



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра Гидрофизики и гидропрогнозов

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(бакалаврская работа)

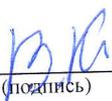
На тему **Параметризация модели**
снеготаяния для водосбора
Реки Великой

Исполнитель _____
Цуркан Валерия Николаевна
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель _____
к.т.н., доцент
(ученая степень, ученое звание)

Хаустов Виталий Александрович
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»
Заведующий кафедрой


(подпись)

д.т.н., профессор
(ученая степень, ученое звание)

Коваленко Виктор Васильевич
(фамилия, имя, отчество)

«07» июля 2016г.

Санкт-Петербург
2016



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра Гидрофизики и гидропрогнозов

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(бакалаврская работа)

На тему **Параметризация модели**
снеготаяния для водосбора
Реки Великой

Исполнитель	Цуркан Валерия Николаевна (фамилия, имя, отчество)
Руководитель	к.т.н., доцент (ученая степень, ученое звание)
	Хаустов Виталий Александрович (фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю» Заведующий кафедрой	
	(подпись)
	д.т.н., профессор (ученая степень, ученое звание)
	Коваленко Виктор Васильевич (фамилия, имя, отчество)

«__» _____ 20__ г.

Санкт-Петербург

2016

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
1. Физико-географическое описание.....	4
1.1 Рельеф.....	5
1.2 Климат.....	6
1.3 Речной сток.....	7
1.4 Растительность.....	9
1.5 Исходные данные.....	10
1.5.1 Температура и осадки.....	11
1.5.2 Снегозапасы.....	11
1.5.3 Спутниковые данные по снегосъёмкам.....	11
2 Математический аппарат.....	11
2.1 Выделение устойчивого перехода температуры через 0.....	11
2.2 Модель снегозапасов.....	13
2.3 Оптимизация параметров.....	18
2.3.1 Поиск решения.....	20
2.3.2 Решение систем линейных уравнений с переопределённой матрицей.....	25
2.4 Оценка расчётов согласно измеренных и рассчитанных снегозапасов по критерию S/Σ	30
3. Расчёт ежедневных снегозапасов.....	35
3.1 Параметризация модели снегозапасов.....	40
3.2 Оценка расчётов снегозапасов.....	42
Заключение.....	48
Список использованных источников.....	49
Приложения.....	51

ВВЕДЕНИЕ

Систематические наблюдения за снежным покровом начали проводить еще в конце XIX века по одной постоянной рейке; после 30-х годов XX века высота снежного покрова определяется по трем постоянным рейкам, установленным на открытых и защищенных участках. Один раз в декаду проводятся снегомерные съемки по различным маршрутам (лес, поле), которые более точно отражают характер залегания снежного покрова в данной местности. Но данные измерений высоты снежного покрова по постоянным рейкам на станции широко используют в практике, т.к. производство наблюдений отличается простотой и позволяет проследить ежедневную динамику изменения снежного покрова.

Процесс таяния снежного покрова очень важен для гидролога. При своевременном и правильном наблюдении можно правильно оценить возможный сток. Правильный прогноз даст точные данные о предстоящем половодье, что в свою очередь поможет избежать серьёзных бедствий.

В исходных данных предоставлены многолетние метеорологические данные по двум станциям – станция Пушкинские Горы за 1965 – 2015 годы, и станция Великие Луки 1966 – 2015 годы. Информация маршрутных снегосъёмов, включающая в себя данные, о покрытии окрестности станции снегом, покрытии маршрута снегом, запас воды в снеге (мм) и запас воды общий (мм).

Станции Пушкинские Горы и Велики Луки находятся на территории Псковской области Российской Федерации.

Целью данной работы является

1. Физико-географическое описание



Рисунок 1 – Карта региона исследования

Водосборный бассейн реки Великая расположен на Северо-западе Восточно-Европейской (Русской) равнины, в пределах Прибалтийской низменности. Река Великая начинается среди болот, вытекает из оз. Малый Вяз и впадает в Псковское озеро. Длина ее 406 км, общее падение около 190 м. Площадь водосбора реки 25420 км². Бассейн реки Великой приурочен к обширной низине. В верхнем течении река соединяет около 20 озер, ширина русла здесь 20—50 м, глубина 1—2 м, на участке среднего течения русло расширяется до 100—120 м, а глубина увеличивается до 2—3 м. Близ устья возникла дельта, в которой насчитывается до 50 островов. Средний годовой расход воды в реке 124 м³/сек. Основные притоки р. Великой — Кудра, Шесть, Череха, Сороть, Пскова (правые) и Синяя, Исса, Утроя (левые).

Бассейн реки имеет форму, напоминающую ромб, вытянутый с юга на север. Площадь бассейна распределена между право- и левобережьем реки практически поровну (52 % и 48 % соответственно).

1.1 Рельеф

Поверхность бассейна реки представляет собой холмистую равнину со средней высотой 119 м, расчлененную речной сетью. Верхняя часть бассейна реки Великой располагается на склонах Бежаницко-Вязовских гор и имеет конечно-моренный ландшафт с высотой водораздела 200-250 м. абс. Центральную часть бассейна занимает моренная равнина Псковско-Опочецкого плато, обладающего мелко-холмистой поверхностью с высотами 50-100 м. абс. Нижняя часть бассейна располагается на Псковско-Чудской

слабоволнистой, значительно заболоченной, низменной равнине с высотой 30-50 м абс.

1.2 Климат

Территория Псковской области расположена в умеренном климатическом поясе, между 55° и 59° северной широты. Климат здесь характеризуется как умеренно-континентальный, влажный, смягченный сравнительной близостью Атлантического океана. Последнее обстоятельство определяет расположение области на границе зоны переходного климата - от морского к континентальному. Границей между этими климатами условно считают изолинию с амплитудой средней июльской и средней январской температур воздуха 25° . Если амплитуда меньше 25° , то климат морской, если больше - континентальный. В Европейской части России меридиональная полоса переходного климата проходит через Карелию, Ленинградскую, Псковскую области (и далее на юго-запад - через Белоруссию и Западную Украину).

Такое "пограничное" расположение области обуславливает неустойчивый характер погоды во все сезоны года на ее территории. Здесь хорошо заметны некоторые черты морского климата: влажное, умеренно теплое лето, сравнительно мягкая зима. Континентальность климата усиливается к востоку, где зима продолжительнее, а лето теплее.

Величина суммарной солнечной радиации достигает здесь 78 - 88 ккал на 1 см^2 в год. Относительно большая облачность над территорией области в течение года значительно уменьшает продолжительность солнечного сияния, которое составляет в среднем около 1 700 часов в год (т. е. около 40% от возможной продолжительности за этот период для данных широт). Время солнечного сияния на юге области (Великие Луки) составляет 1615 часов, в то время как на севере (Гдов) - 1773 часа в год. Столь заметное увеличение этого

показателя в северо-западном направлении связано с уменьшением облачности. Так, на побережье Псковско-Чудского озера солнечного сияния почти на 10% больше, чем на юге области.

Территория Псковской области входит в зону повышенной циклонической деятельности атмосферы. Здесь за год проходит 130 циклонов, т. е. погода почти каждого третьего дня в году определяется циклонической активностью. Прохождение циклонов в пределах области в холодный период года сопровождается резким потеплением, оттепелями, часто со сплошной низкой облачностью, осадками и туманами. В летнее время циклоны обуславливают здесь понижение температуры, заметное похолодание, облачную и дождливую погоду.

Гораздо реже над территорией области устанавливаются антициклоны (около 50 в течение года, причем максимум их приходится на весну). При антициклоне наблюдается сухая, солнечная, зимой морозная, а летом жаркая погода.

