

Российский государственный гидрометеорологический университет

Кафедра гидрофизики и гидропрогнозов

Доцент, к.т.н. Хаустов В. А.

МОДЕЛИРОВАНИЕ УСЛОВИЙ ФОРМИРОВАНИЯ МАКСИМАЛЬНОГО СТОКА

Русское географическое общество
Государственный гидрологический институт

Научно-техническое совещание «Перспективы развития методов гидрологического прогнозирования в Российской Федерации в современных условиях»

20 ноября 2018 г.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

1. Начиная со второй половины 70-х годов XX в. на Европейской территории России происходят значимые изменения во внутригодовом распределении стока большинства рек. Основными факторами формирования максимального стока весеннего половодья являются снеготаяния и интенсивность снеготаяния.
2. Создана гидрометеорологическая база ежедневных данных с 1965 по 2017 гг. включающая:
 - приземную температуру воздуха,
 - осадки,
 - материалы маршрутных снегомерных съемок.
3. Апробирована математическая модель расчета ежедневных запасов воды в снеге.

Цель работы оценить степень точности расчетов снеготаяния с материалами маршрутных снегомерных съемок; дать оценку многолетней изменчивости формирующих максимальный сток факторов; формирование базы данных формирующих максимальный сток осадков и водоотдачи из снега.

МАССИВ ДАННЫХ

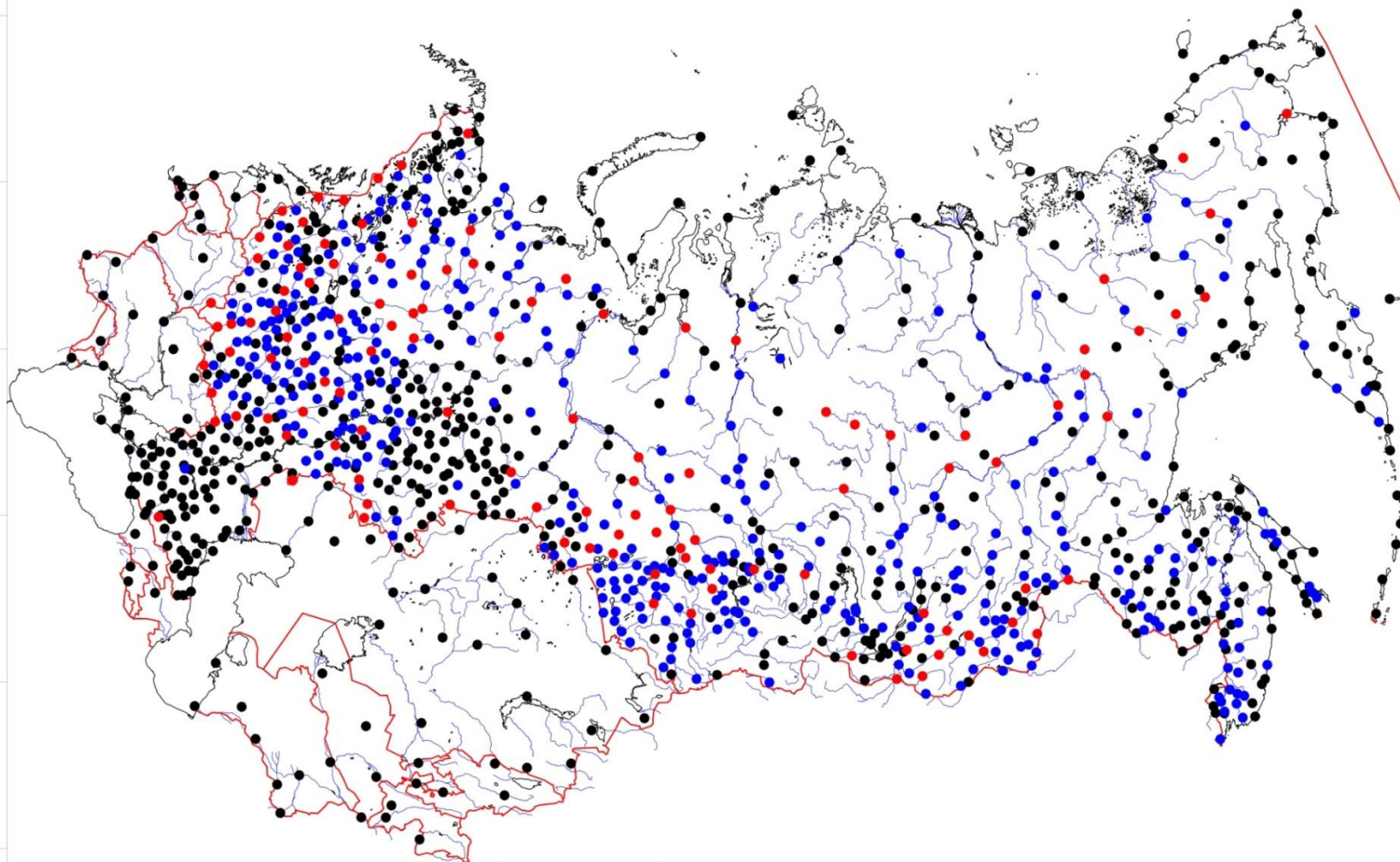


Массив данных

- суточной температуры воздуха количества осадков на метеорологических станциях России содержит информацию по 600 станциям,
- характеристик снежного покрова по данным маршрутных снегомерных съемок по 476 станциям,
- суточных характеристик снежного покрова по 476 станциям.

Выбраны станции совместных наблюдений для моделирования формирования снегозапасов и водоотдачи для различных зон России.

Предмет исследования: запас воды в снеге.



Расположение всех метеостанций по данным ВНИИГМИ МЦД (черный цвет), всех снегомерных (синий) и станций, для которых проведены расчеты снеготпасов (красный)

В качестве данных спутникового зондирования о запасах воды в снеге использованы материалы проекта Финского метеорологического института GLOBSNOW – Snow Water Equivalent (SWE).



