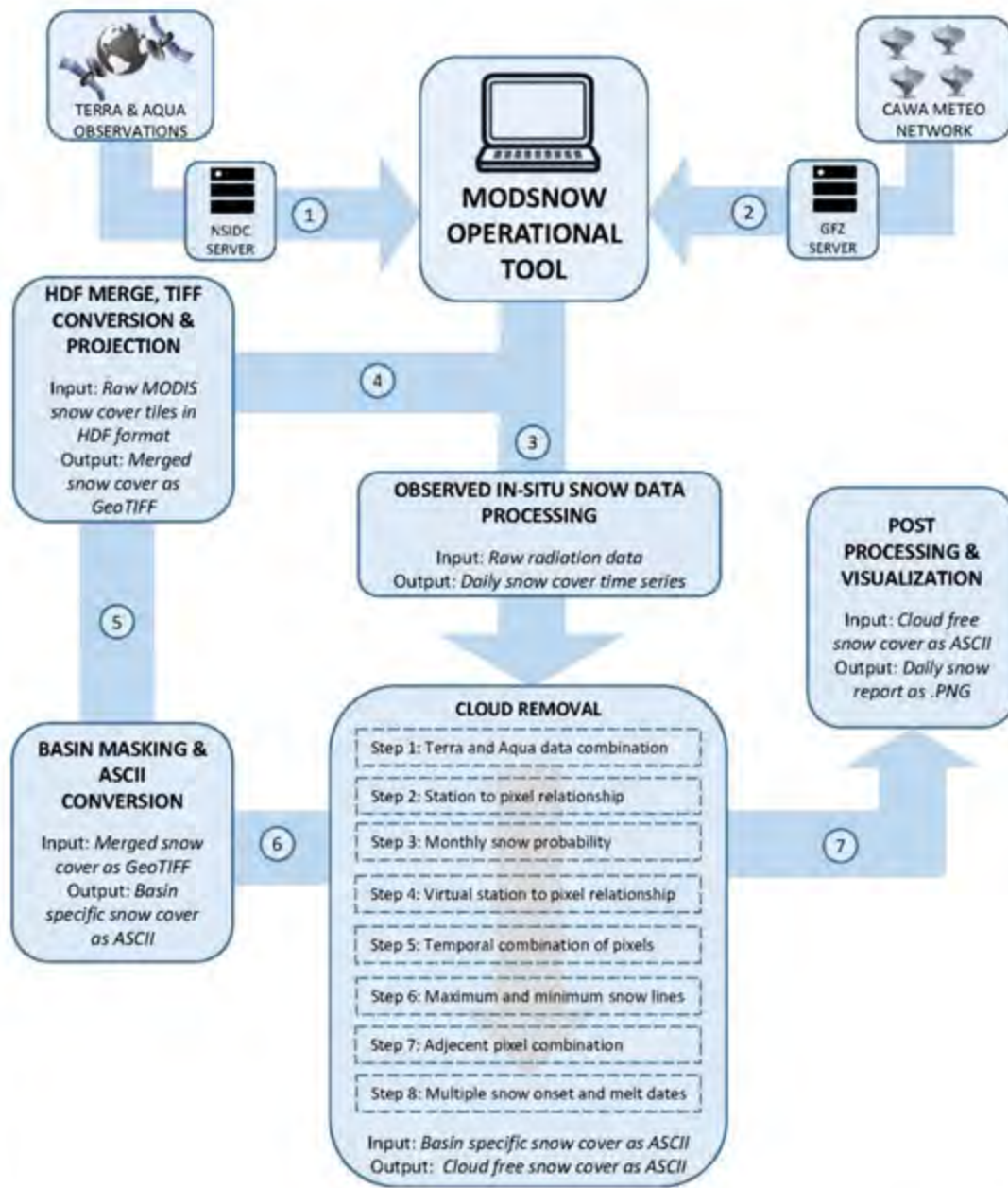
Ограничение:

1. Обработка требует определенных экспертных знаний
2. Никаких наблюдений в условиях облачности

MODSNOW

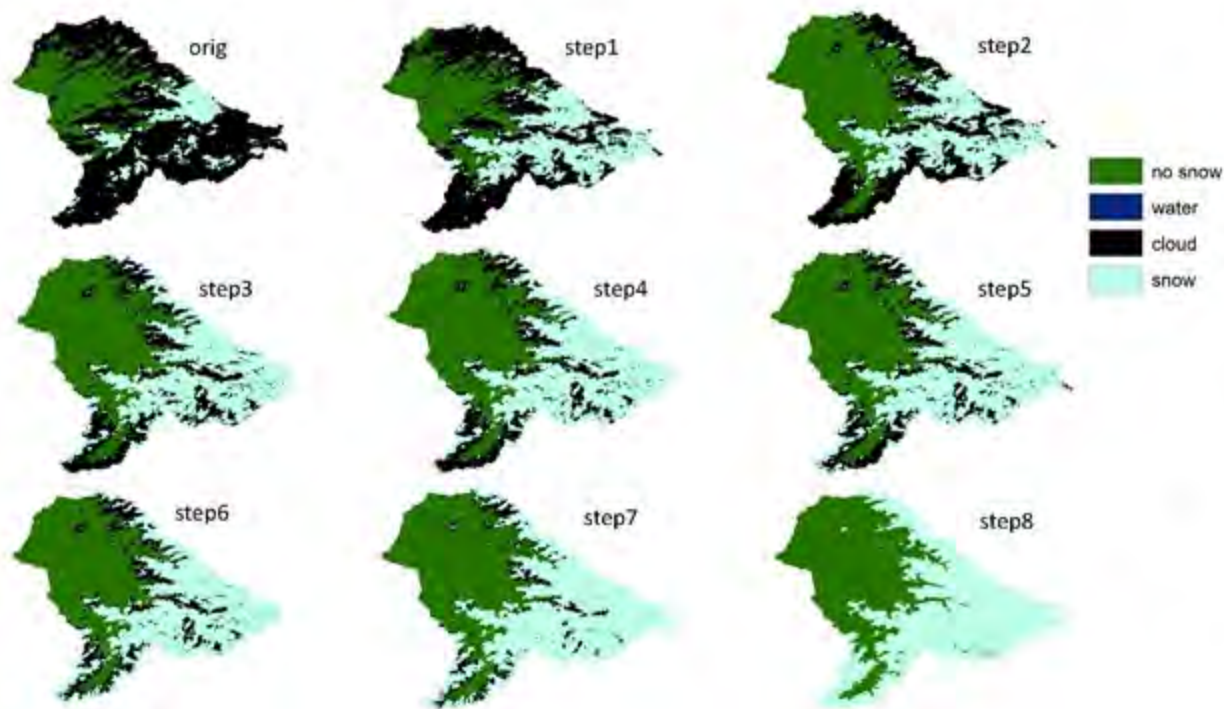
оперативный инструмент

1. Загрузка обновленные исходные карты снега с сервера NSIDC
2. Загрузка актуальных данных радиации с станций CAWa
3. Оценка снежного покрова с использованием данных о радиации
4. Преобразование исходных файлов HDF в формат GeoTIFF (инструмент MRT)
5. Преобразование файлов GeoTIFF в формат ASCII, включая маскирование бассейна (R Script)
6. Удаление облаков (автономная программа Fortran)
7. Постобработка статистики по картам снега (R-скрипты)



MODSNOW алгоритм удаления облаков

8 STEPS



1. Combination of Terra and Aqua
2. Station and pixel conditional probability approach
3. Monthly snow probability patterns
4. Pixel and virtual station conditional probability approach
5. Temporal combination using cloud free days
6. Maximum and minimum snow transition elevation
7. Combination of neighboring pixel and elevation
8. Time series approach

Инструмент MODSNOW

```
#
create a file list an
extract the one that
was processed
during the last run
file_li
st=c(sort(file_list.subd
ir(input,
subdir_vector,
path=FALSE),
decreasing=T))
day_
list=as.numeric(subst
ring(file_list, 4, 10))
file_i
ndex=which(day_list
>=as.numeric(l_day)
&
day_list<=as.numeric
(c_day))
```

```
write(10,'(a)') 'open n5eil01u.ecs.nsidc.org'
write(10,'(a)') 'anonymous'
write(10,'(a)') 'gafurov@'
write(10,'(a)') 'bin'
write(10,'(a)') 'prompt off'
```

1. R CMD BATCH dbf2txt.R
2. modis_download.exe
3. modis_download_multiple.bat
4. modis_merge_resample_multiple.exe
5. merge_resample.bat

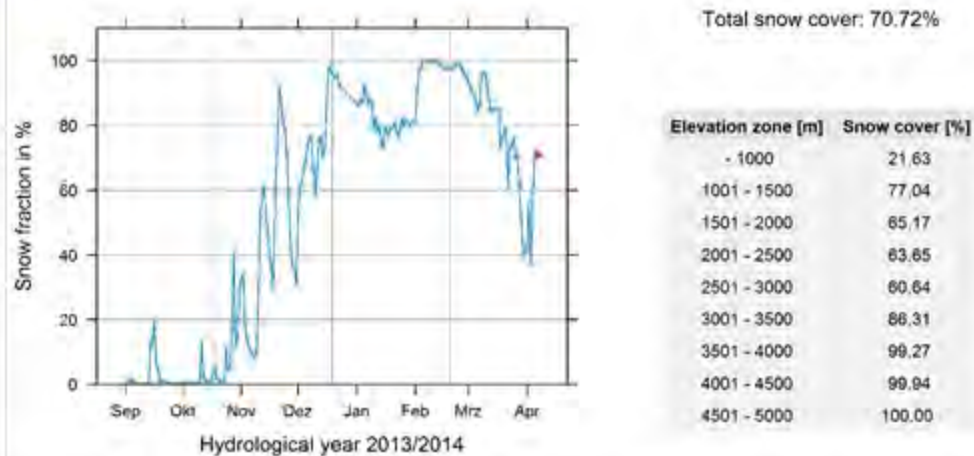
```
do m=1,12
do d=1,31
if (julian_tag(d,m).eq.j)
then
monat=julian_month(m)
tag=normal_tag(d)
endif
Enddo
```

**Установить как
запланированная задача
на компьютер**

```
K:\modsnow_operat
K:\modsnow_operational_tool\output
K:\modsnow_operational_tool\base
2014 # last year
2014 # current year
001 # last julian day
125 # current julian day
```

```
/year/././month/././day
A/h21v03'
df
A/h21v04'
```

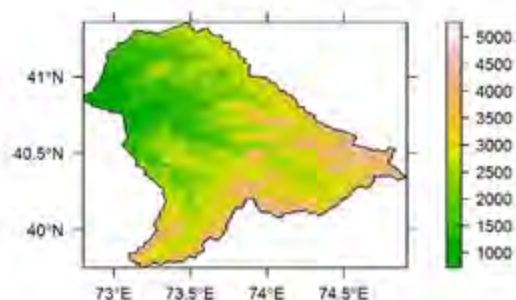
```
write(10,'(a)') 'mget MYD10A1.h21v04.005.hdf'
write(10,'(a)') 'lcd '//trim(path_input)//'/HDF/AQUA/h22v03'
write(10,'(a)') 'mget MYD10A1.h22v03.005.hdf'
write(10,'(a)') 'lcd '//trim(path_input)//'/HDF/AQUA/h22v04'
write(10,'(a)') 'mget MYD10A1.h22v04.005.hdf'
write(10,'(a)') 'lcd '//trim(path_input)//'/HDF/AQUA/h23v03'
write(10,'(a)') 'mget MYD10A1.h23v03.005.hdf'
write(10,'(a)') 'lcd '//trim(path_input)//'/HDF/AQUA/h23v04'
write(10,'(a)') 'mget MYD10A1.h23v04.005.hdf'
write(10,'(a)') 'lcd '//trim(path_input)//'/HDF/AQUA/h24v04' enddo
```