В течение года преобладают южные и юго-западные ветры (16-21% от повторяемости всех других направлений), а также юго-восточные и западные (12-16%)

1.3 Речной сток

Бассейн р. Великой по характеру естественной зарегулированности стока делится на три части: южную, левобережную и правобережную. В южной части бассейна, сложенной сильно закарстованными Псковско-Чудскими доломитами, реки характеризуются повышенным стоком лимитирующего периода (57-60% годового) и лимитирующего сезона (18-22%). Реки

левобережной части бассейна по сравнению с правобережными притоками отличаются несколько повышенной водностью лимитирующего периода и сезона. На их долю в левобережной части бассейна приходится соответственно 45-50 и 12-17% годового стока, в правобережной части – 40-45 и 10-12%. Река Великая имеет смешанное питание с преобладанием снегового. Для верховья реки характерна наибольшая доля грунтового стока (22-28%). Средние даты наступления пика весеннего половодья подчиняются зональному распределению. За счет преобладания расчлененного рельефа и слабопроницаемых суглинистых почв на р. Великой наблюдаются высокие дождевые паводки.

На рисунке 1.3.1 приведена многолетняя динамика годового стока в створах р. Великая, а на рисунке 1.3.2 – его внутригодовое распределение.

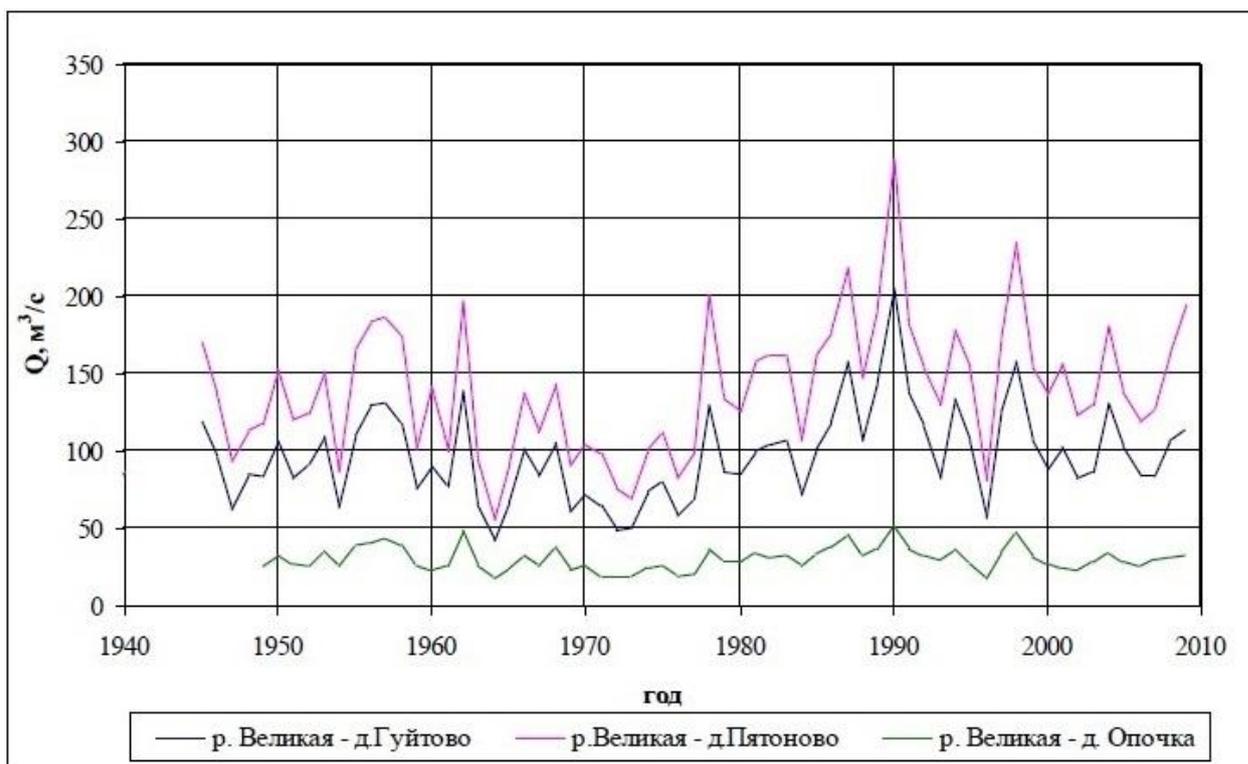


Рисунок 1.3.1 Многолетняя динамика годового стока в р. Великая

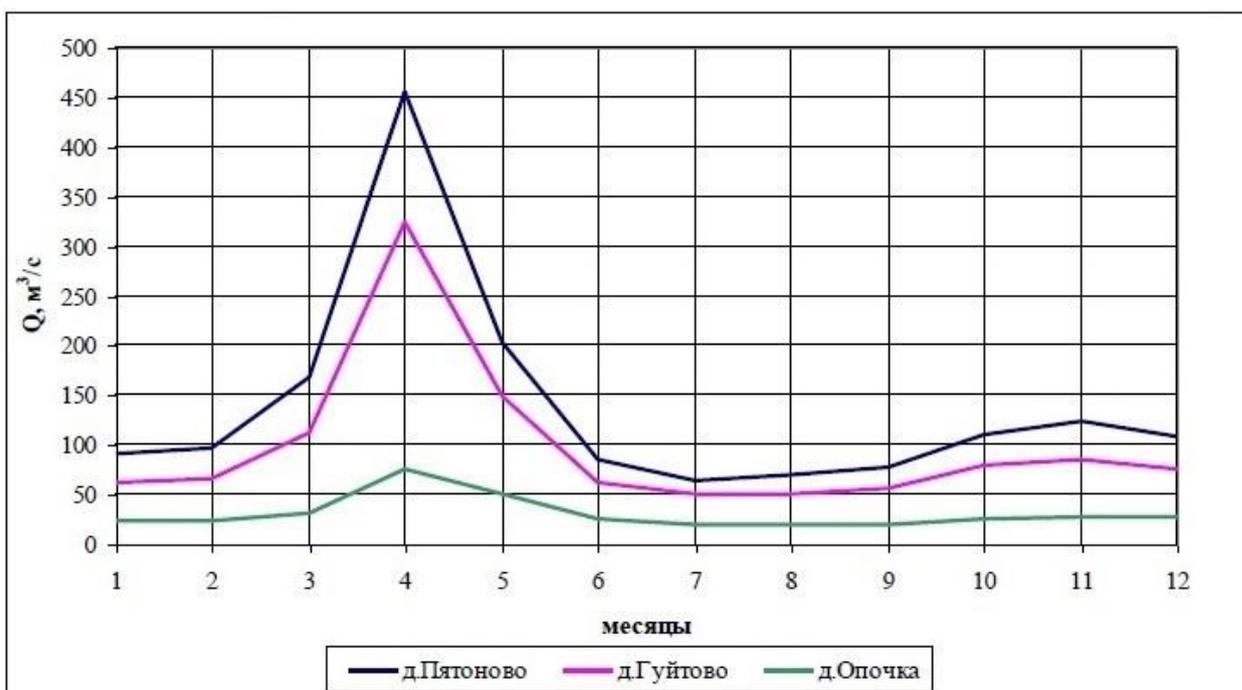


Рисунок 1.3.2 Внутригодовое распределение стока р. Великая

1.4 Растительность

Местность, по которой протекает река Великая, расположена в пределах зоны смешанных лесов, залесенность бассейна составляет 36%. В смешанных лесах растут хвойные, широколиственные и мелколиственные породы деревьев. Основными лесообразующими породами здесь являются ель и сосна обыкновенные, в меньшей степени – береза, осина, ольха серая и ольха черная. В настоящее время на формирование растительного покрова сильное влияние оказала деятельность человека – это вырубка лесов, распашка естественных угодий, мелиорация и т. п.

На территории Снетогорско-Муровицкого памятника природы произрастают растения находящиеся под защитой государства – это астрагал, ветреница, воробейник лекарственный, вяз шершавый, гвоздика пышная, герань кроваво-красная, гроздовник полулунный, колокольчик

широколиственный, ландыш майский, лютик длиннолистный, люцерна распростертая, медуница неясная, осока весенняя, прострел луговой, сурепка, тимофеевка степная, ясень обыкновенный и многие другие.