FINNISH METEOROLOGICAL INSTITUTE

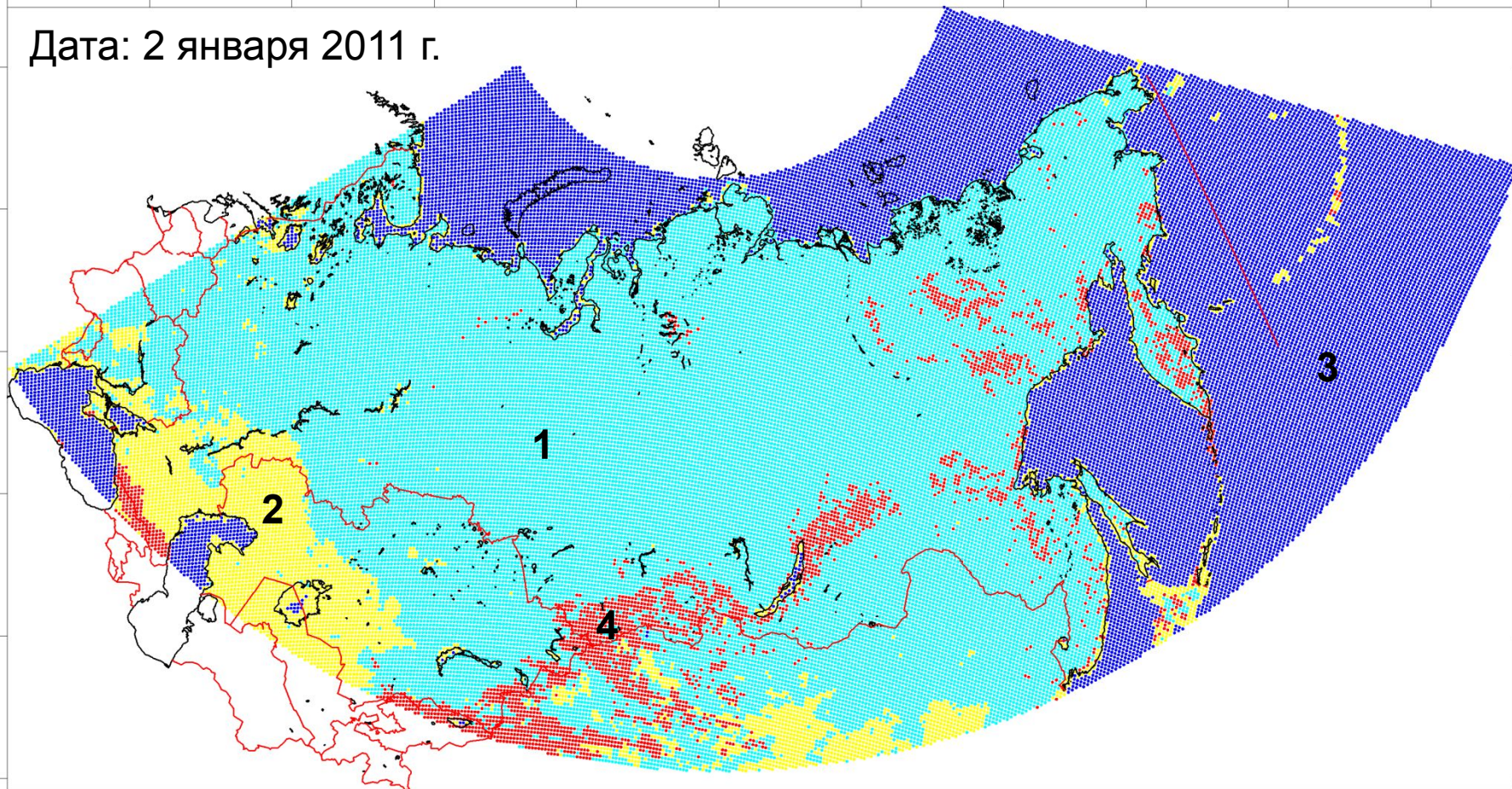


Данные представляют собой массив значений запаса воды в снеге (в мм слоя) в узлах сетки для всего Северного полушария. По специально разработанной программе из указанного массива выбраны узлы расположенные в пределах от 42° до 78° северной широты, от 27° до 180° восточной долготы и от 168° до 180° западной долготы.

На указанной поверхности расположены 57 493 узла сетки, из них часть попадает на водную поверхность, а часть – в горные районы. Для 56 указанных станций с маршрутными снегосъемками выбраны ближайшие узлы SWE.

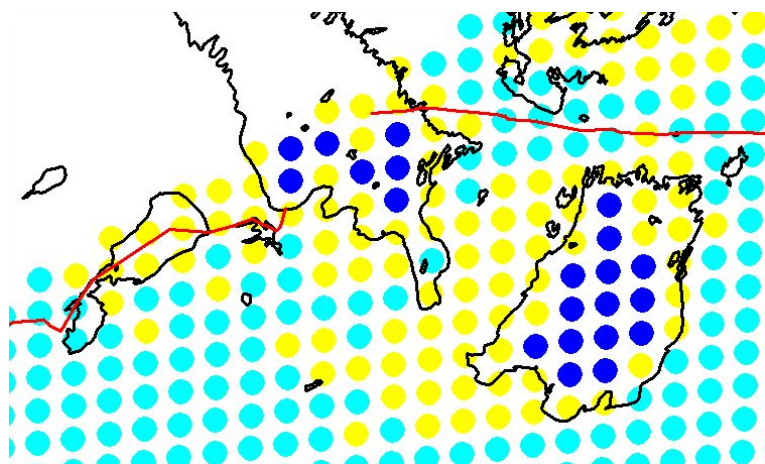
РАСПОЛОЖЕНИЕ УЗЛОВ СЕТКИ С ДАННЫМИ SWE (Snow Water Equivalent)

Дата: 2 января 2011 г.