**МОНИТОРИНГ
СНЕЖНОГО
ПОКРОВА
С ПОМОЩЬЮ
MODSNOW**

**Отчёты
MODSNOW-
Tool**

DEM of the Karadarya basin



Snow cover distribution in the Karadarya basin



Карты
снежного
покрова
ASCII
доступны на
каждый день

Оригинальные

Обработанные



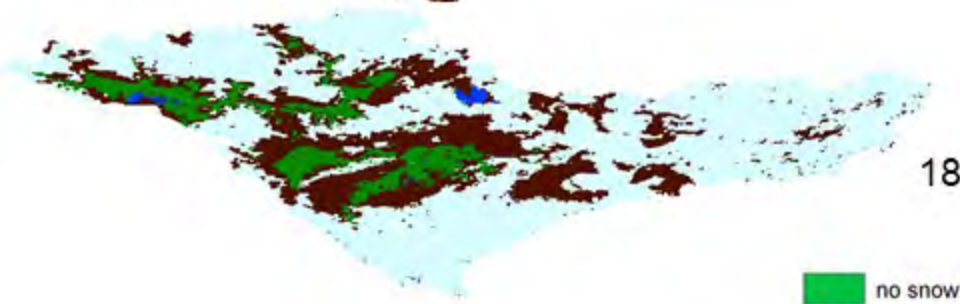
07.02.2003



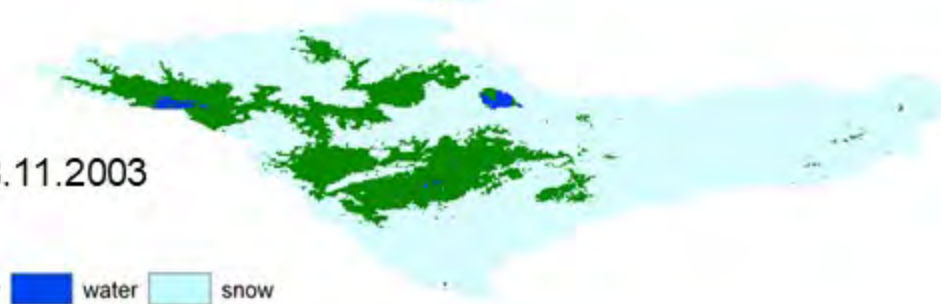
21.04.2003



15.05.2003

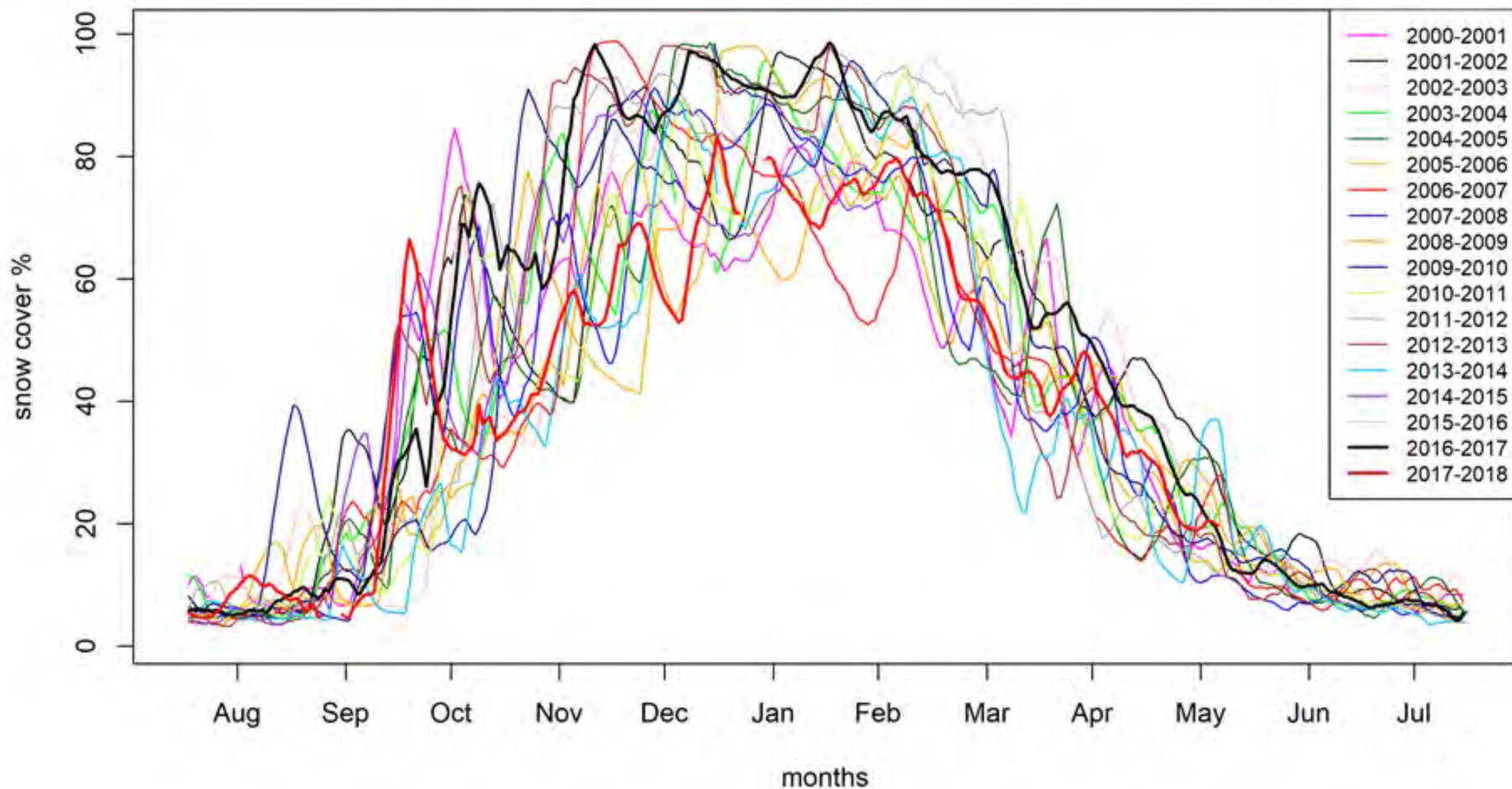


18.11.2003

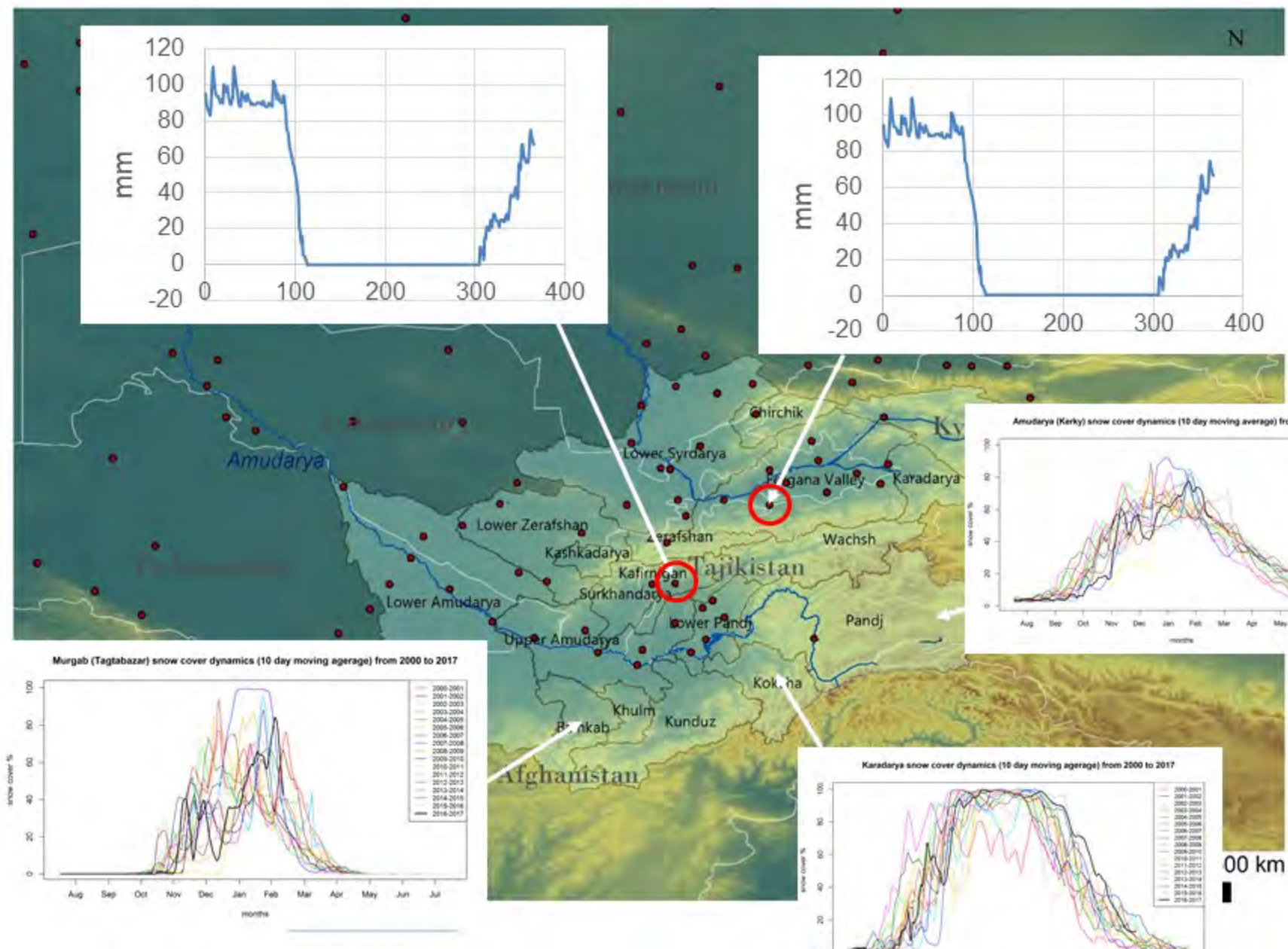


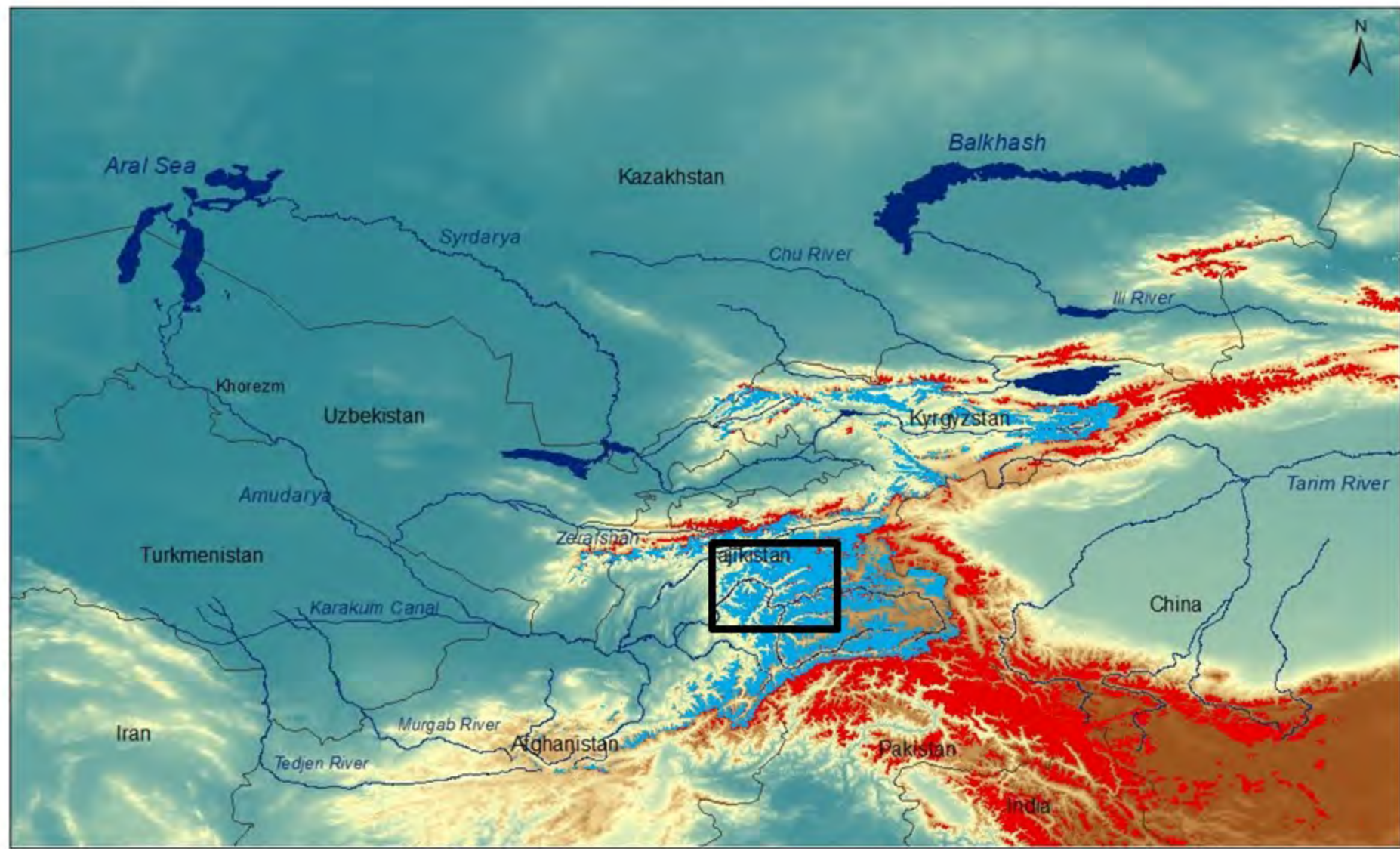
no snow water snow

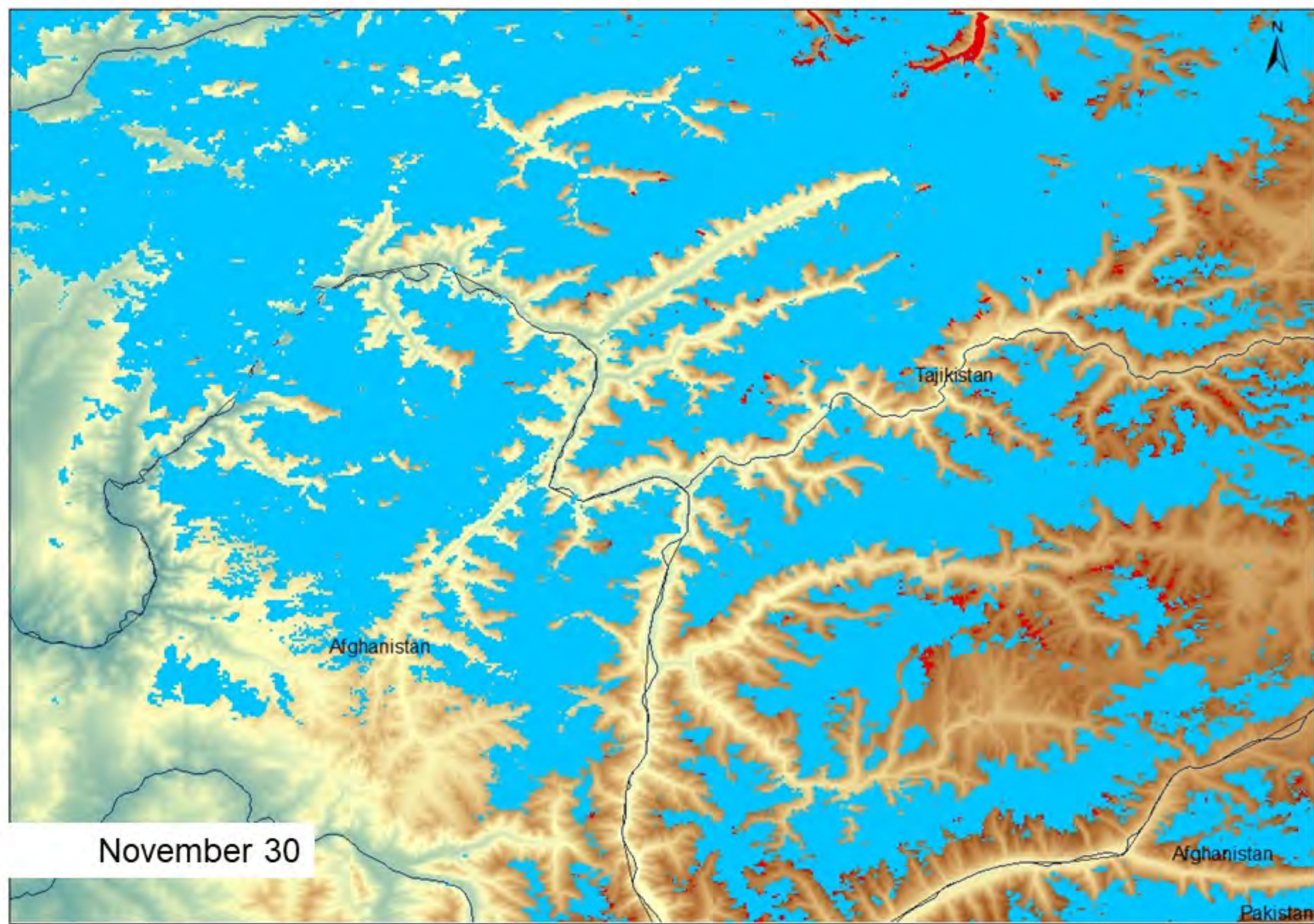
Chilik (Malybai) snow cover dynamics from 2000 to 2018