1.5 Исходные данные

Многолетние метеорологические данные по двум станциям – станция Пушкинские Горы за 1965 – 2015 годы, и станция Великие Луки 1966 – 2015 годы. Снегомерные съёмки с данными о покрытии окрестности станции снегом, покрытии маршрута снегом, запас воды в снеге (мм) и запас воды общий (мм). Наблюдения за снежным покровом по регламенту маршрутных снегосъёмок осуществляются через каждые 10 дней в течение холодного периода (каждые пять дней в период интенсивного снеготаяния). Так же представлены данные о температуре и осадках на территориях изучаемых станций.

1.5.1 Температура и осадки

Источник: Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации – мировой центр данных ГБУ «ВНИИГМИ-МЦД». Многолетние метеорологические данные по двум станциям – станция Пушкинские Горы за 1965 – 2015 годы, и станция Великие Луки 1966 – 2015 годы. Представлены температура и осадки за весь период исследования, с 1965 по 2015 года.

1.5.2 Снегозапасы

Представлены ежедневные данные о снегозапасах по двум станциям – станция Пушкинские Горы за 1965 – 2015 годы, и станция Великие Луки 1966 – 2015 годы. Данные предоставлены Всероссийским научно-исследовательским институтом гидрометеорологической информации – мировой центр данных ГБУ «ВНИИГМИ-МЦД».

1.5.3 Спутниковые данные по снегосъёмкам

В качестве данных спутникового зондирования о запасах воды в снеге использованы материалы проекта Финского метеорологического института GLOBSNOW – SnowWaterEquivalent (SWE). Эти данные помогают подобрать правильный температурный коэффициент kt для дальнейших расчётов.

2. Математический аппарат

2.1 Выделение устойчивого перехода температуры через 0

Требуется назначить дату устойчивого перехода температуры к отрицательным значениям по сумме температур. Для этого, начиная с даты, когда появляется первое отрицательное значение температуры, отнимается 5 дней и выполняется суммирование температур до даты, когда сумма принимает отрицательные численные значения. Для наглядности строится график, на

котором отчетливо виден пик сумм температур – это и есть дата устойчивого перехода к отрицательным значениям.

2.2 Модель снеготопивости

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

Параметры модели k_f и k_t 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 MSExcel и решения системы линейных уравнений с переопределенной матрицей.

2.3 Оптимизация параметров

Параметры модели k_f и k_t 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 MSExcel и решения системы линейных уравнений с переопределенной матрицей. Так же в некоторых случаях параметры k_f и k_t подбирались вручную.

2.3.1 Поиск решения

Процедура поиска решения выполнялась при помощи пакета решения задач в MS Excel. Надстройка "Поиск решения" является частью набора команд. С помощью этой надстройки можно найти оптимальное значение (максимум или минимум) формулы, содержащейся в одной ячейке, называемой целевой, с учетом ограничений на значения в других ячейках с формулами на листе. Надстройка "Поиск решения" работает с группой ячеек, называемых ячейками переменных решения или просто ячейками переменных, которые используются при расчете формул в целевых ячейках и ячейках ограничения. Надстройка "Поиск решения" изменяет значения в ячейках переменных решения согласно пределам ячеек ограничения и выводит результат в целевой ячейке.

В данной работе используется пакет поиска решений Excel для нахождения коэффициентов k_f и k_t , программа производит расчеты таким образом, чтобы найти оптимальные параметры.

2.3.2 Решение систем линейных уравнений с переопределённой матрицей

В данной модели имеются 2 неизвестных и несколько уравнений в каждом изучаемом году. Количество уравнений зависит от количества дней, в которые проводились снегомерные съёмки. Такого рода задачи часто встречаются, например, при обработке результатов экспериментов. Система не имеет классического решения, так как в общем случае не существует прямой, проходящей через все возможные точки (это возможно только тогда, когда какие-либо три уравнения полученной системы линейными преобразованиями сводятся к двум другим — система линейно зависима). Необходимо провести

аппроксимирующую кривую, которая не проходит через экспериментальные точки, но в то же время отражает экспериментальную зависимость, сглаживает возможные выбросы за счёт погрешности эксперимента.

Решение переопределенных систем уравнений является весьма трудоемким и зачастую практически нереализуемо без помощи ЭВМ.

В данном примере апробировано использование решение переопределенной системы линейных уравнений для оптимизации параметров модели помимо поиска решений, и разработана программа для реализации этого решения.

2.4 Оценка расчётов согласно измеренных и рассчитанных снегозапасов по критерию S/Σ

Оценка эффективности методики прогнозирования позволяет установить возможность её практического применения. При оценке эффективности методики и оправдываемости прогнозов требуется выполнение двух условий:

1. Должна быть соблюдена объективность системы оценки прогнозов;
2. Необходимо иметь возможность проводить сравнительную оценку.

Выполнение первого условия способствует совершенствованию методик прогнозирования, а второе условия позволяет выявить среди большого числа методик наиболее эффективные.

При оценке прогнозов предполагается, что ошибки каждого прогноза случайны, а их распределение подчиняется уравнению нормального распределения. Распределение погрешностей прогнозов имеет ассиметричный характер. Всегда есть определённый предел их минимальных значений.

Опытные данные показывают, что в пределах обеспеченности от 10 до 90 % распределение ошибок близко к нормальному.

В долгосрочных прогнозах за допустимую погрешность принимается вероятное отклонение

$$\delta_{\text{доп}} = \pm 0,674\sigma$$

здесь σ – среднее квадратическое отклонение прогнозируемого значения элемента от среднего:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n - 1}}$$

где y_i – значение прогнозируемой величины; \bar{y} – её среднее значение; n – число членов ряда.

Мерой точности методики прогнозирования является средняя квадратическая погрешность проверочных прогнозов, вычисляемая по формуле

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - y'_i)^2}{n - 2}}$$

где – соответственно фактическое и предсказанное значения; n – число членов ряда; m – число степеней свободы, равное числу постоянных в прогностическом уравнении.

Исходя из того, что распределение погрешностей прогнозов и распределение отклонений гидрологических величин от нормы близки к нормальному, за критерий применимости и качества методики принято отношение. Эти отношения являются показателями эффективности и точности прогнозирования, ибо показывают выигрыш в распределении погрешностей, который дает метод прогнозирования по сравнению с распределением погрешностей при принятии ожидаемой величины по ее норме или норме изменения за период заблаговременности прогноза.

Методика прогнозирования считается приемлемой, если обеспеченность допустимой погрешности проверочных прогнозов не менее чем на 10 % превышает обеспеченность вероятного отклонения от нормы. Учитывая, что погрешности определения S и σ зависят также и от числа членов ряда, установлены следующие условия применимости методик прогнозирования:

$$\text{при } n < 15 \quad S/\sigma < 0,70,$$

$$\text{при } 15 < n < 25 \quad S/\sigma < 0,75,$$

$$\text{при } n > 25 \quad S/\sigma < 0,80.$$

В данном примере берется первое условие, так как число членов ряда меньше 15. За это число берутся данные по запасу воды общему. Следовательно, отношение $S/\sigma < 0,70$.

3. Расчёт ежедневных снегозапасов

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

$$s_i = \sum_{i=1}^m k_f \cdot X_i - k_t \cdot t_i^+$$

где s_i – ежедневные снегозапасы

k_f – коэффициент потерь

X_i – сумма твёрдых осадков

k_t – температурный коэффициент

t_i^+ – сумма положительных температур

Оптимальные параметры k_f и k_t находились при помощи пакета решения задач в MS Excel. Температура (t_i^+) и осадки (X_i) были предоставлены в исходной информации.

3.1 Параметризация модели расчёта ежедневных снегозапасов

Для нахождения параметров модели выполнялась следующая процедура в последовательности:

1. Определение даты перехода температуры через 0
2. Суммирование твёрдых осадков
3. Нахождение фактических оптимальных параметров k_f и k_t

Определение даты перехода температуры через 0

Для того чтобы определить дату перехода температуры через ноль необходимо, начиная с даты, когда появляется первое отрицательное значение температуры отнять 5 дней и выполнить суммирование температур до даты, когда сумма примет отрицательные численные значения. Максимальное положительное значение является точкой устойчивого перехода к отрицательным температурам.