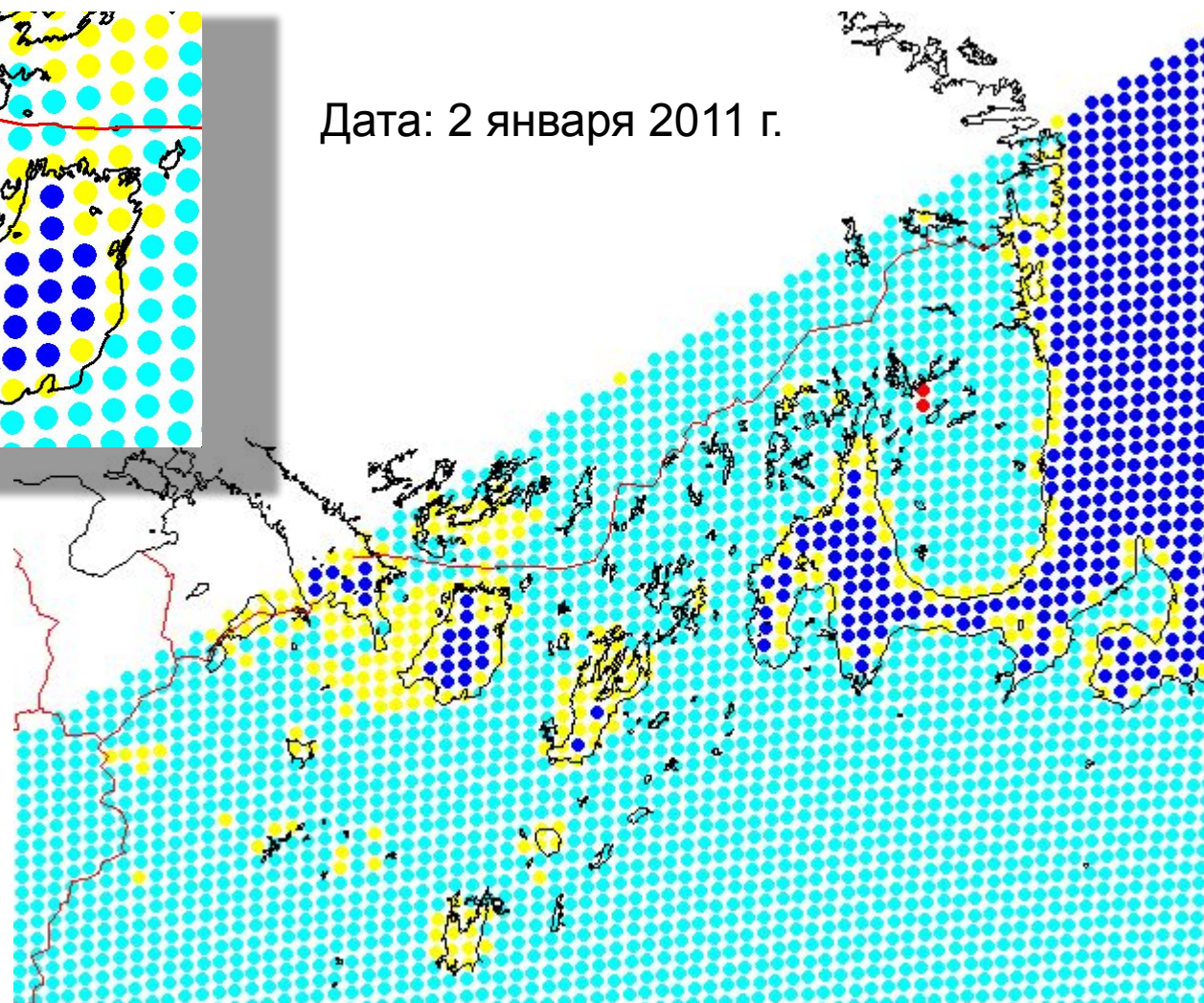


Обозначения: 1 – узлы с данными SWE (ненулевые значения), 2 – отсутствие снега (нулевые значения SWE), 3 – вода, 4 – горы.

РАСПОЛОЖЕНИЕ УЗЛОВ СЕТКИ С ДАННЫМИ SWE (Snow Water Equivalent) для территории Северо-Запада России



Дата: 2 января 2011 г.



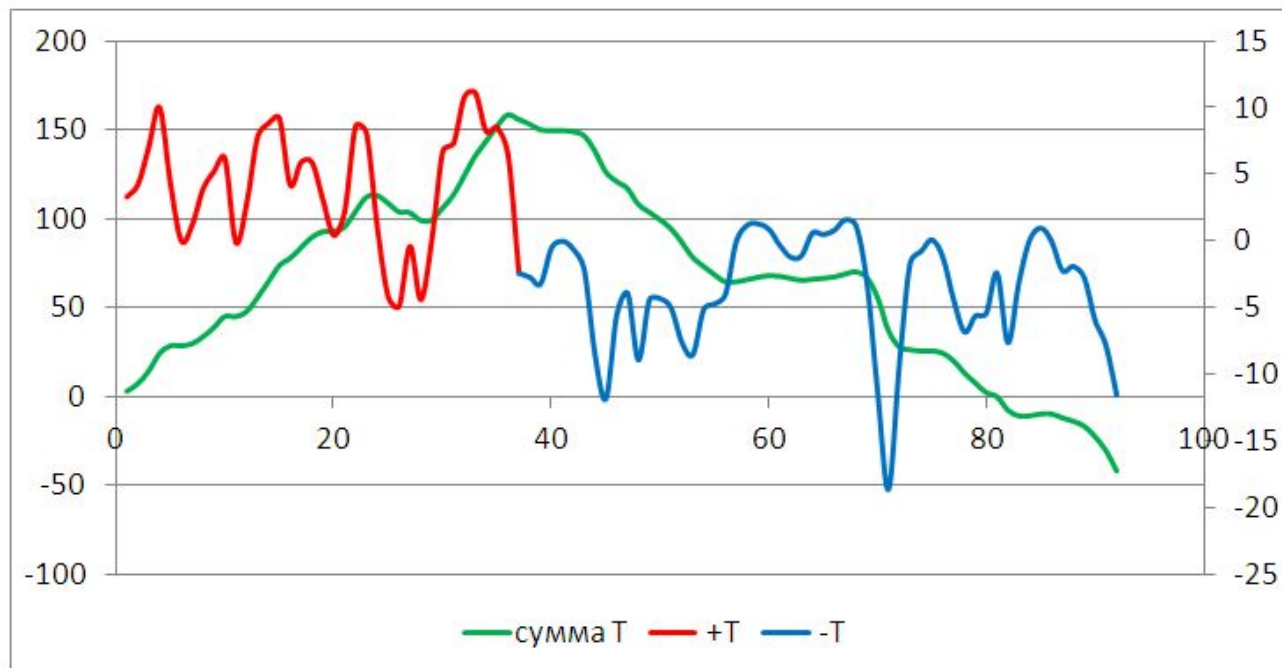
Обозначения (цвет):

голубой – узлы с данными SWE (ненулевые значения), желтый – отсутствие снега (нулевые значения SWE), синий – вода, красный – горы.

МЕТОДИКА РАСЧЕТОВ

1. Определение даты начала снегонакопления на водосборе.

Предлагается назначить дату устойчивого перехода приземной температуры к отрицательным значениям по сумме температур в осенний период. Для этого, начиная с даты, когда температура становится ниже 5°C выполняется суммирование температур до даты, когда сумма принимает численные значения меньше 5-ти. Дата соответствующая первому значению после максимума суммы температур и принимается за устойчивый переход к отрицательным значениям.