SNOW OBSERVATIONS

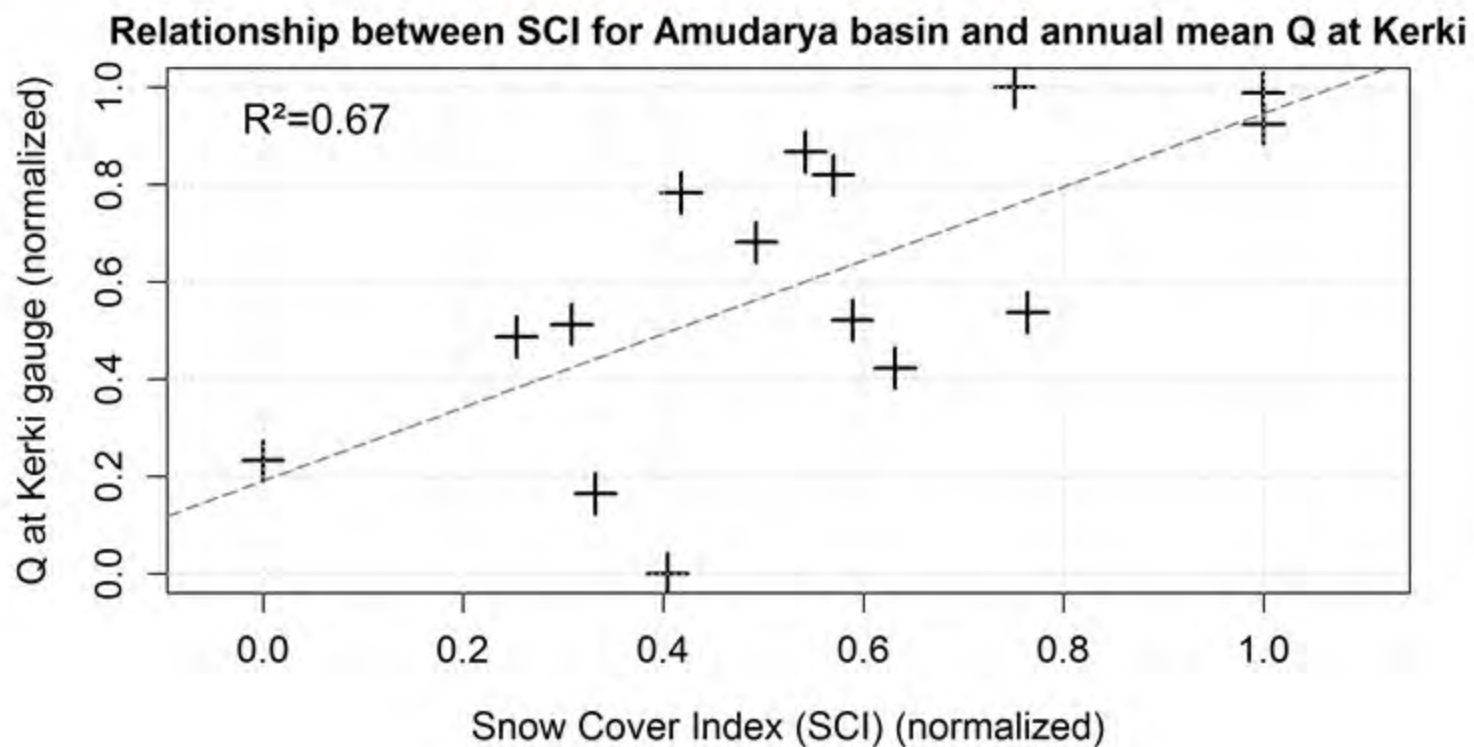


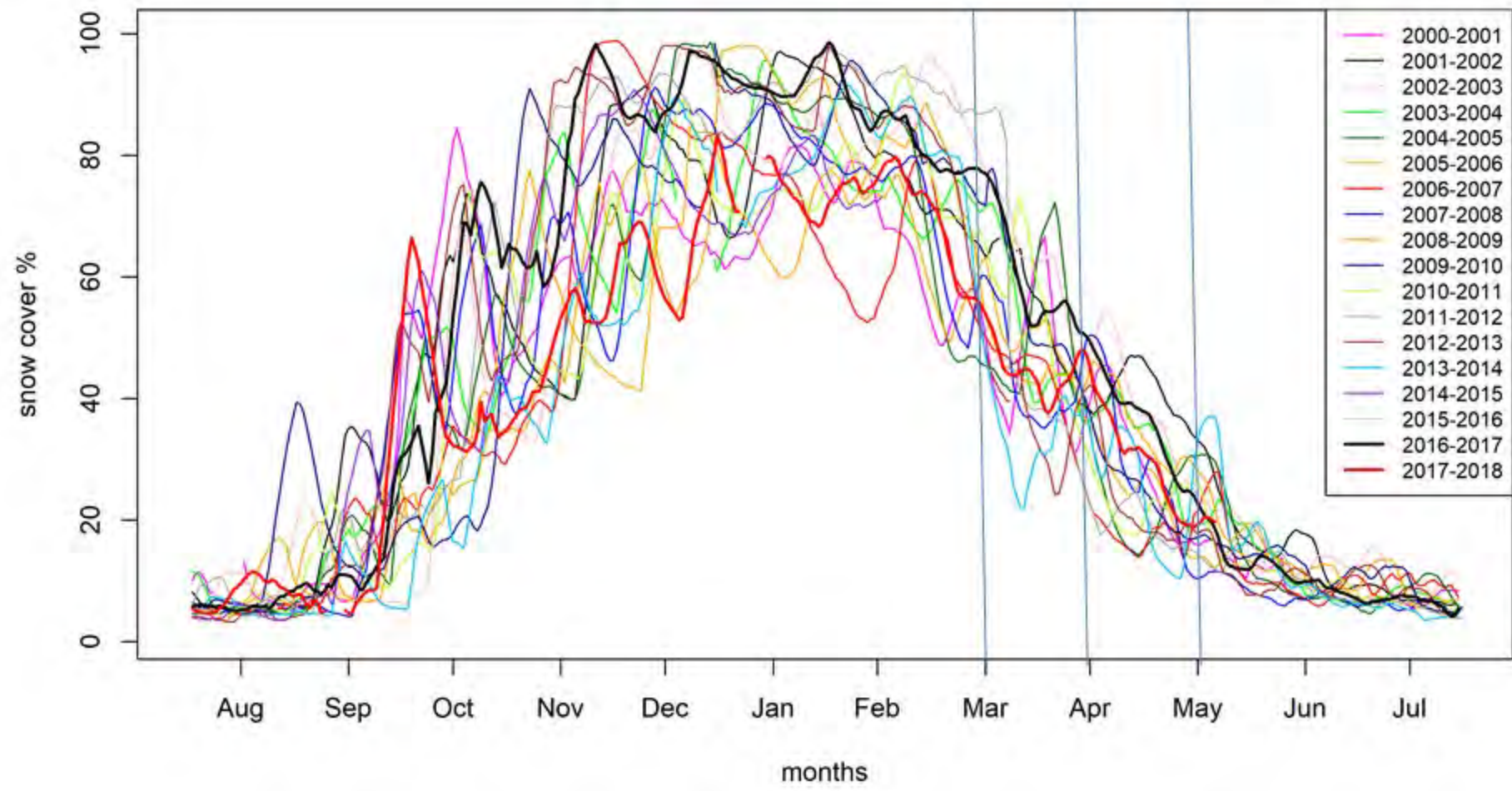




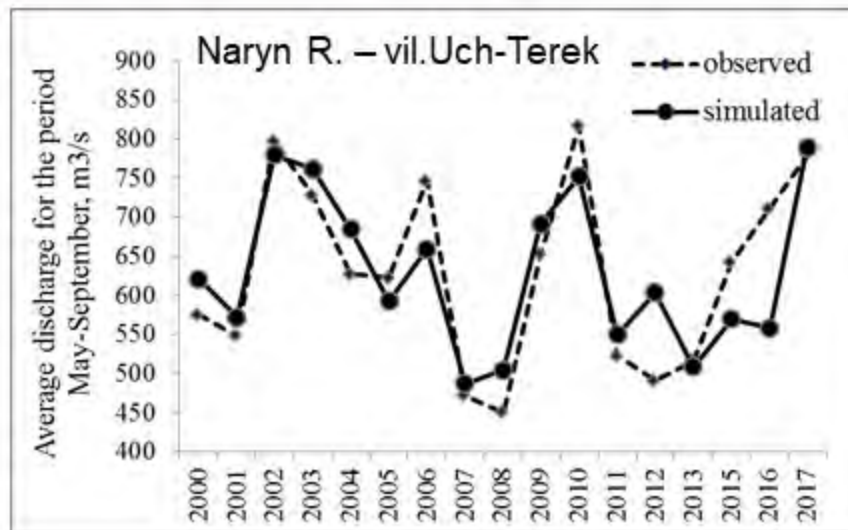
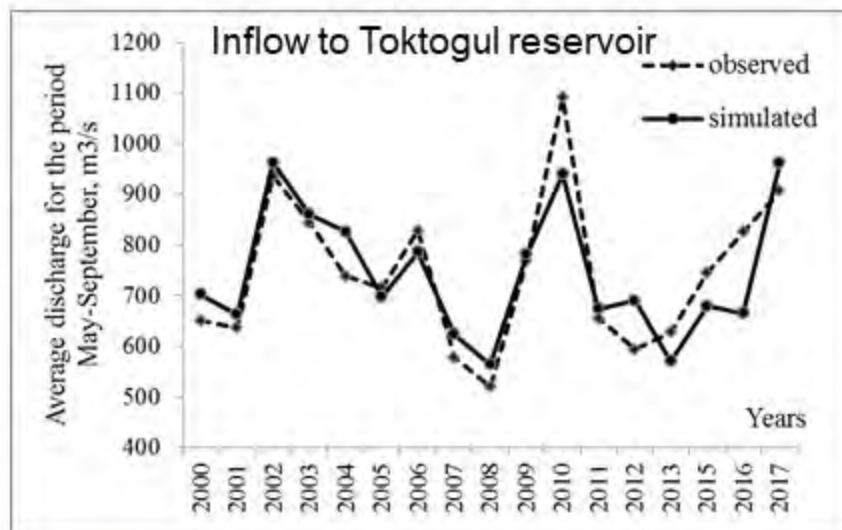
Прогнозирование стока на вегетационный период

ЗАВИСИМОСТЬ СТОКА РЕКИ АМУДАРЬЯ ОТ СНЕЖНОГО ПОКРОВА



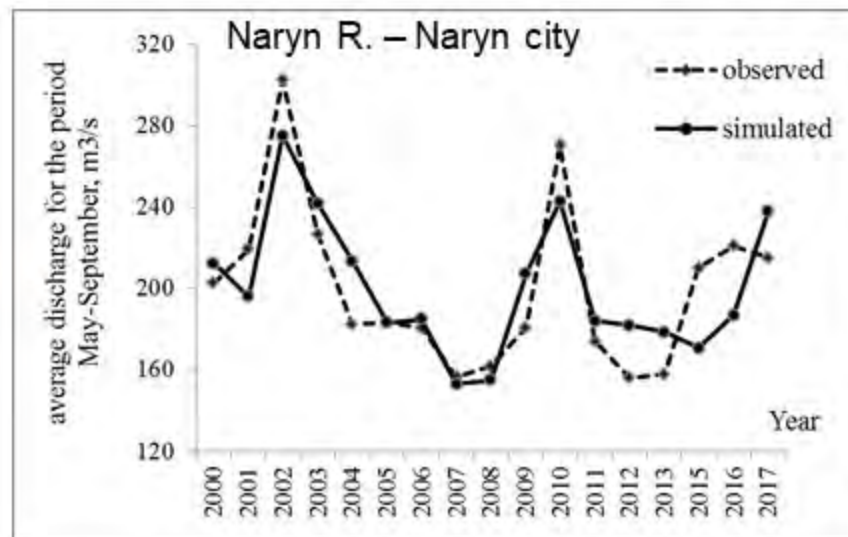


Методология прогнозирования речного стока на основе множественной линейной регрессии

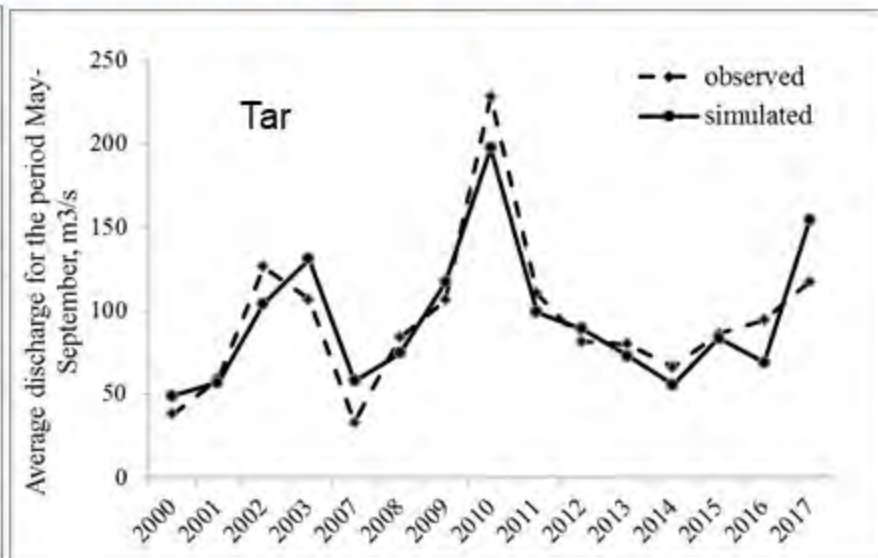
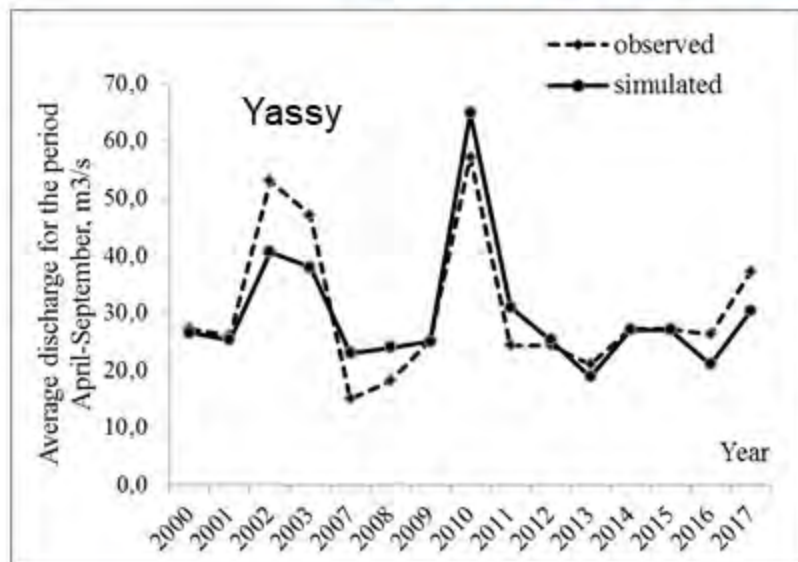


Предикторы:

- Площадь снежного покрова в конце марта и апреля
- Предшествующий сток в апреле (май)
- Температура воздуха в мае

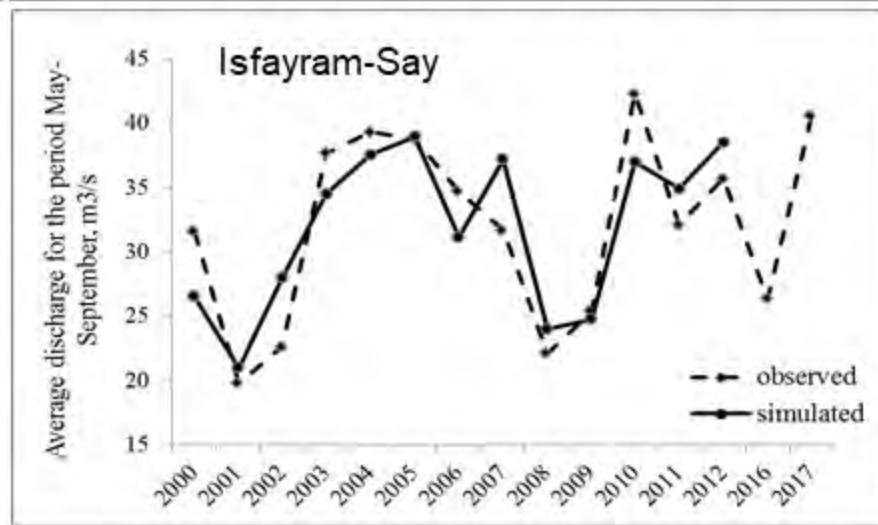


Методология прогнозирования речного стока на основе множественной линейной регрессии.



Предикторы:

- Площадь снежного покрова в конце марта и апреле
- Предшествующий сток в апреле (май)
- Температура воздуха в мае



Результаты прогнозов стока реки на вегетационный период (апрель-сентябрь*, май-сентябрь) для маловодия, многоводия и среднего стока