Суммирование твёрдых осадков производилось по формуле с учетом коэффициента k_f .

Нахождение фактических оптимальных параметров k_f и k_t

Для нахождения оптимальных параметров k_f (коэффициент потерь) и k_t (температурный коэффициент) выполнялось решение обратной задачи по известным запасам воды в снежном покрове (по данным снегомерных наблюдений), температуре и осадкам. Применялась процедура поиска решения в MS Excel и решения системы линейных уравнений с переопределенной матрицей.

Графики по двум станциям – станция Пушкинские Горы за период с 1965 года по 2000 год, и станция Великие Луки за период с 1966 года по 1999 год. Последние 15 лет дополнительно изучались с помощью материалов проекта Финского метеорологического института GLOBSNOW – SnowWaterEquivalent (SWE) (спутникового зондирования).

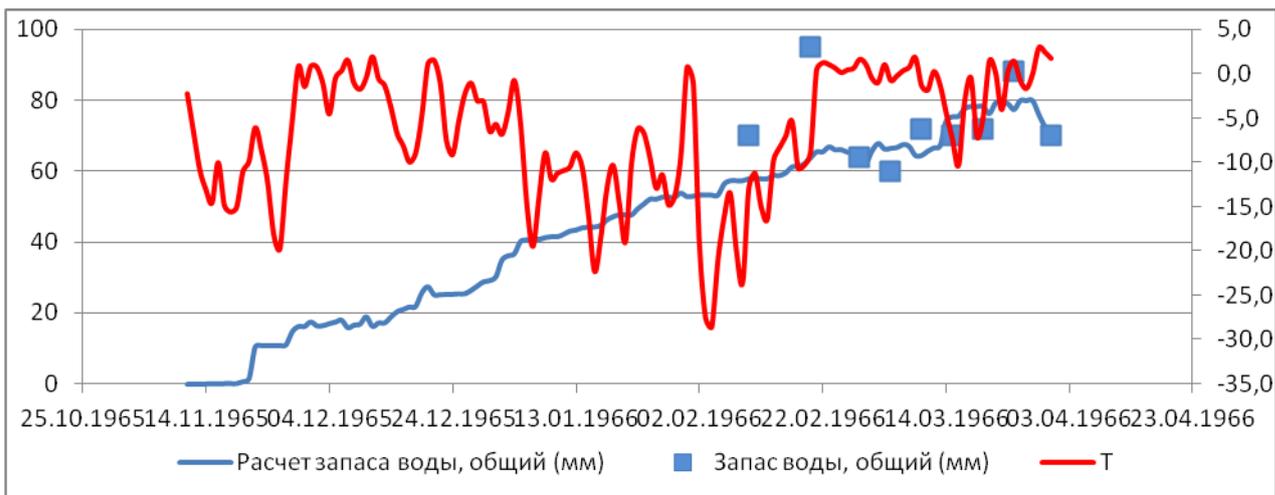


График 3.1.1 Станция Пушкинские Горы 1965 - 1966 гг

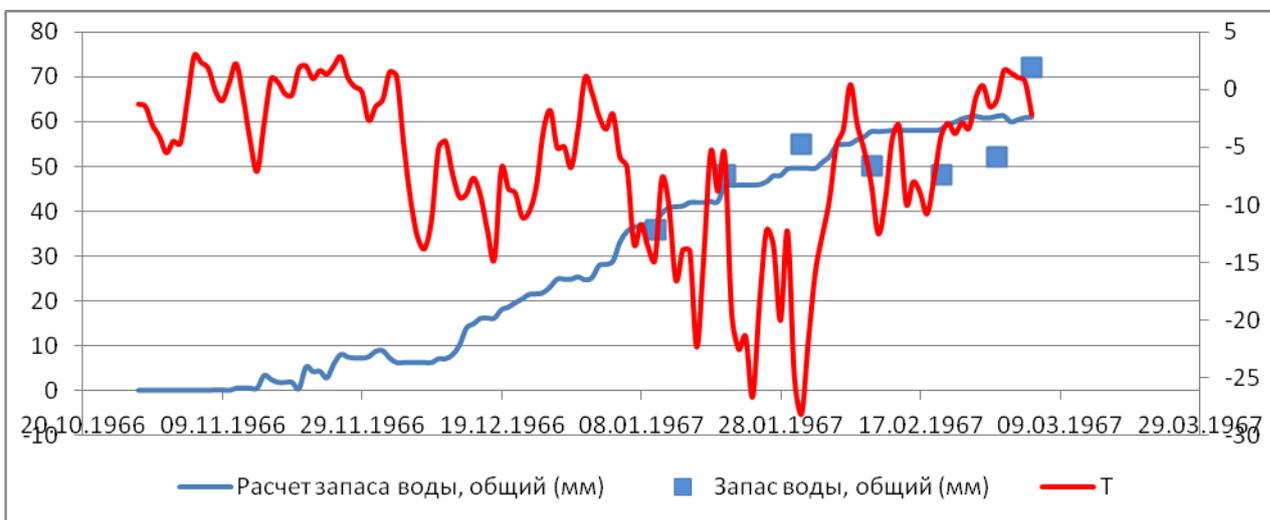


График 3.1.2 Станция Пушкинские Горы 1966 – 1967 гг