Мурманск

0 - год,

1 - номер с начала года устойчивого перехода через 0 весной,

2 - число дней теплого периода,

3 - номер с начала года устойчивого перехода через 0 осенью,

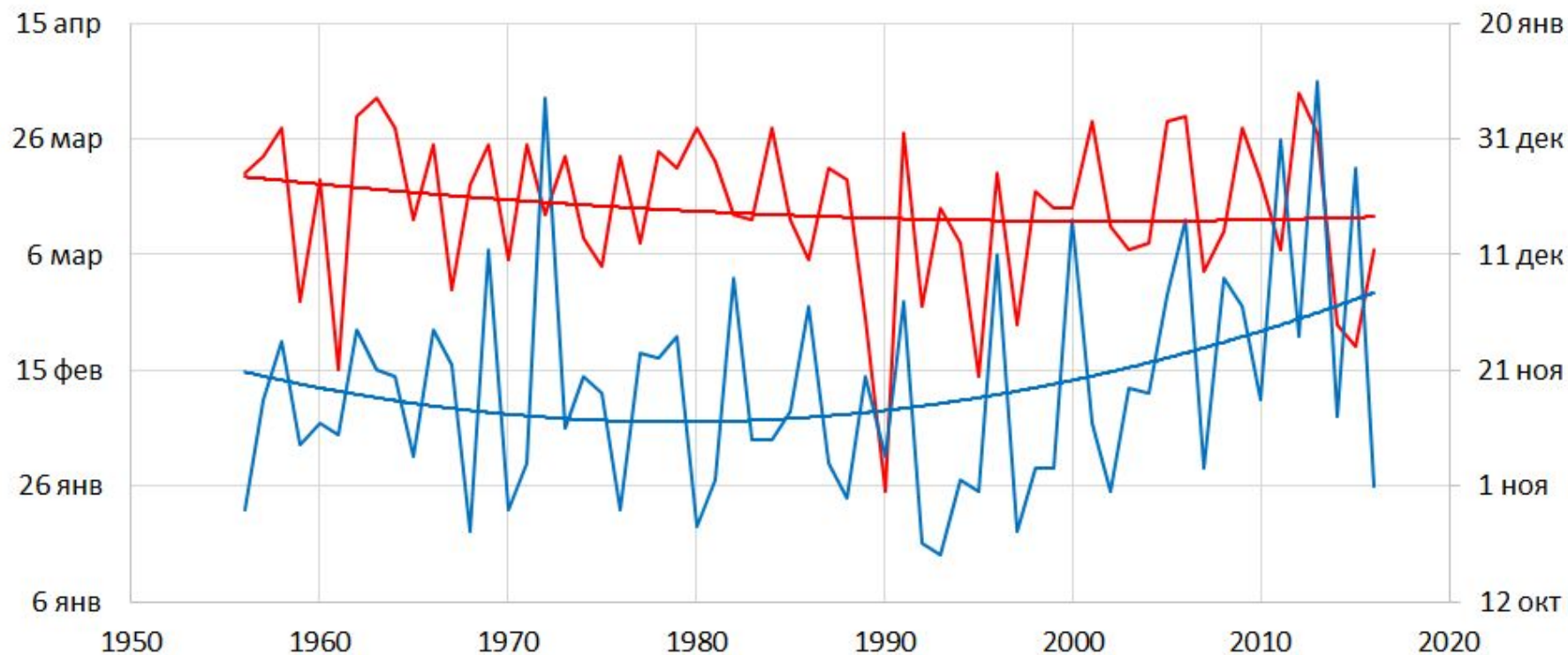
4 - число дней холодного периода,

5 - сумма температур теплого периода,

6 - сумма температур холодного периода.

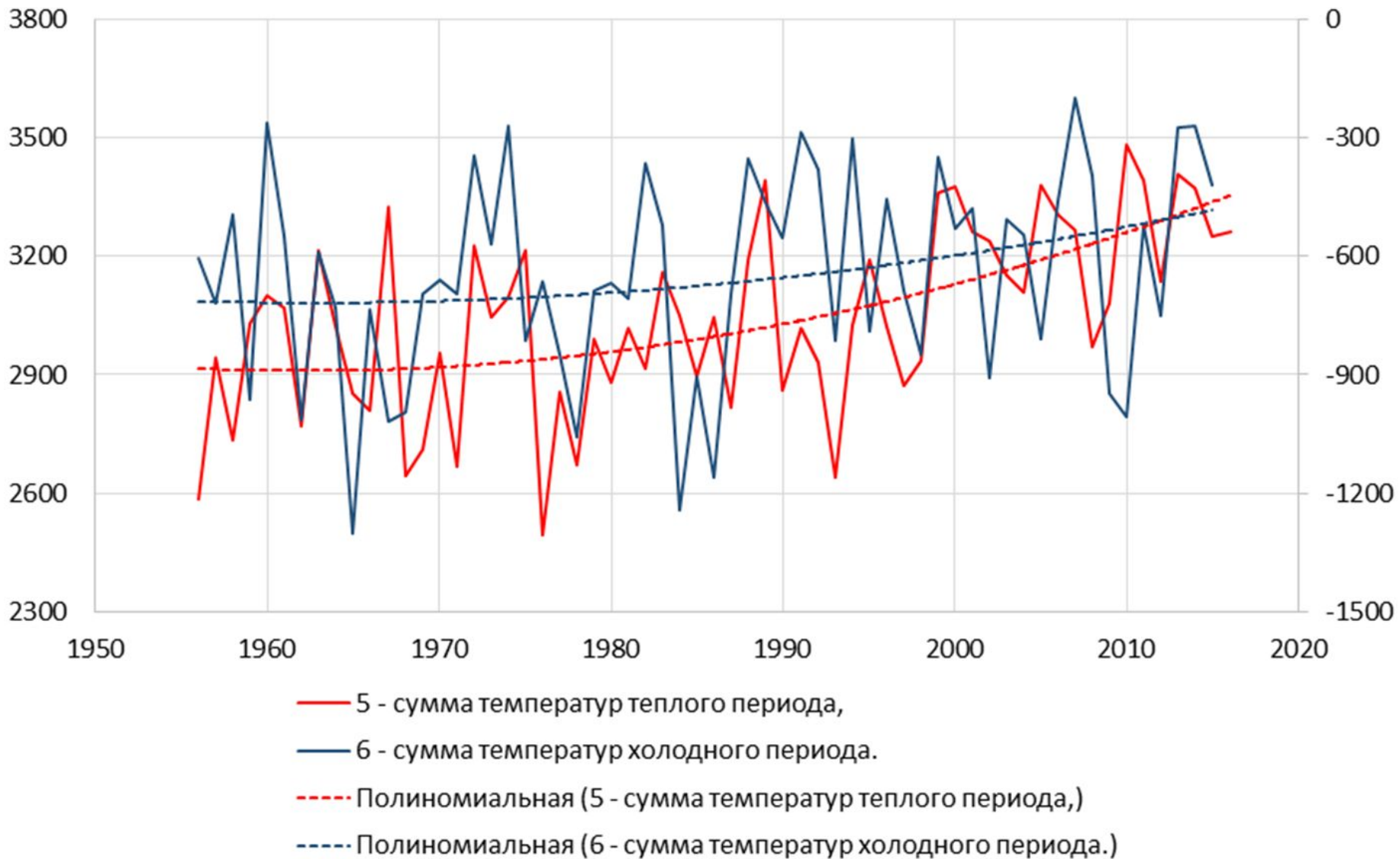
0	1	2	3	4	5	6
1965	103	179	282	0	1230.4	0.0
1966	132	147	279	215	1254.7	-2231.8
1967	87	234	321	173	1606.9	-1041.1
1968	145	137	282	189	1027.7	-1563.4
2015	88	222	310	170	1619.9	-911.9
2016	87	221	308	142	1917.7	-1004.1
2017	118	0	0	176	0	-904.9