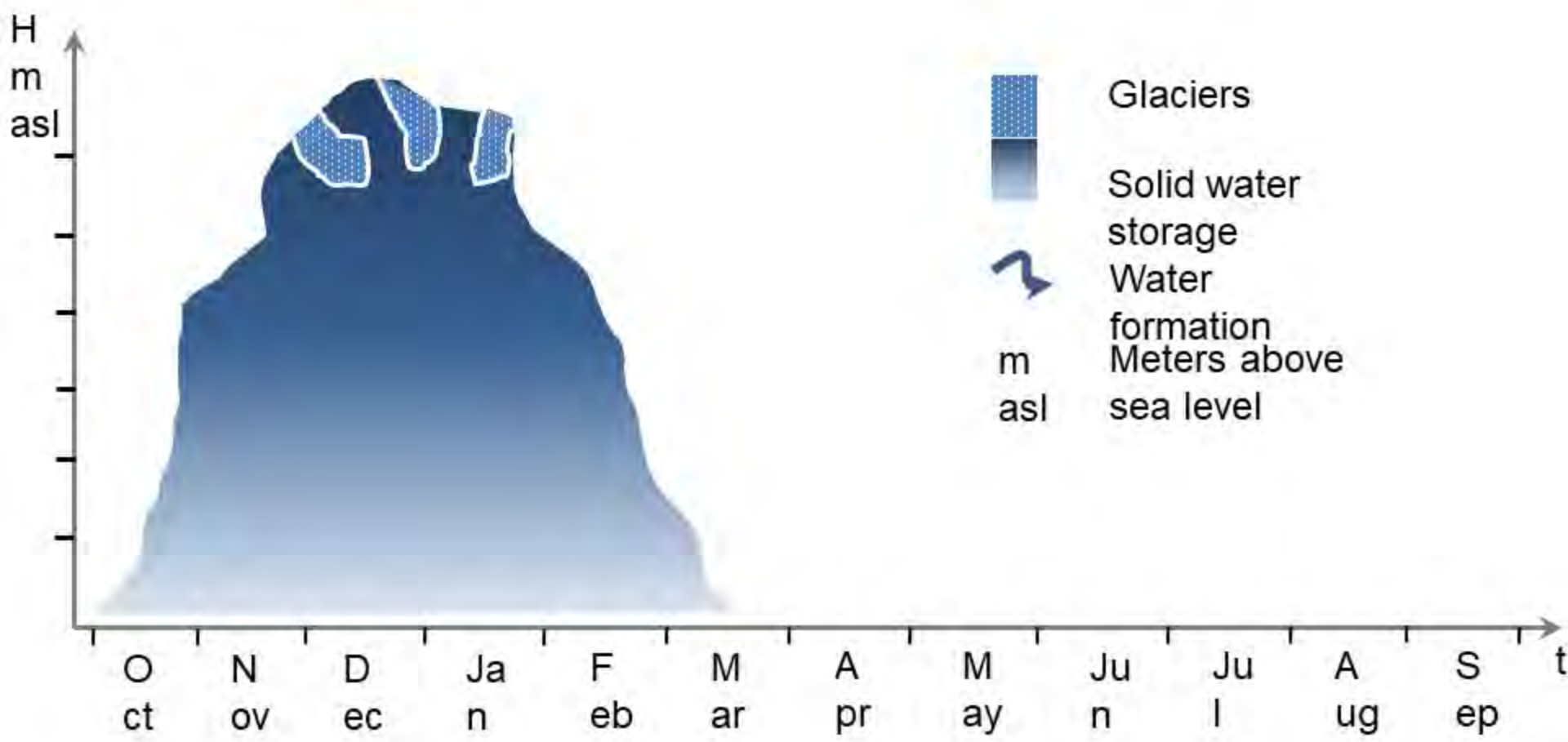
Name of river	Equation	Correlation coefficient R^2	The predictability of forecasts, in %	Year	Discharge simulation m^3 / s	Discharge observed, m^3 / s	Runoff of average in % for the period 2000-2017
Inflow of the Toktogul reservoir	$8.36S_{sn120} + 0.87Q_4 + 144$	0.75	88	2008	564	520	70
				2010	940	1091	146
				2015	680	746	100
Naryn R. – vil.Uch-Terek	$7.07S_{sn120} + 0.57Q_4 + 215$	0.70	88	2008	505	450	72
				2010	752	816	130
				2015	569	642	102
Naryn R. – city Naryn	$1.95S_{sn120} + 1.03Q_4 + 36.7$ $1.96S_{sn120} + 0.94Q_4 + 25.7T_{6-8} - 78.5$	0.68 / 0.78	65 / 82	2008	155	162	81
				2010	243	270	135
				2015	171 / 198	210	105
Tentek-Say*	$0.63S_{sn90} + 0.08Q_3 + 3.56$	0.60	80	2001	25.2	20.9	44
				2010	48.2	63.1	133
				2002	49.8	38.4	81
Kegart*	$0.24S_{sn90} + 1.19Q_3 - 5.56$	0.74	91	2008	20.3	14.3	44
				2010	68.5	67.7	208
				2012	25.6	28.9	89
Yassy*	$0.38S_{sn90} + 2.12Q_3 - 22.2$	0.79	92	2008	23.9	18.1	61
				2010	64.8	57.2	191
				2012	25.3	24.4	81

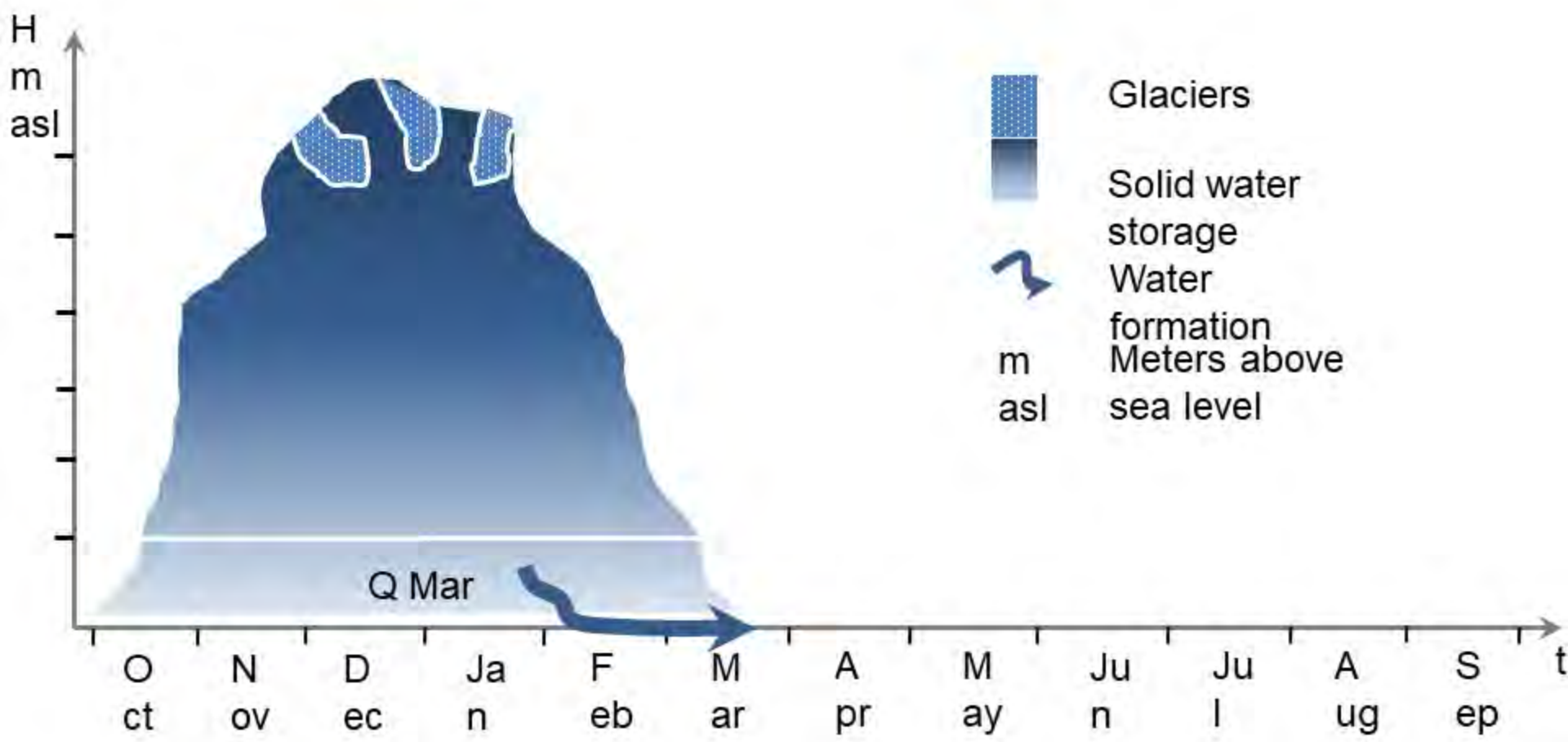
Прогнозы на 2018 г.

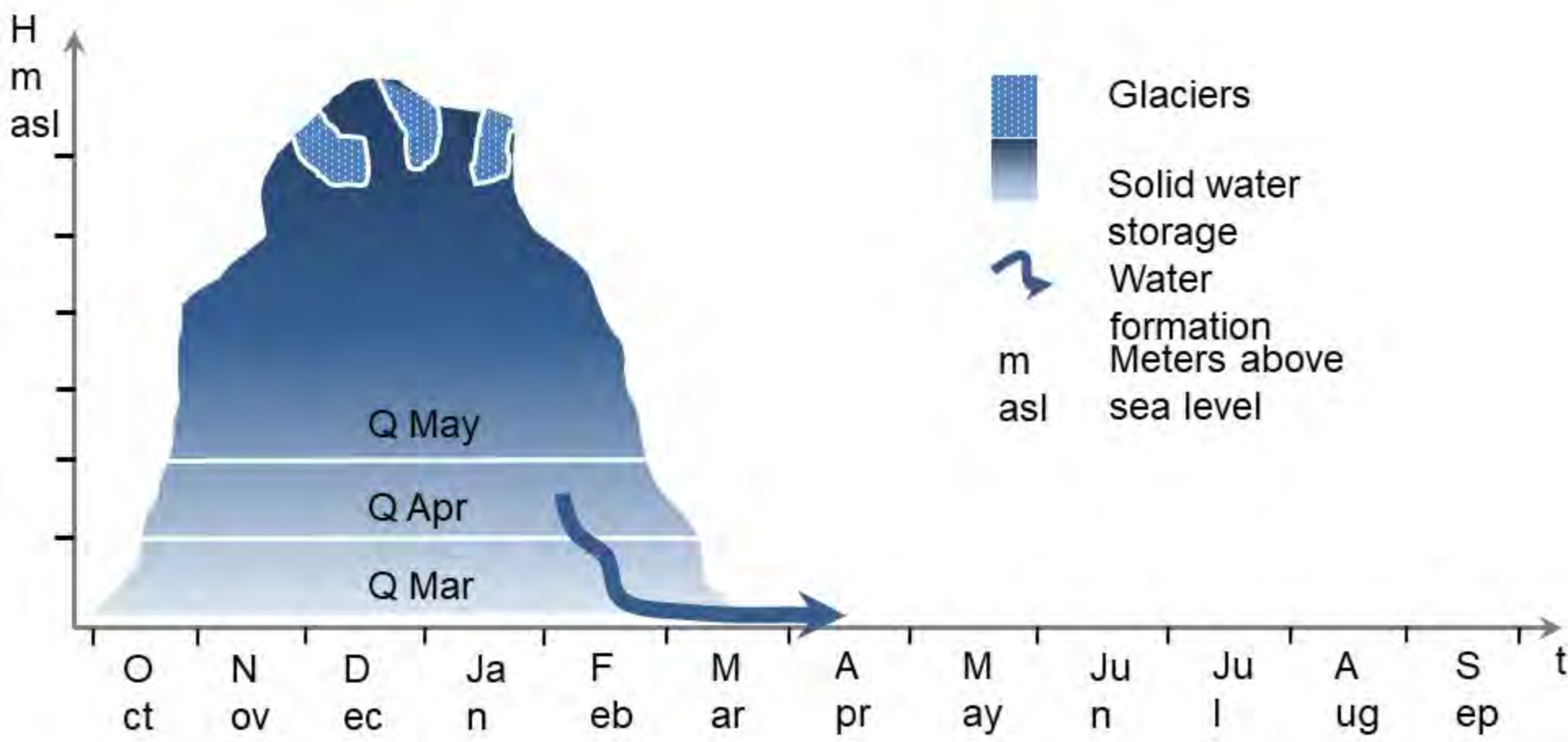
Оправдываемость	April-September	May-September
Приток в Токтогул	опр	опр
г.Нарын	опр	опр
Яссы	опр	*
Тар	опр	опр
Куршаб	*	опр
Араван-Сай	не опр	не опр
Исфайрам Сай	опр	опр
Шахимардан	опр	опр
Кара-Кулджа	не опр	не опр на 3%