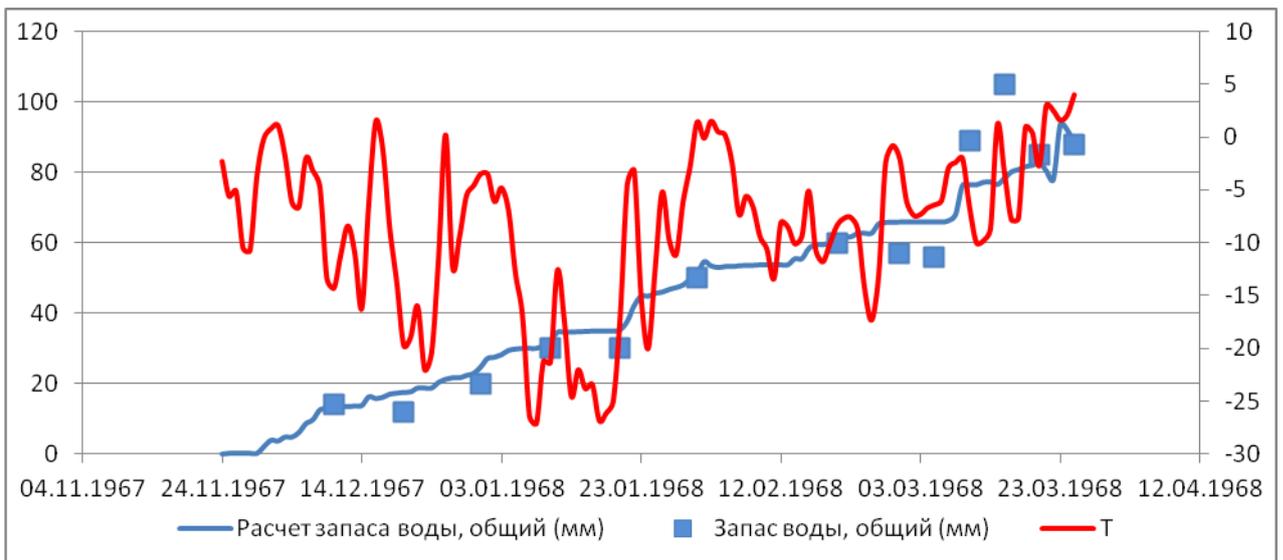


График 3.1.3 Станция Пушкинские Горы 1967 – 1968 гг

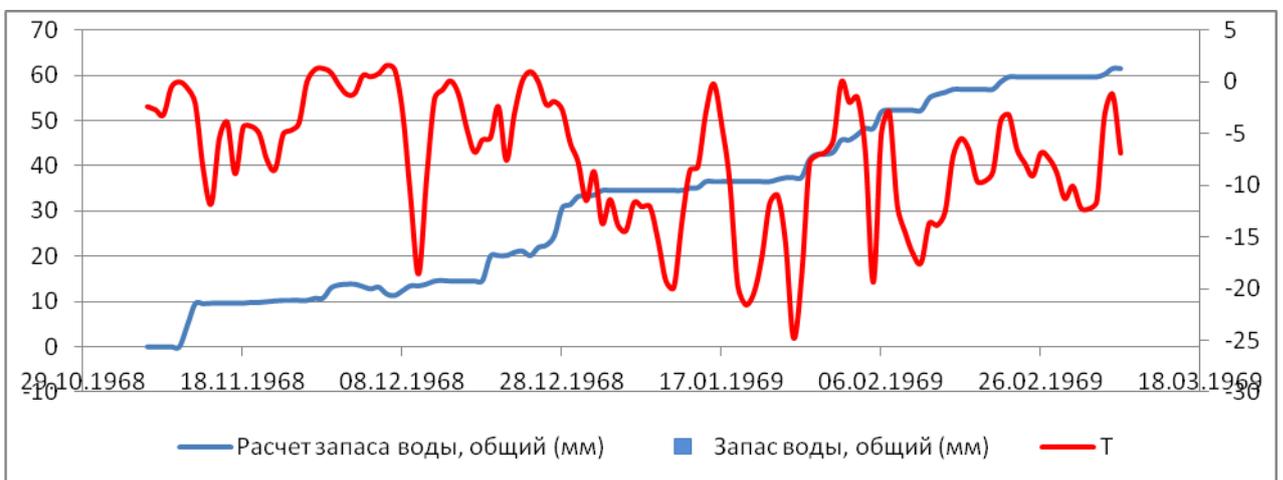


График 3.1.4 Станция Пушкинские Горы 1968 – 1969 гг

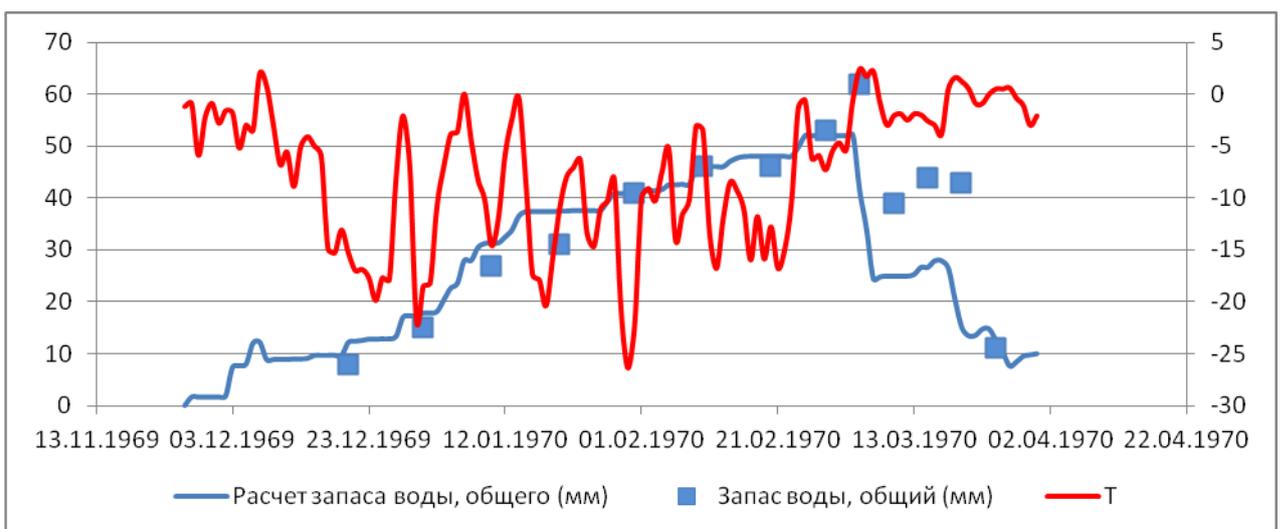


График 3.1.5 Станция Пушкинские Горы 1969 – 1970 гг

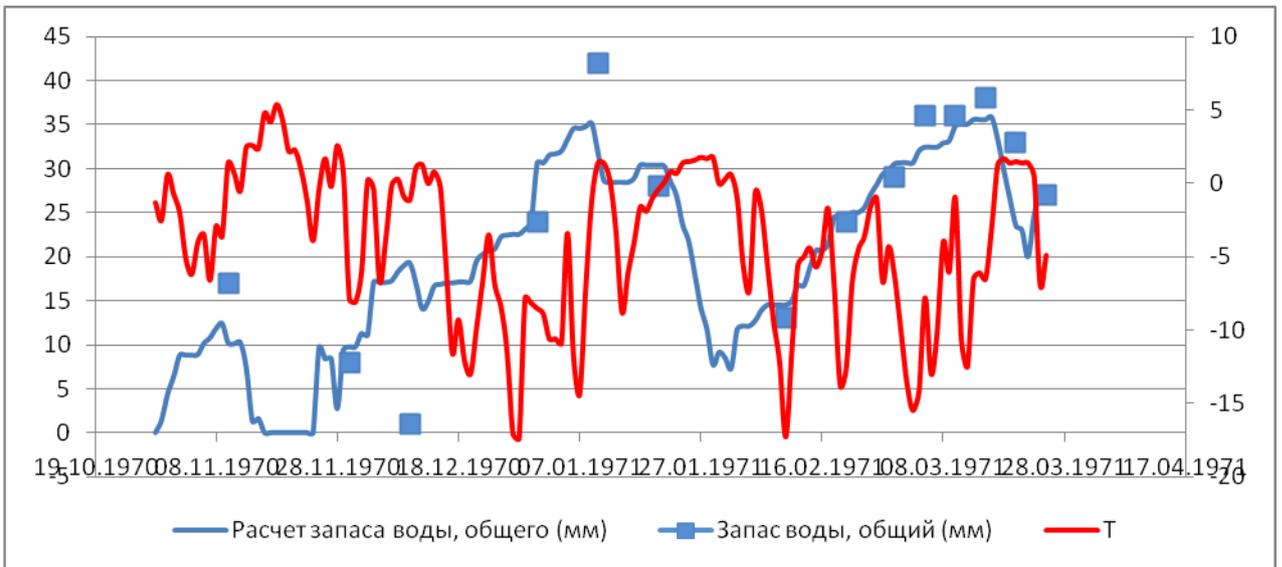


График 3.1.6 Станция Пушкинские Горы 1970 – 1971 гг

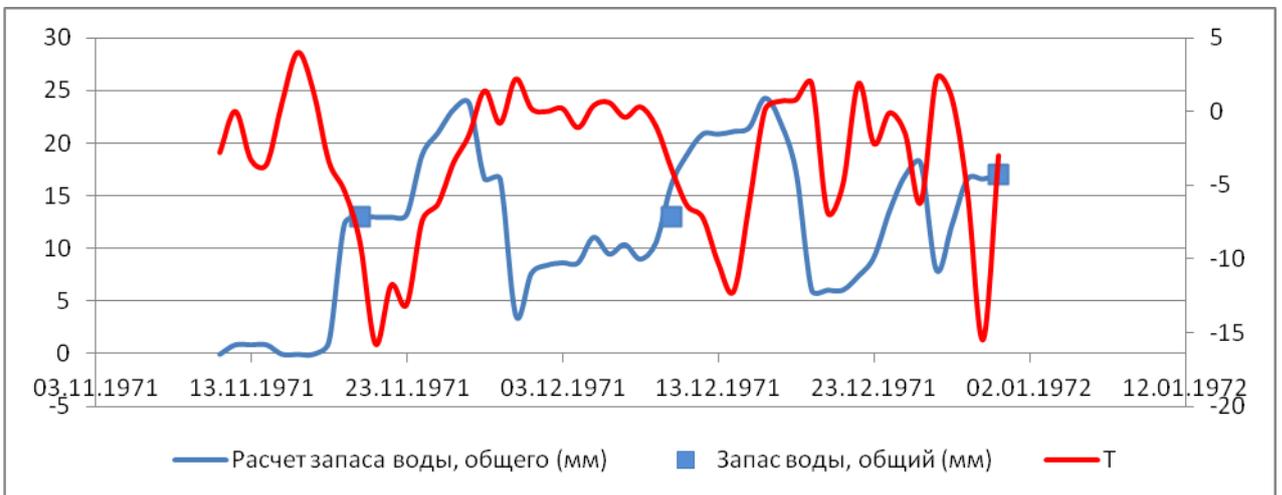


График 3.1.7 Станция Пушкинские Горы 1971 – 1972 гг