Даты устойчивого перехода температуры через 0°C

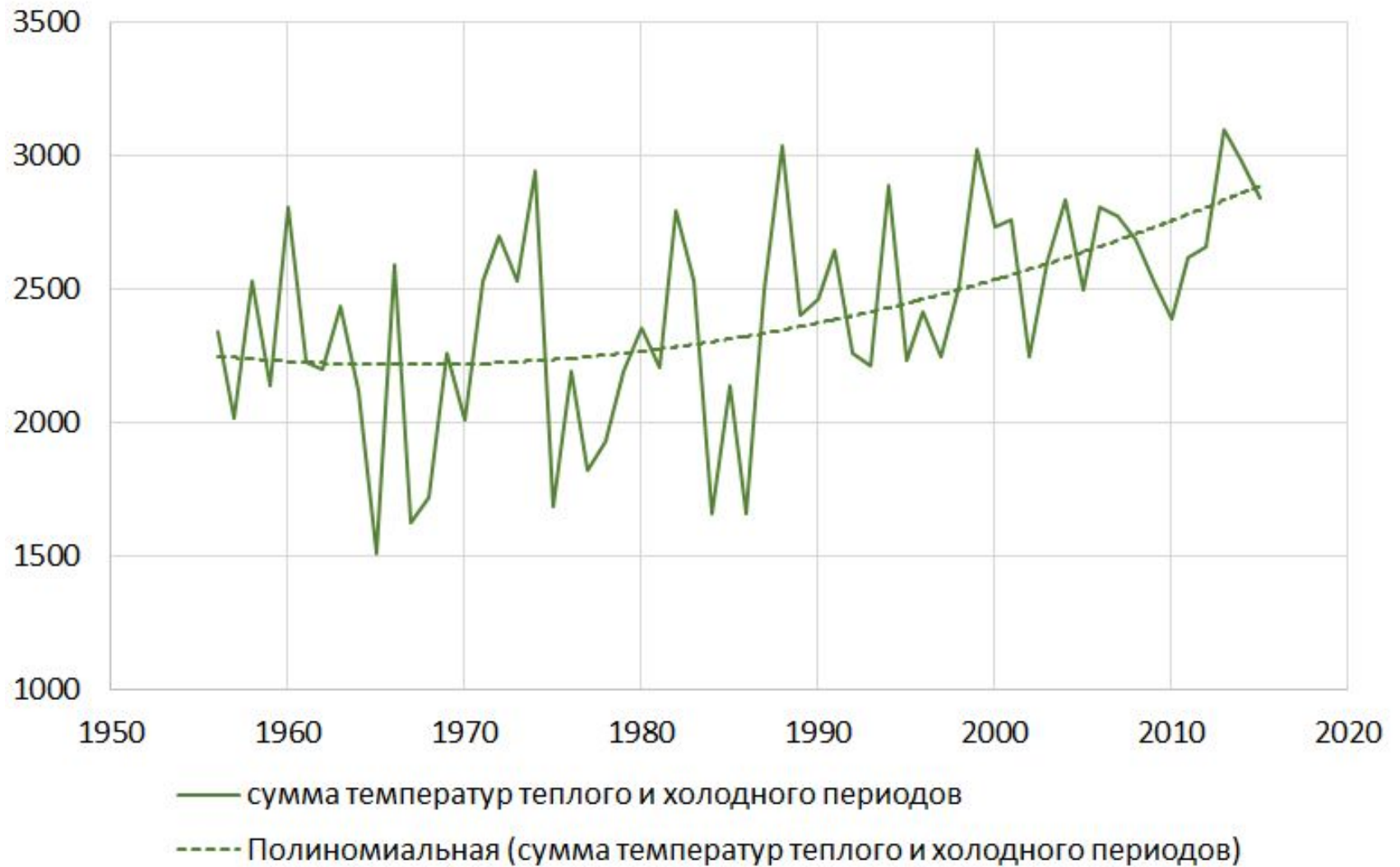


- 1+ - дата устойчивого перехода через 0 весной,
- 3+ - дата устойчивого перехода через 0 осенью,
- Полиномиальная (1+ - дата устойчивого перехода через 0 весной,)
- Полиномиальная (3+ - дата устойчивого перехода через 0 осенью,)

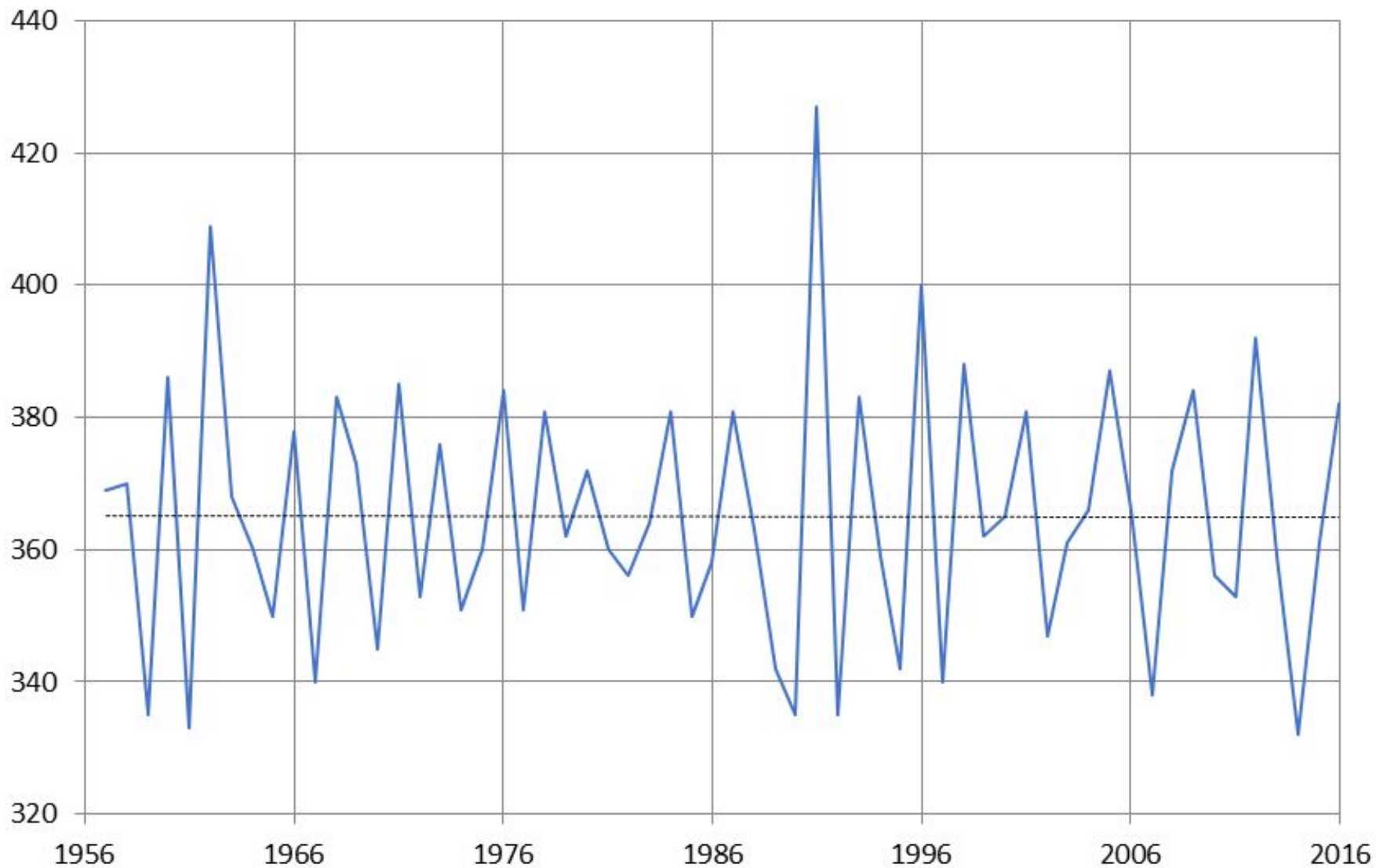
Суммы температур теплого и холодного периодов, 0°C