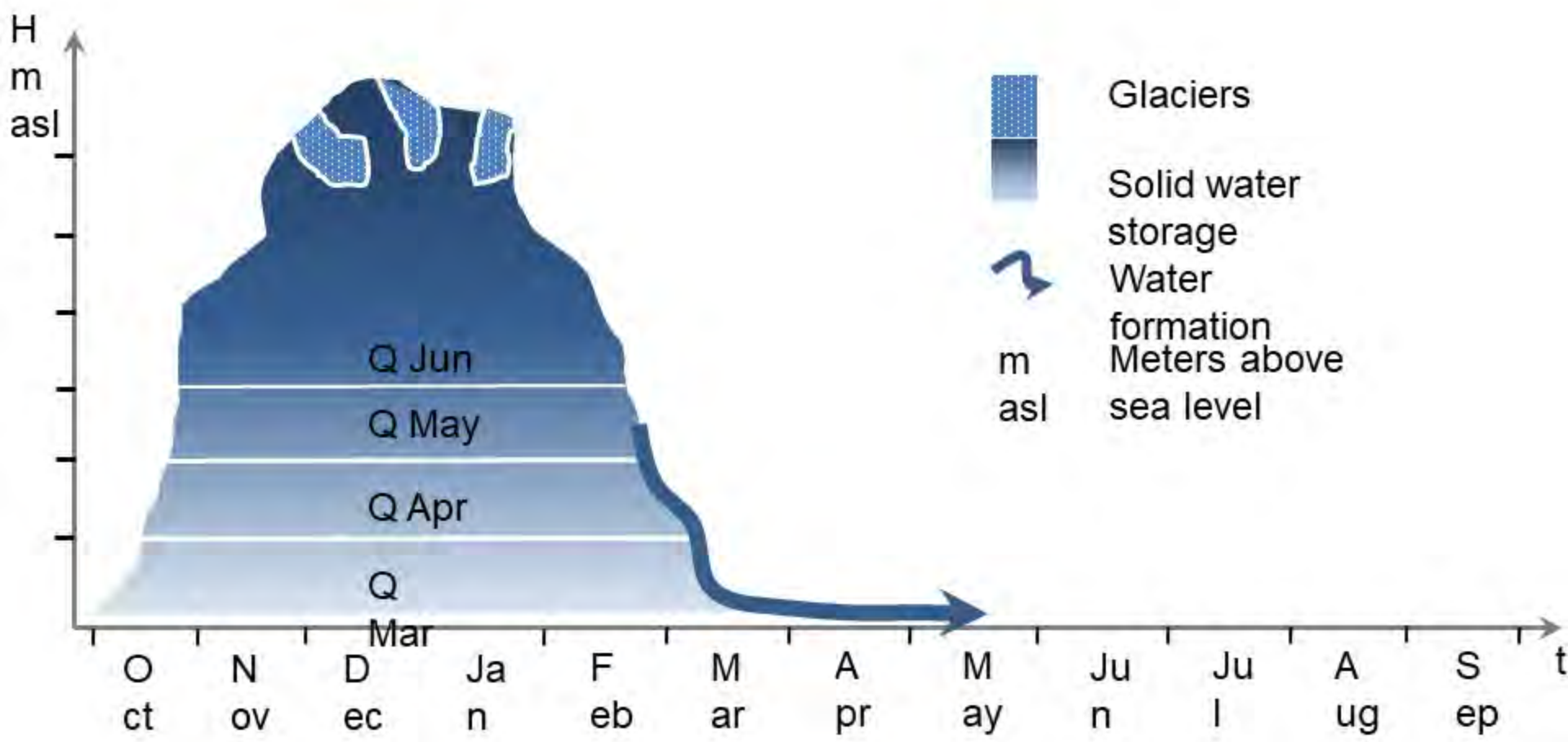
Индикаторы: Снежный покров на конех марта или апреля