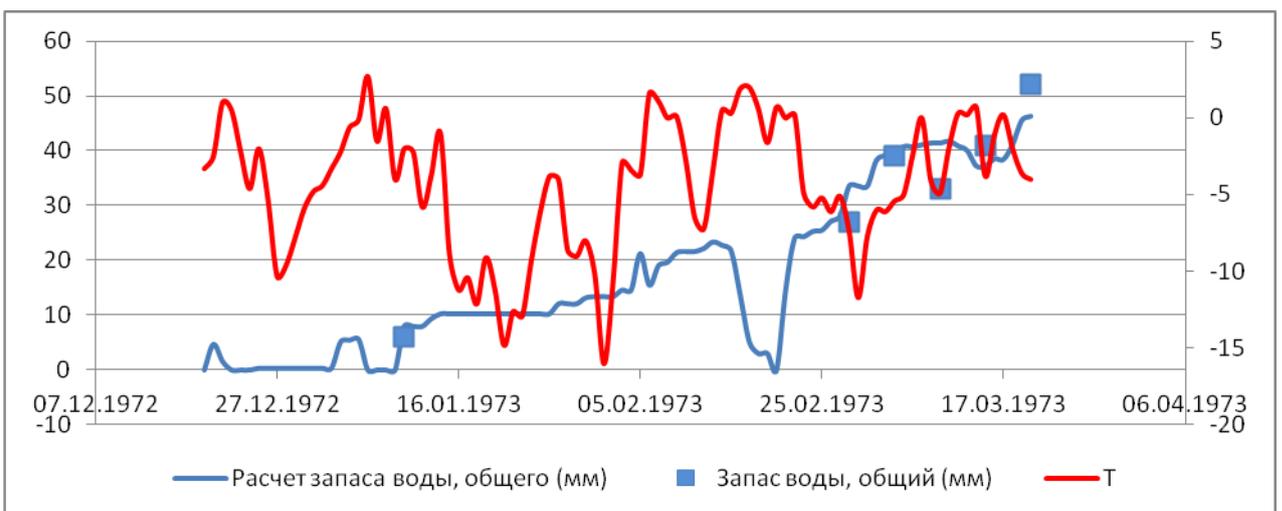


График 3.1.8 Станция Пушкинские Горы 1972 – 1973 гг

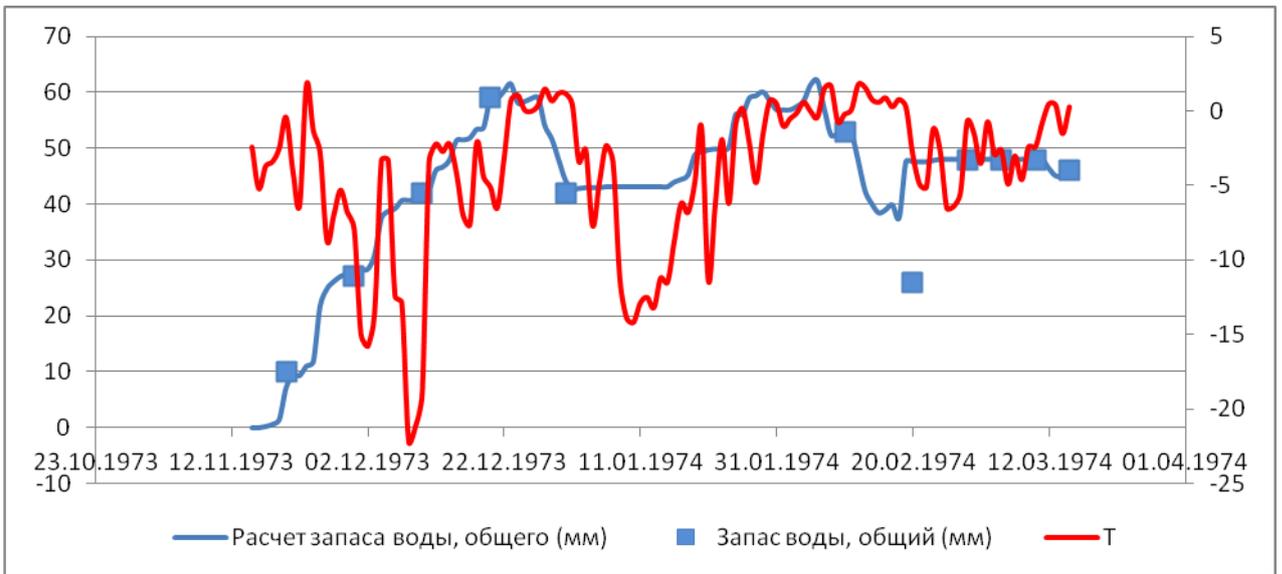


График 3.1.9 Станция Пушкинские Горы 1973 – 1974 гг



График 3.1.10 Станция Пушкинские Горы 1974 – 1975 гг

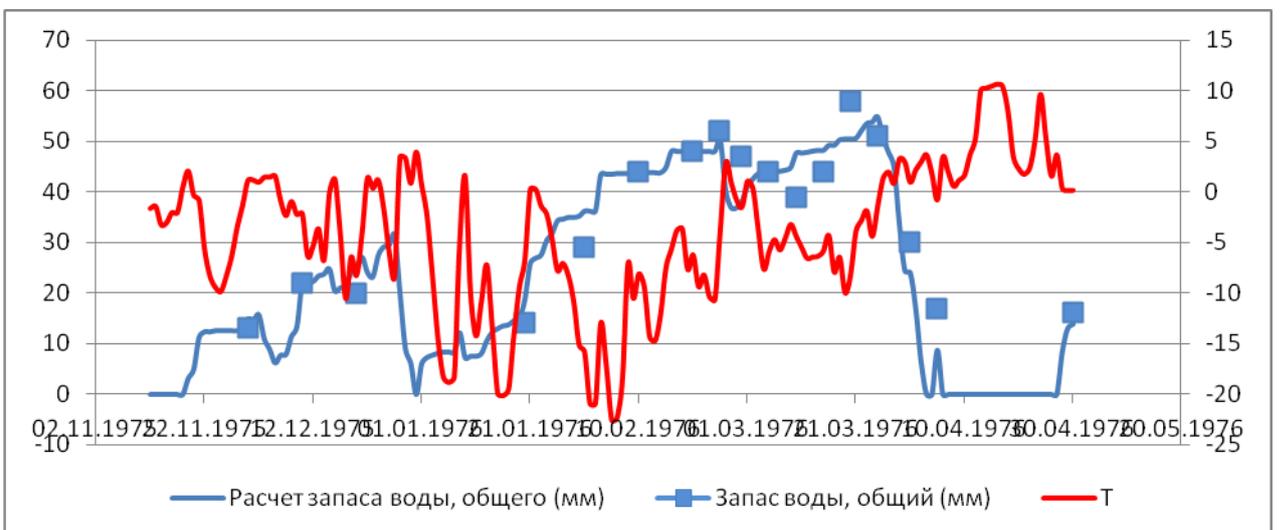


График 3.1.11 Станция Пушкинские Горы 1975 – 1976 гг

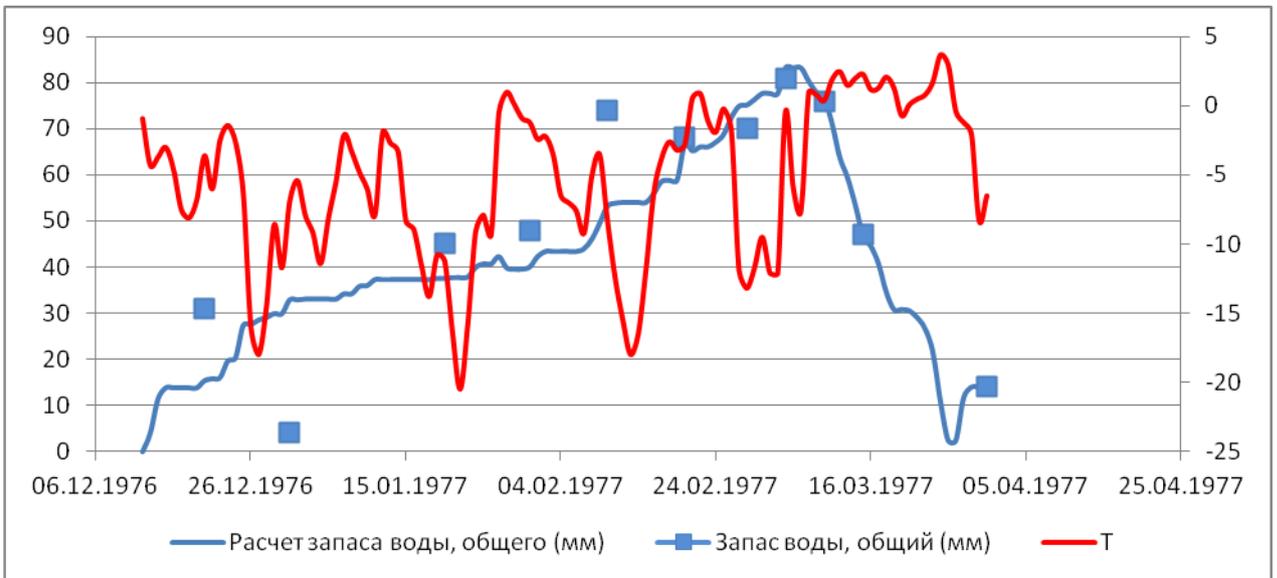


График 3.1.12 Станция Пушкинские Горы 1976 – 1977 гг

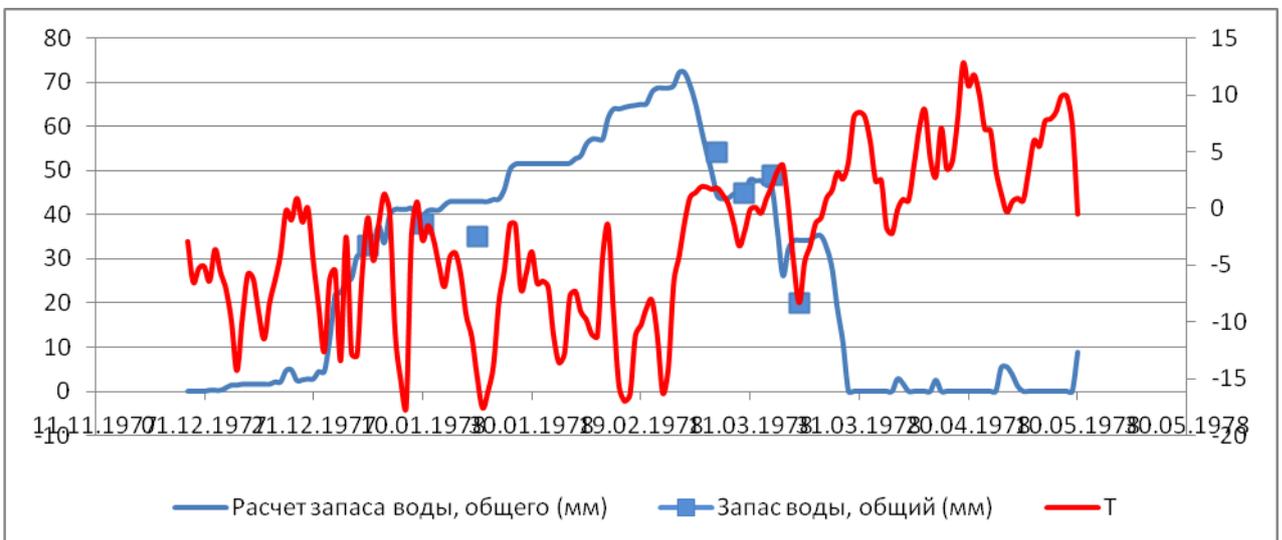


График 3.1.13 Станция Пушкинские Горы 1977 – 1978 гг