Суммы температур теплого и холодного периодов, 0°C



Сумма числа дней теплого и холодного периодов



Результаты оценки трендов характеристик температуры

77	17 мар	70	10 мар	
316	11 ноя	330	24 ноя	
239	дней	260	дней	21 день

2. Расчет снеготпасов, как суммы выпавших твердых осадков (снега) с учетом водоотдачи в период оттепелей.

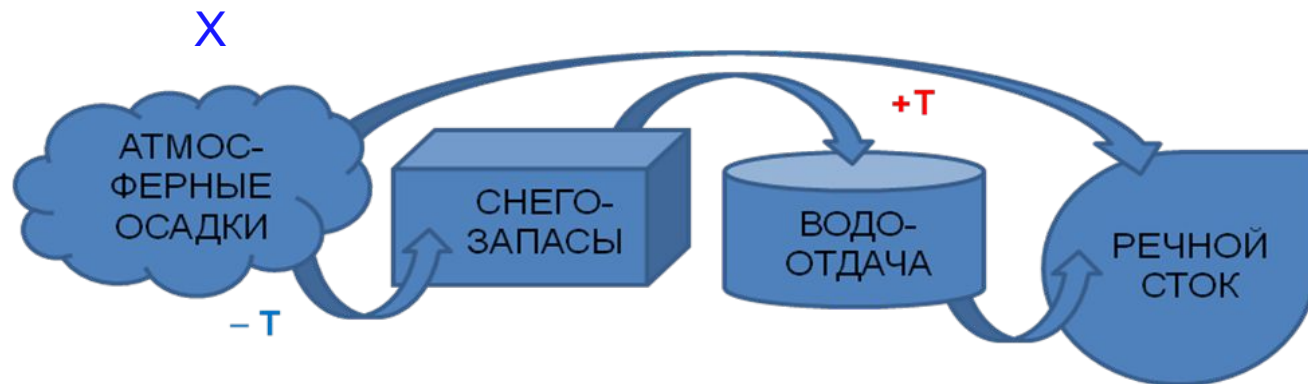
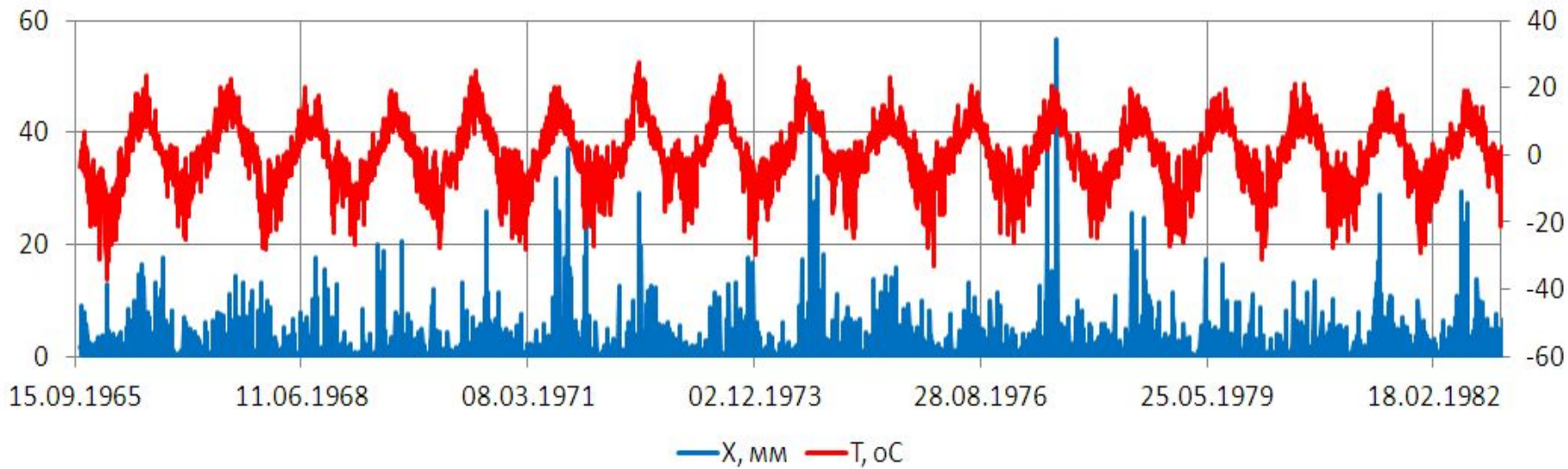
С даты устойчивого перехода температур к отрицательным значениям выполнялось суммирование твердых осадков (снега, X) с коэффициентом потерь (kf). В период оттепелей водоотдача учитывалась температурным коэффициентом (kt) и положительными температурами (t^+).