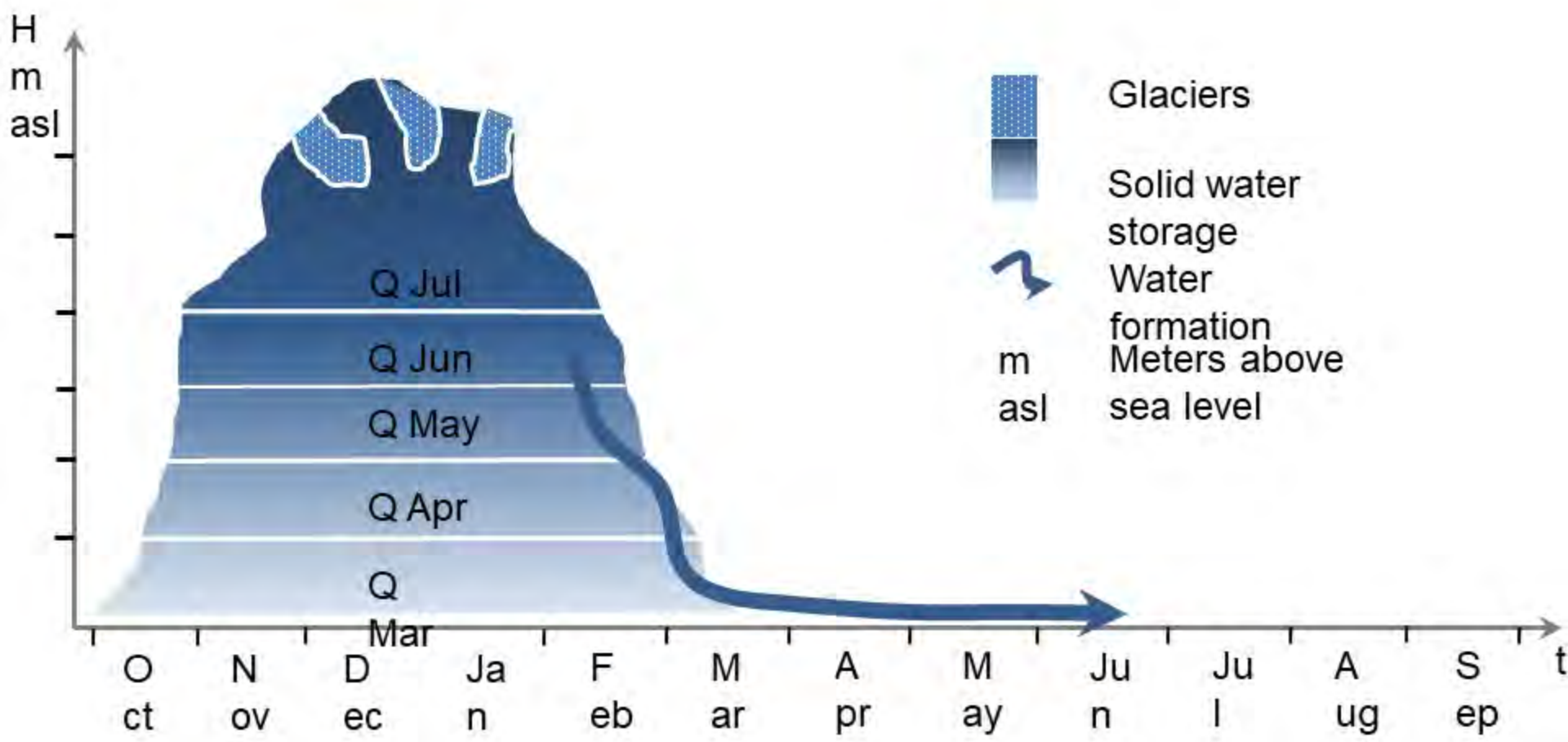
Ежемесячное прогнозирование стока

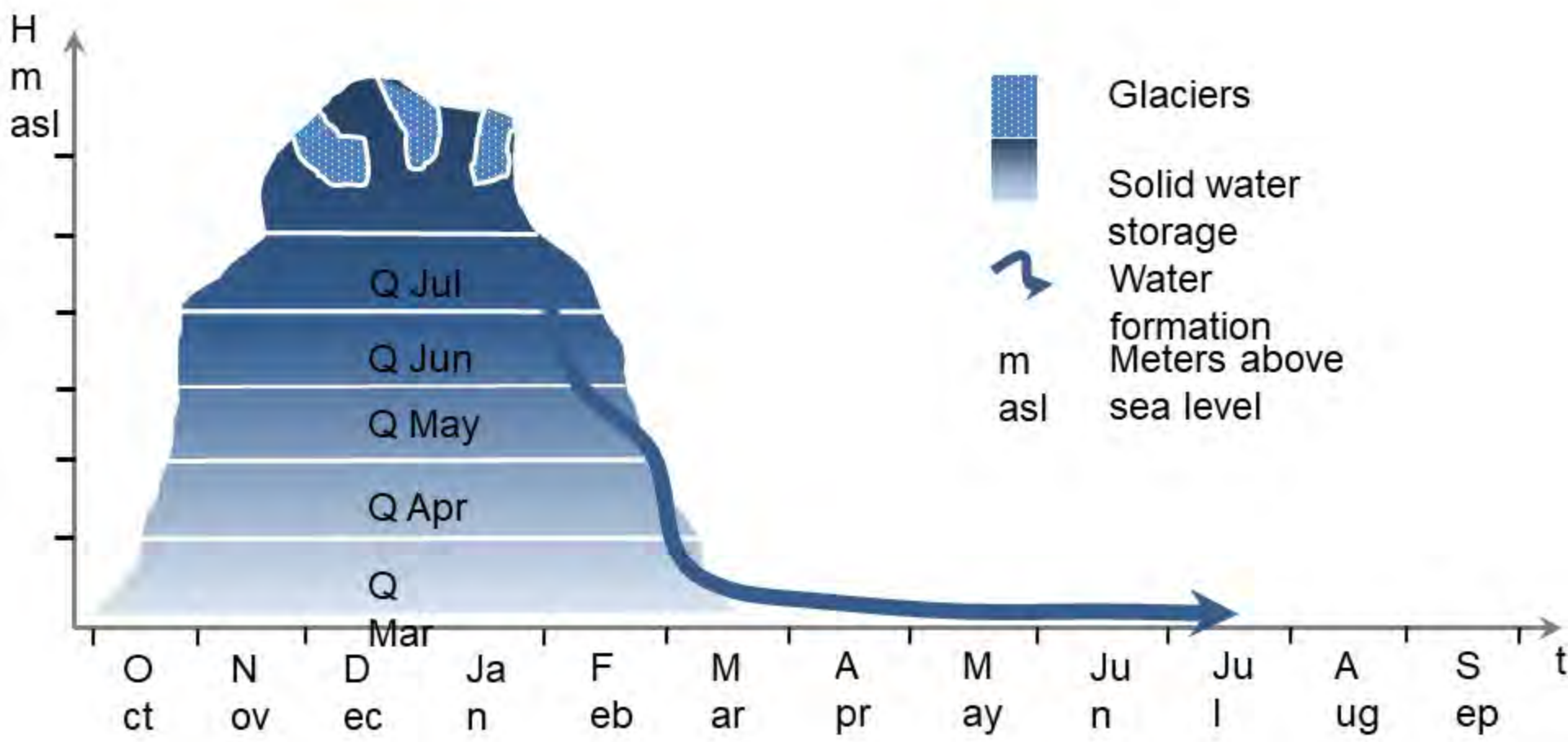


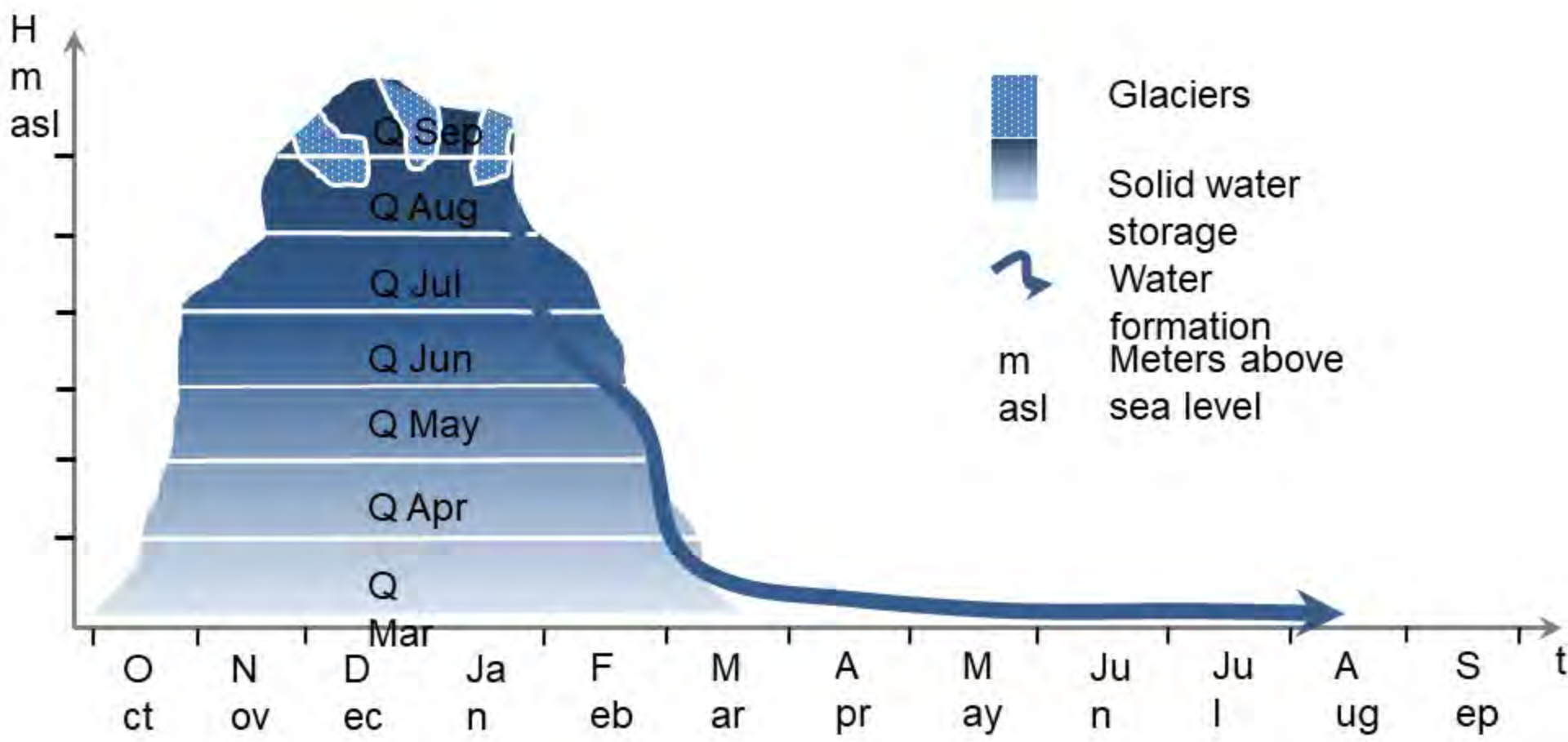


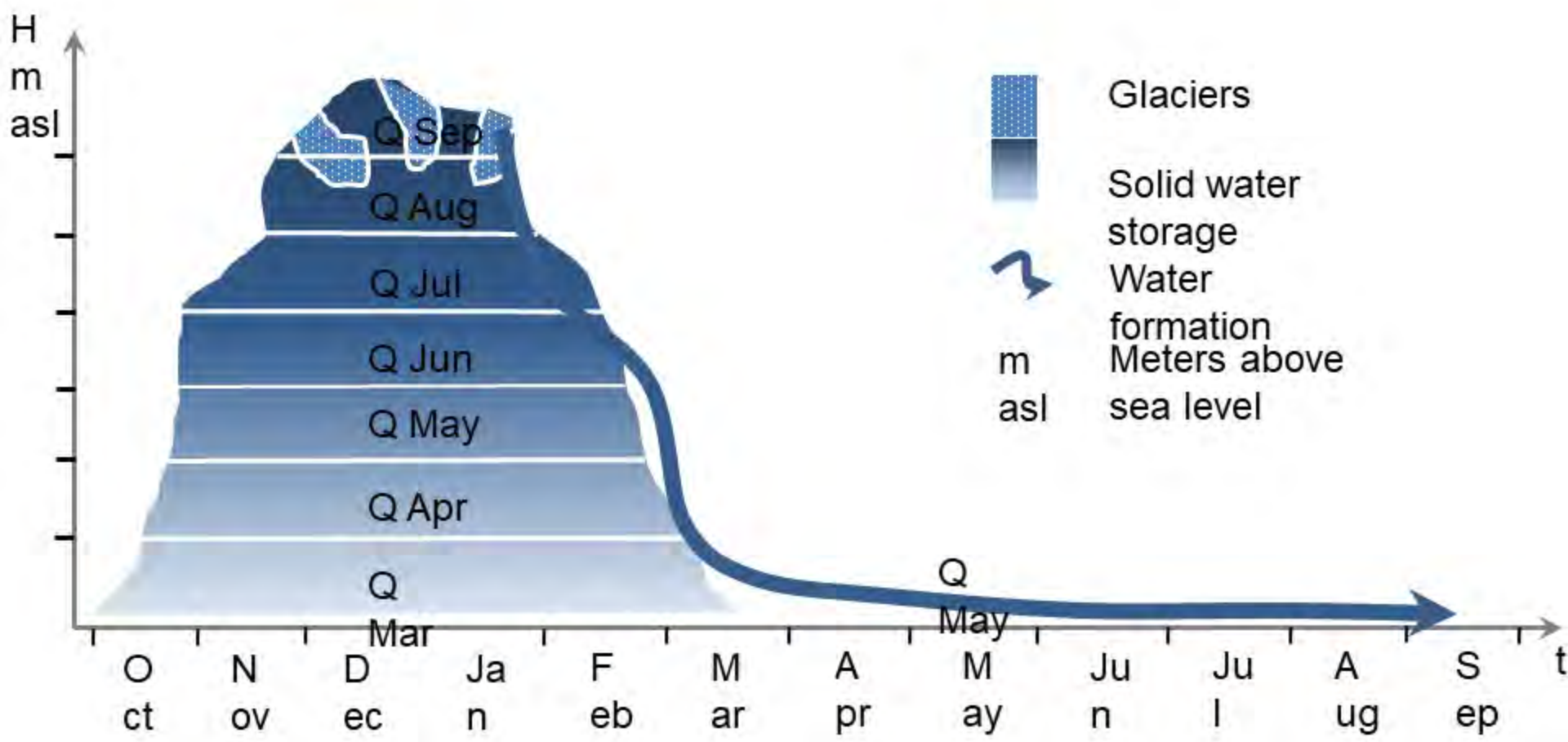




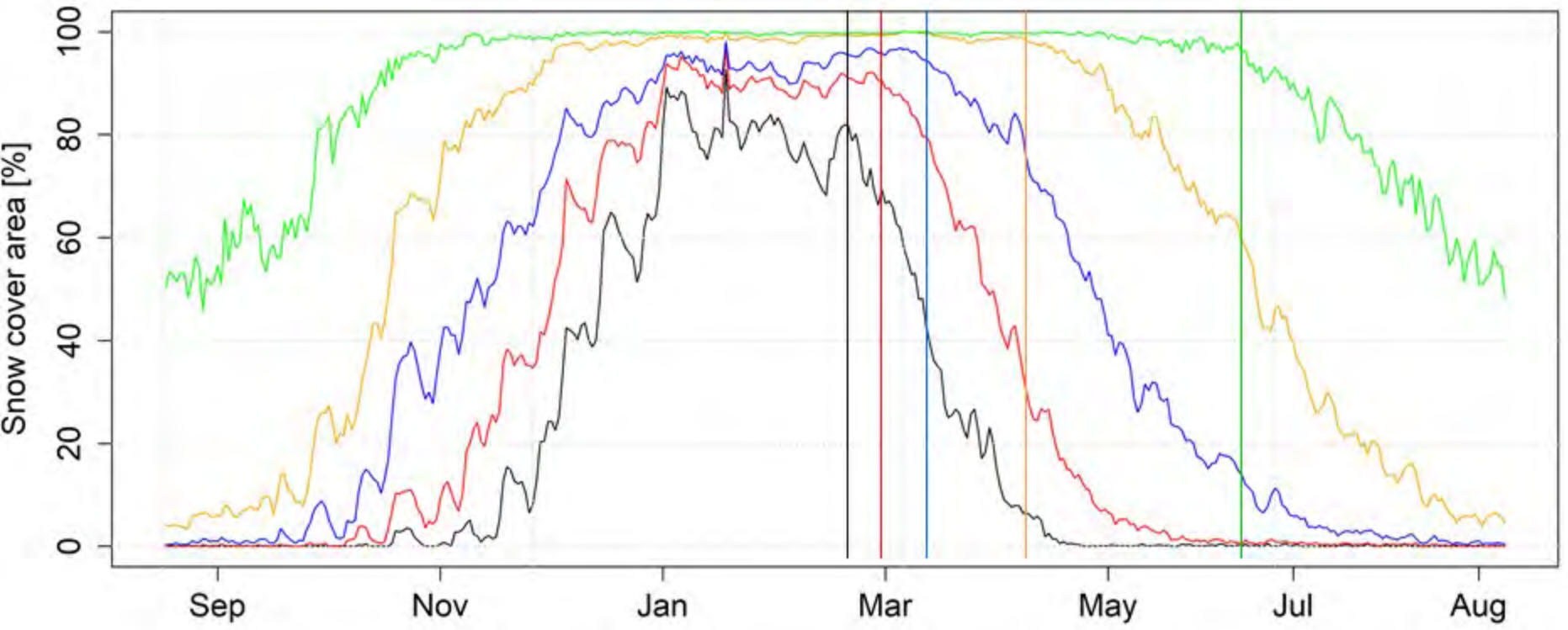