Формула для расчета снеготпасов на каждый (i -ый) день:

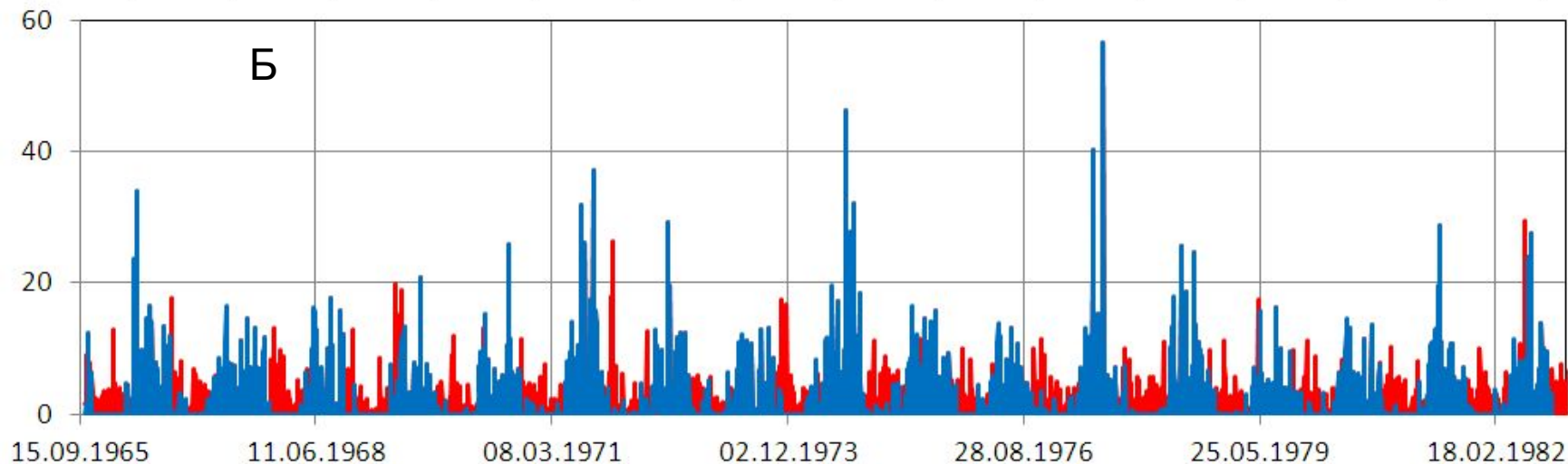
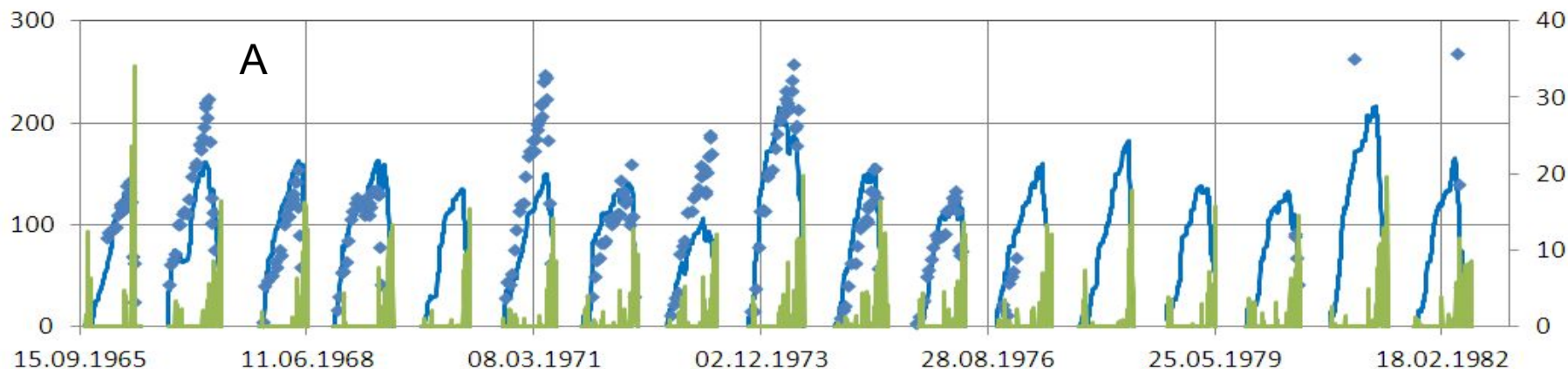
$$S_i = kf \sum_{i=1}^m X_i - kt \cdot t_i^+$$

Параметры модели kf и kt определялись при решении обратной задачи по известным запасам воды в снежном покрове (по данным снегомерных наблюдений), температуре и осадкам. Оптимизация выполнялась с помощью процедуры поиска решения MS Excel и решения системы линейных уравнений с переопределенной матрицей.

Хронологические графики температуры воздуха и осадков за период с 1965 по 1982 г. для Мурманск (№ 22113)

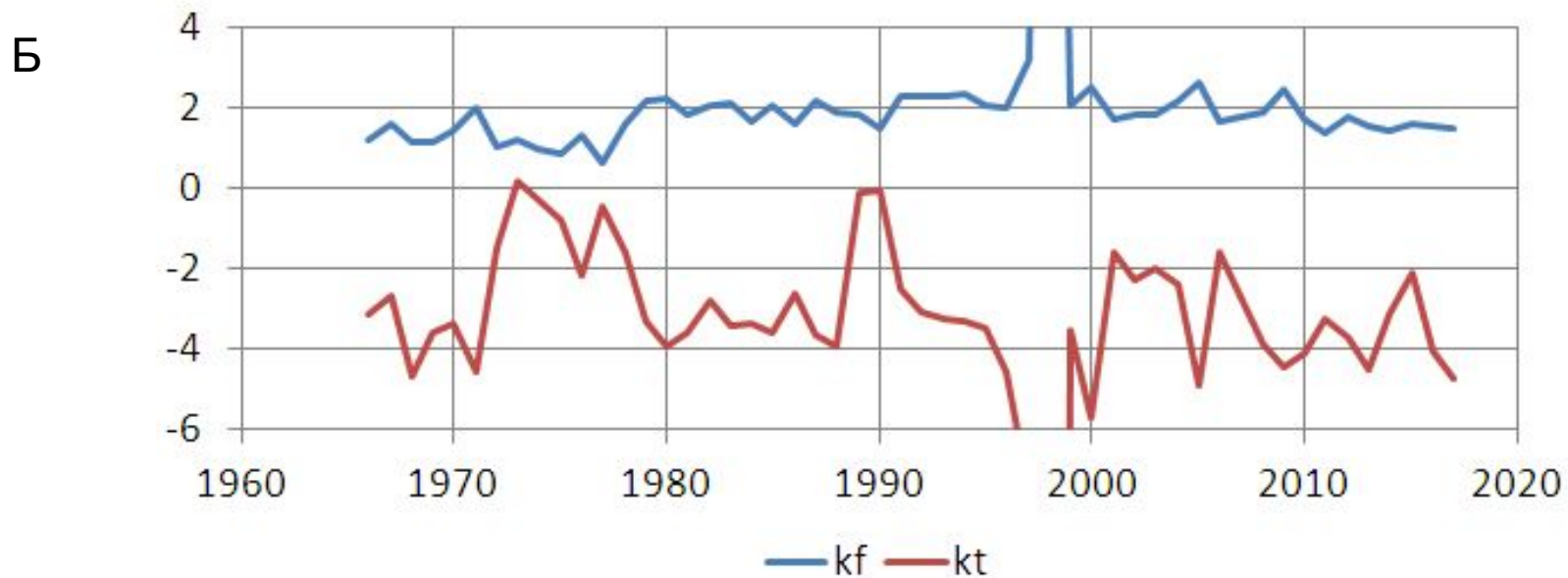
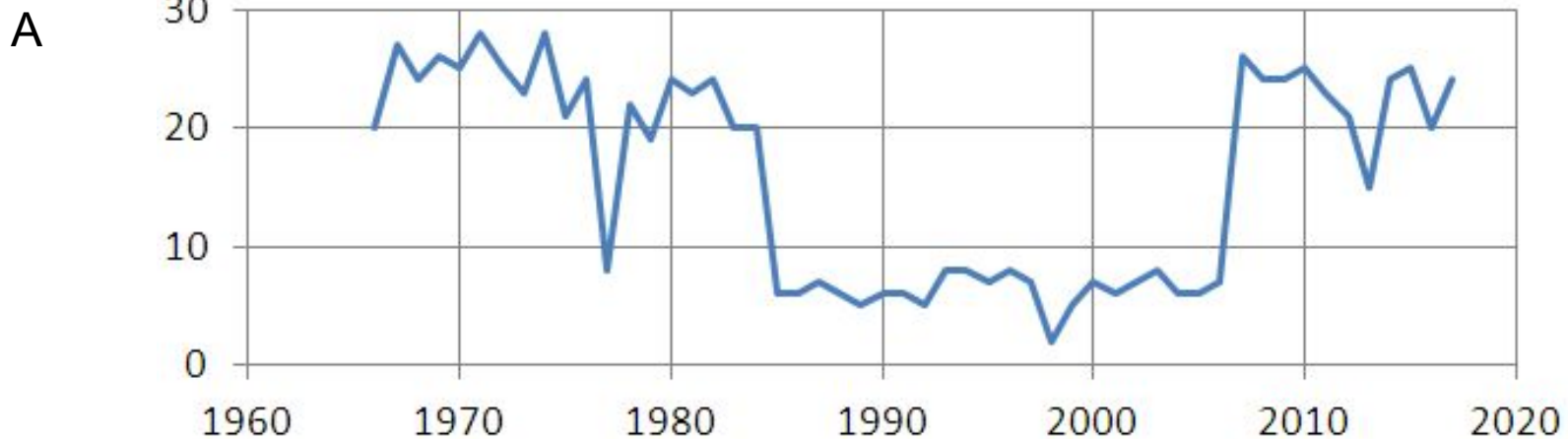


Хронологические графики (А) с результатами расчета общего запаса воды в снеге за период с 1965 по 1983 гг. для станции Мурманск (№ 22113) и фактическими общими запасами воды в снеге по данным маршрутных снегосъемок, (Б) жидких и твердых осадков, водопадачи на водосбор (в мм)

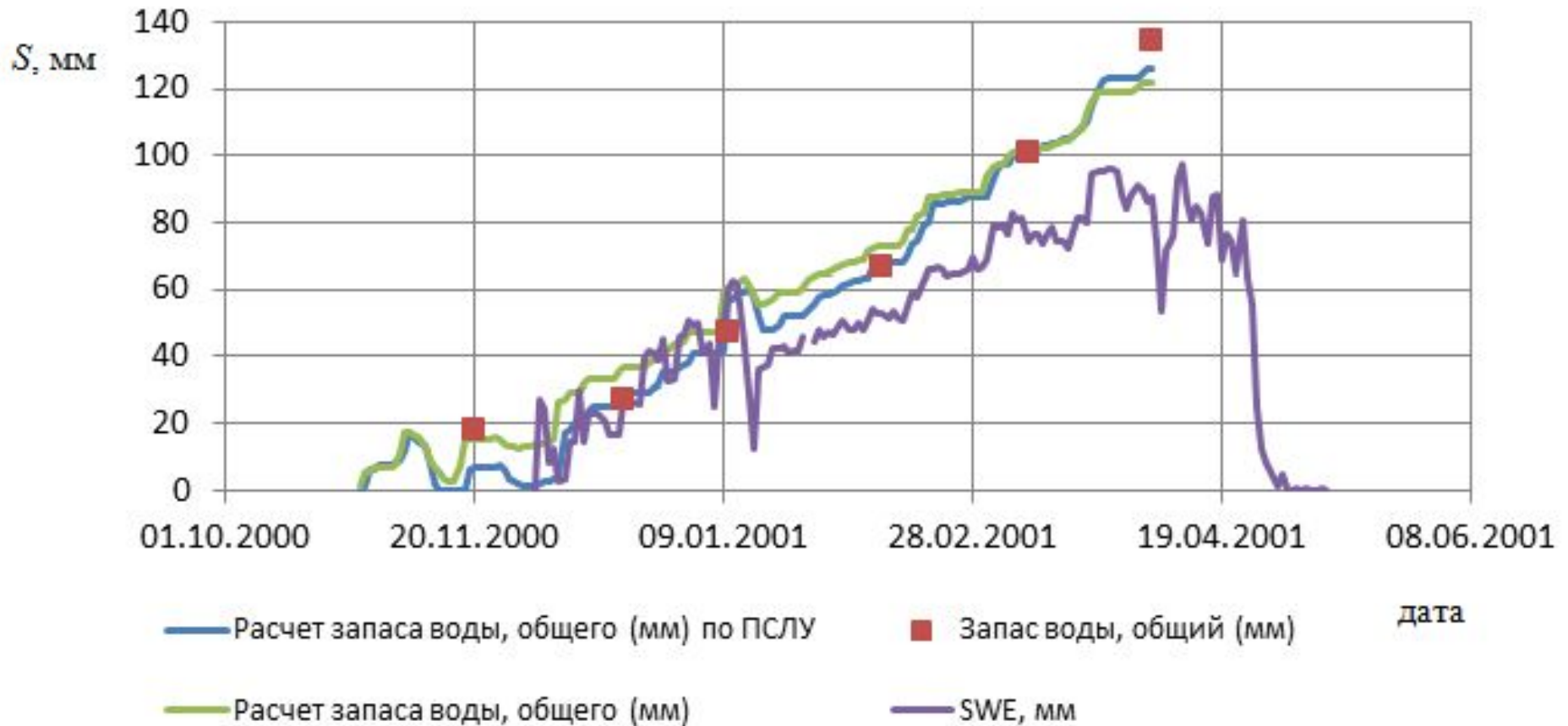


— Жидкие и твердые осадки, мм — Водопадача на водосбор, мм

Число снегомерных съемок за холодный период (А) и результаты параметризации модели формирования снеготпасов (Б) методом решения ПСЛУ для станции Мурманск (№ 22113)



Хронологические графики расчетных значений общего запаса воды в снеге при параметризации с использованием ПСЛУ и процедуры «поиск решения», фактических данных маршрутных снегосъемок и данных SWE холодного периода с 2000 по 2001 гг. для станции Мурманск (№ 22113)





БЛАГОДАРЮ ЗА ВНИМАНИЕ