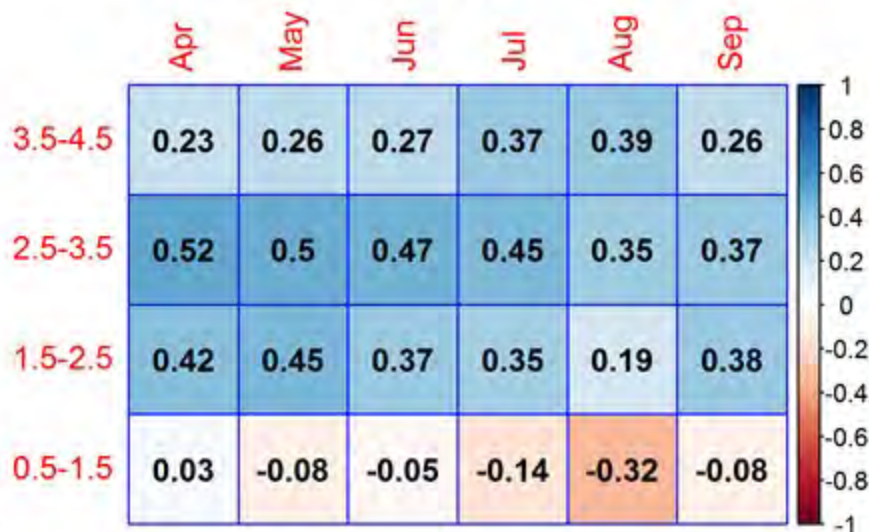


Снежный покров по высотным зонам

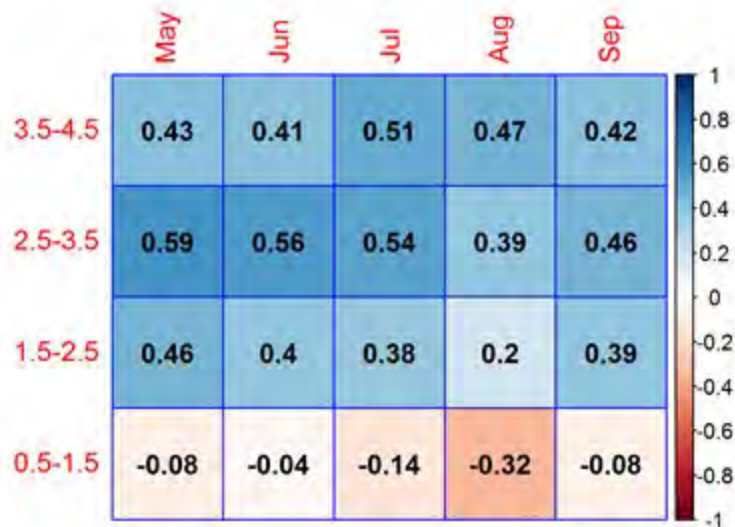


CORRELATIONS

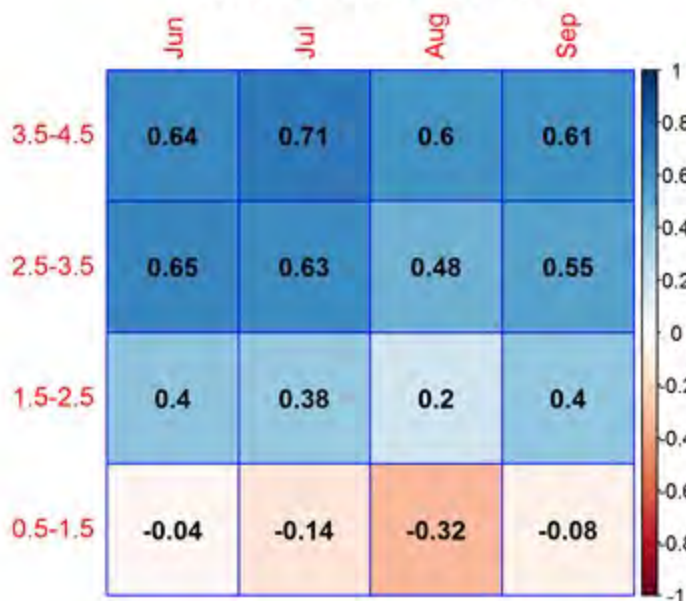
SCI 01.09.-31.03. and Q



SCI 01.09.-30.04.



SCI 01.09.-31.05.



SCI 01.09.-30.06.



Elevation bands (1km)

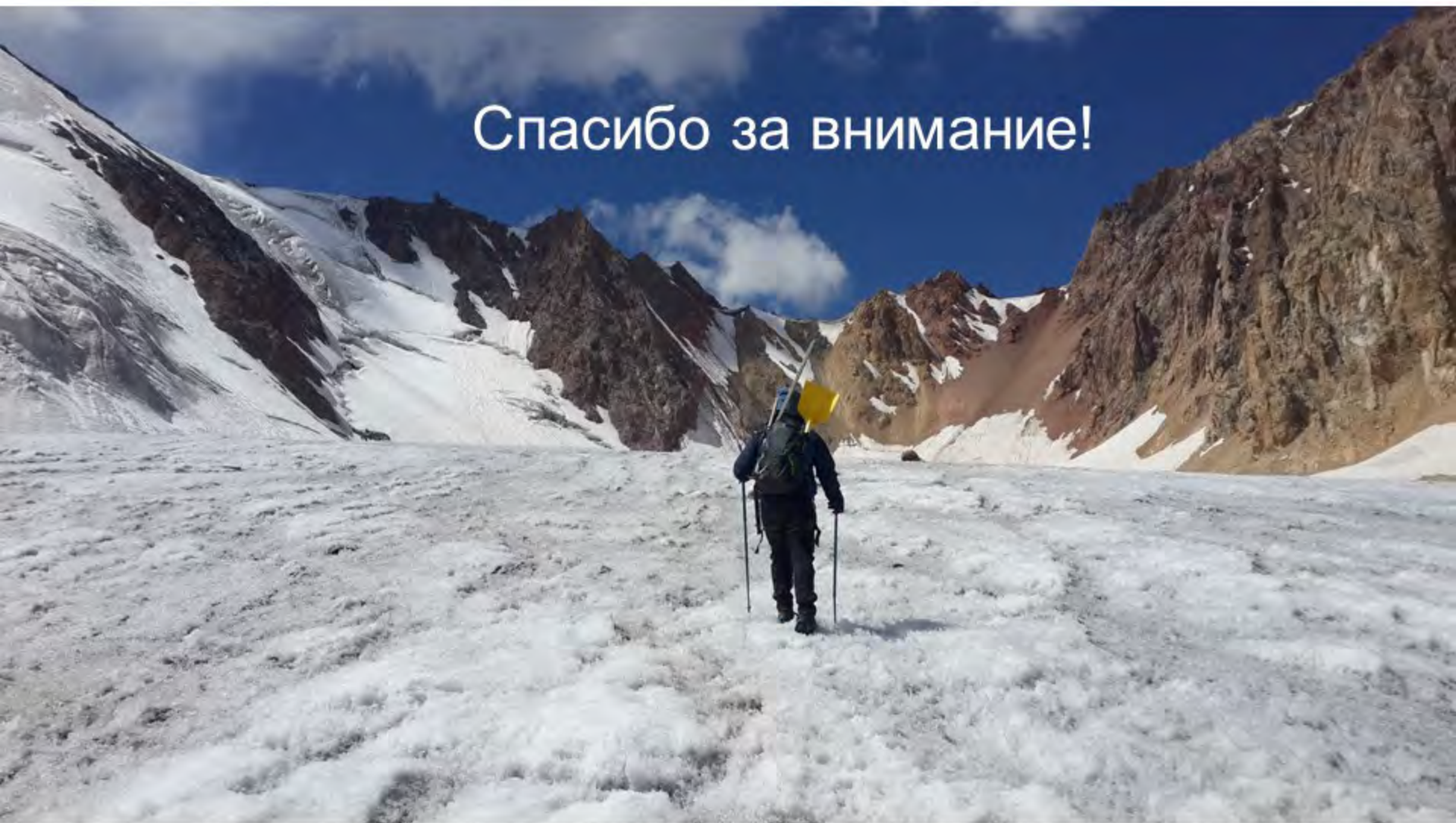
MODSNOW IMPLEMENTATION IN CENTRAL ASIA



Выводы

- Мониторинг снежного покрова имеет важное значение для анализа доступности воды в горных регионах
- Моделирование снеготаяния в оперативном режиме может улучшить краткосрочные прогнозы для предупреждения селевых паводков
- Продолжительность снежного покрова увеличивают прогноз сезонного стока

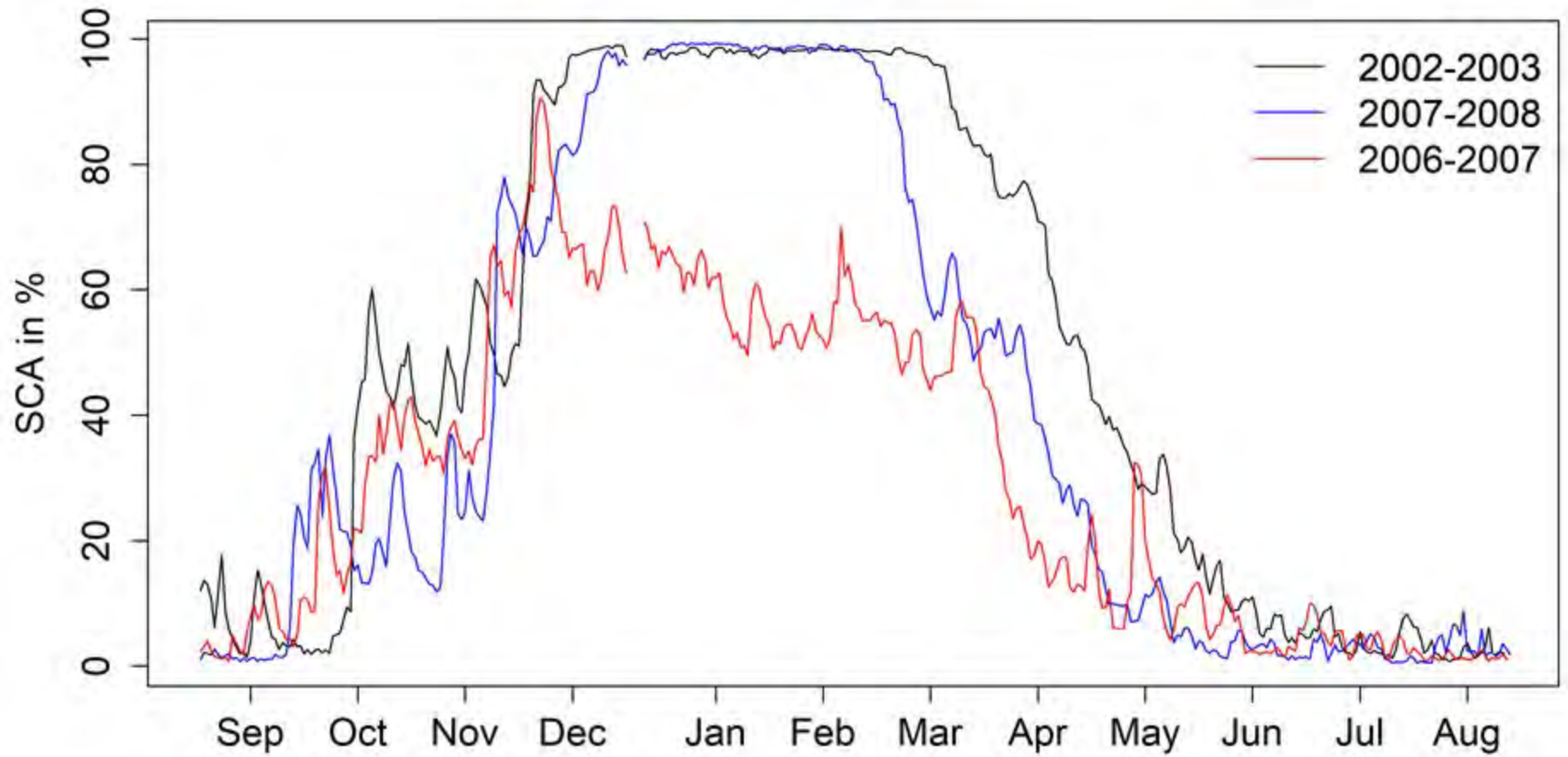
Спасибо за внимание!



Индекс Снежного Покрова (Snow Cover Index - SCI)

как репрезентативный показатель объема снега

Учет продолжительности снежного покрова, чтобы получить «объемный» показатель

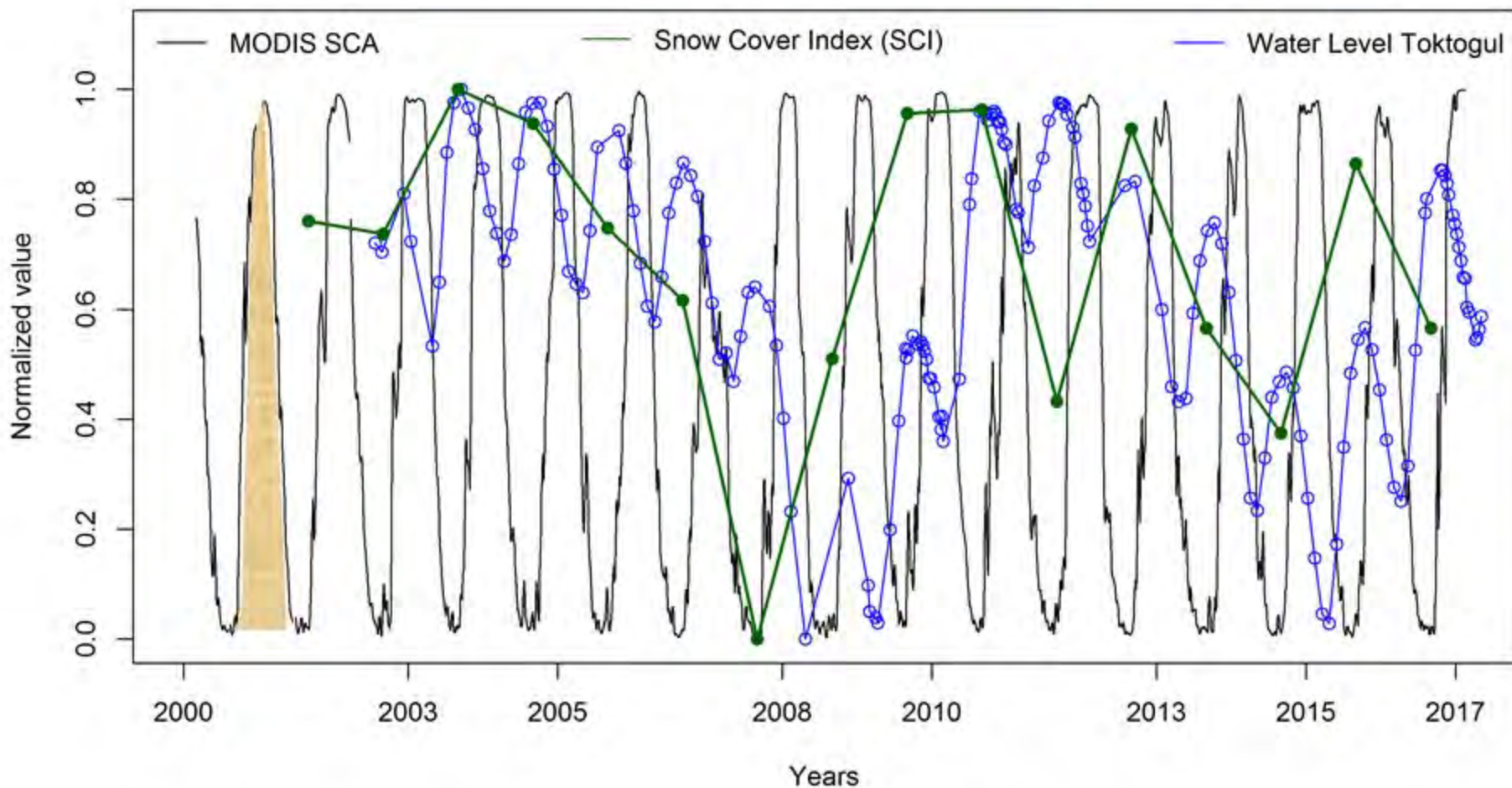


$$Snow\ Cover\ Index(SCI) = \int f(SCA)$$

Индекс снежного покрова
представляет собой
область ниже линии
динамики снежного покрова

Управление водохранилищами

ВЛИЯНИЕ НАКОПЛЕНИЯ СНЕГА НА ФУНКЦИОНАЛЬНОСТЬ ВОДОХРАНИЛИЩ



$$SCI_n = \sum SCA_t \quad \forall \quad Sep\ 1 < t < Aug\ 31$$