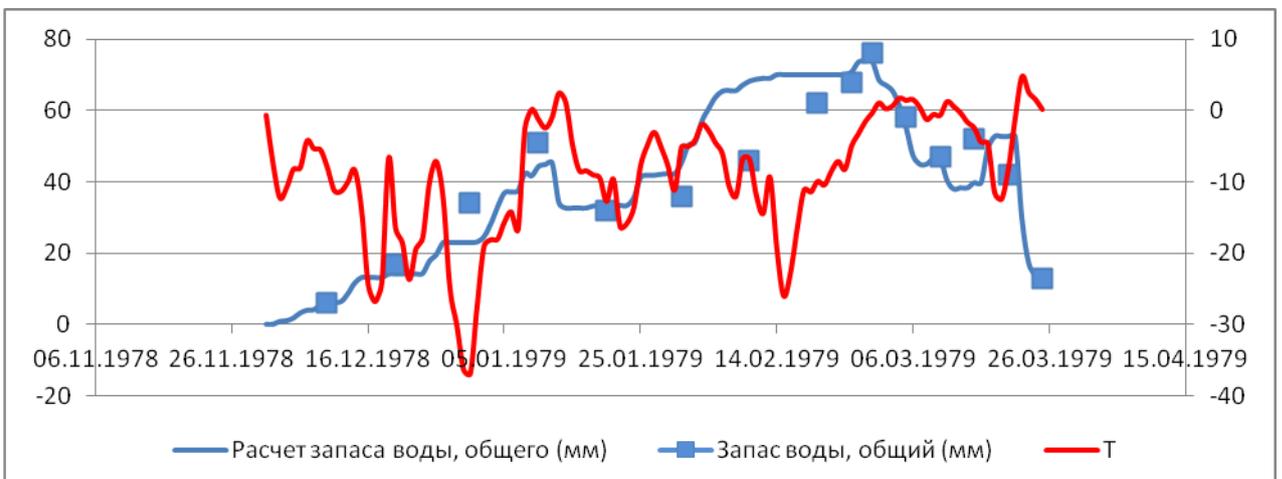


График 3.1.14 Станция Пушкинские Горы 1978 – 1979 гг

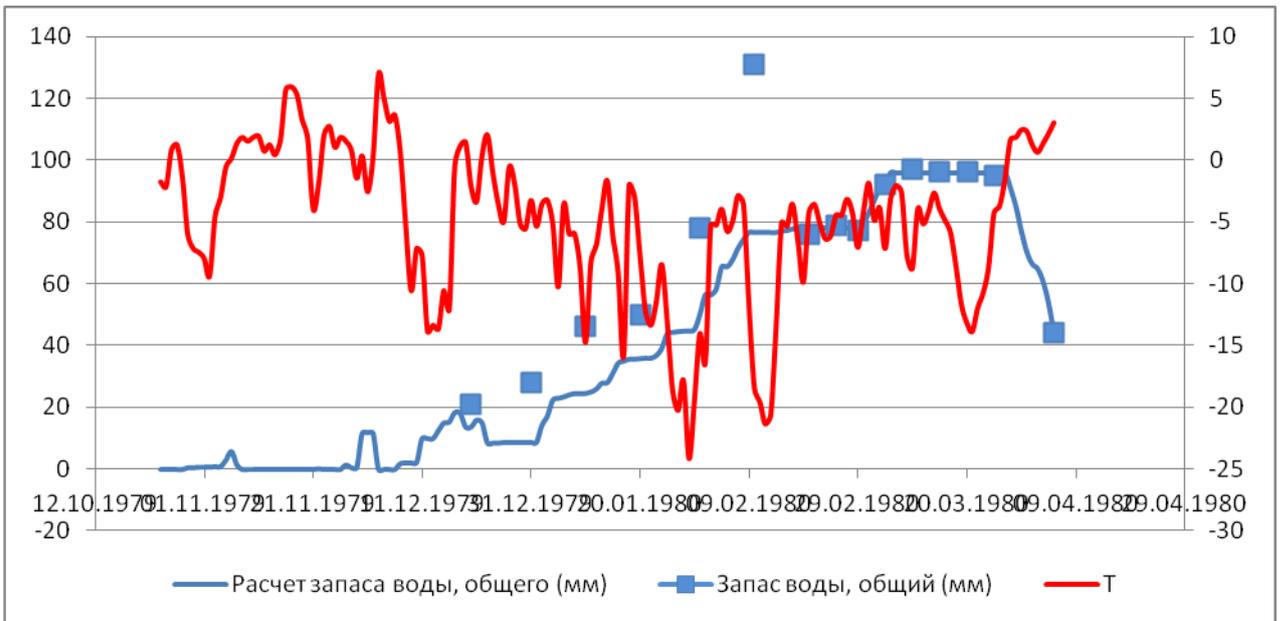


График 3.1.15 Станция Пушкинские Горы 1979 – 1980 гг

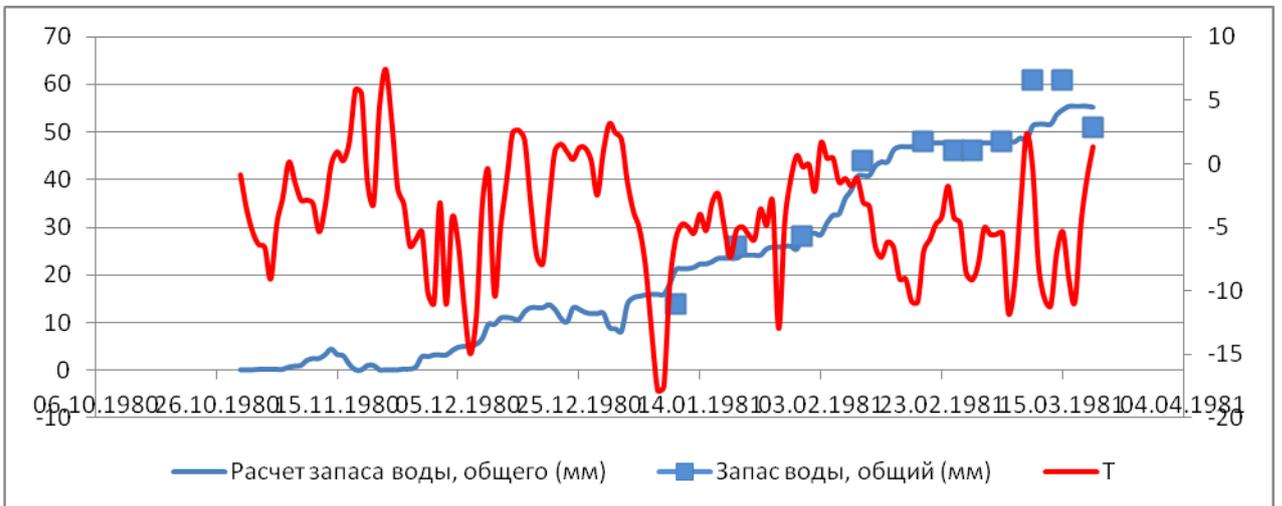


График 3.1.16 Станция Пушкинские Горы 1980 – 1981 гг

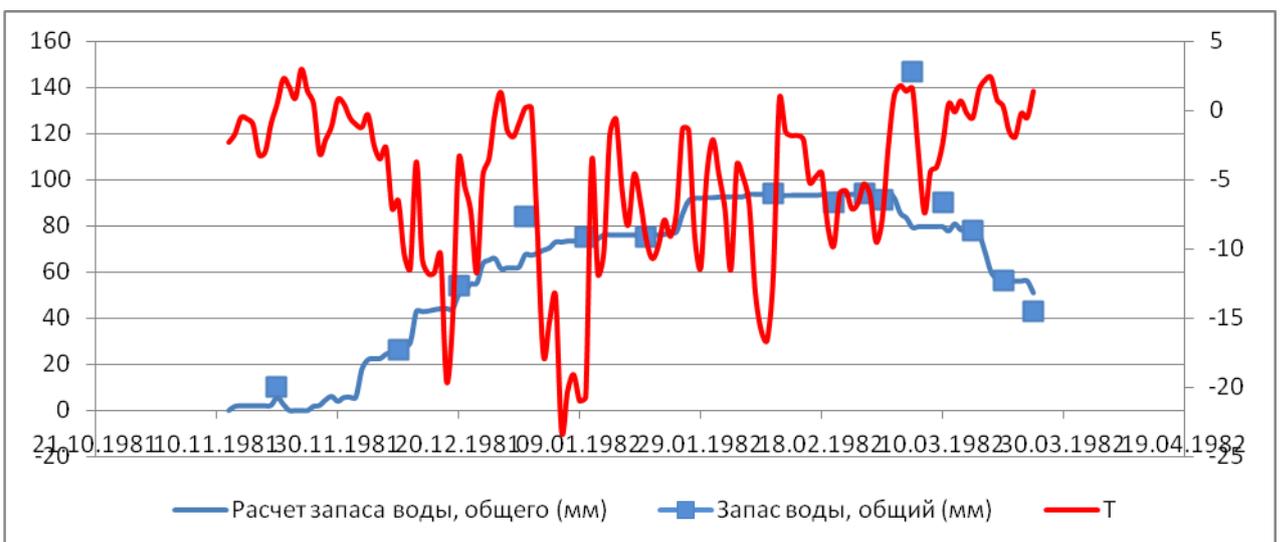


График 3.1.17 Станция Пушкинские Горы 1981 – 1982 гг

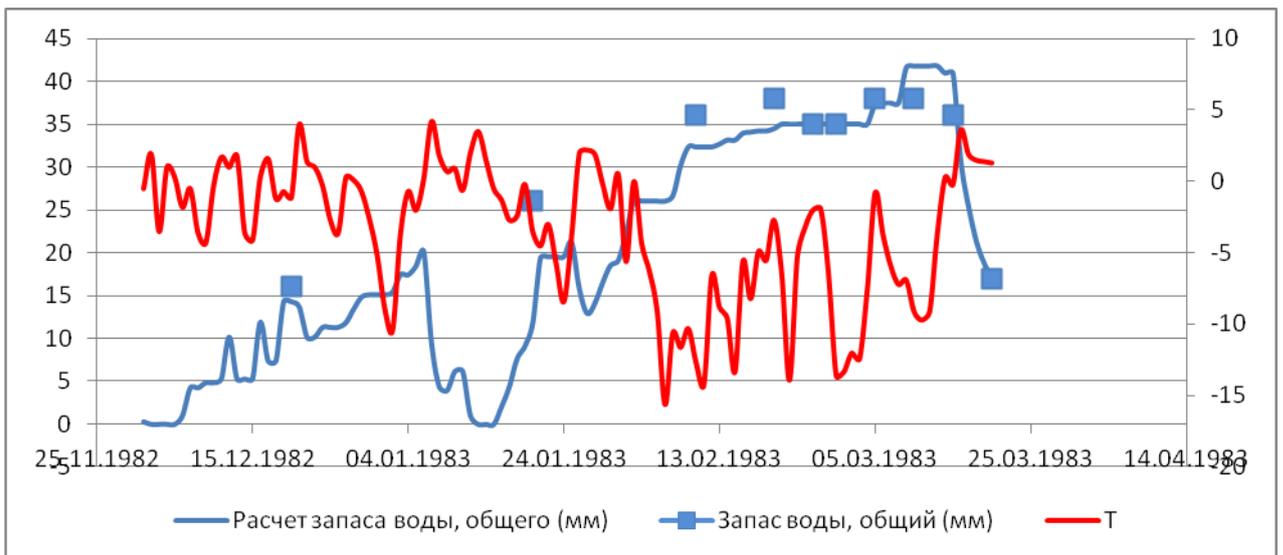


График 3.1.18 Станция Пушкинские Горы 1982 – 1983

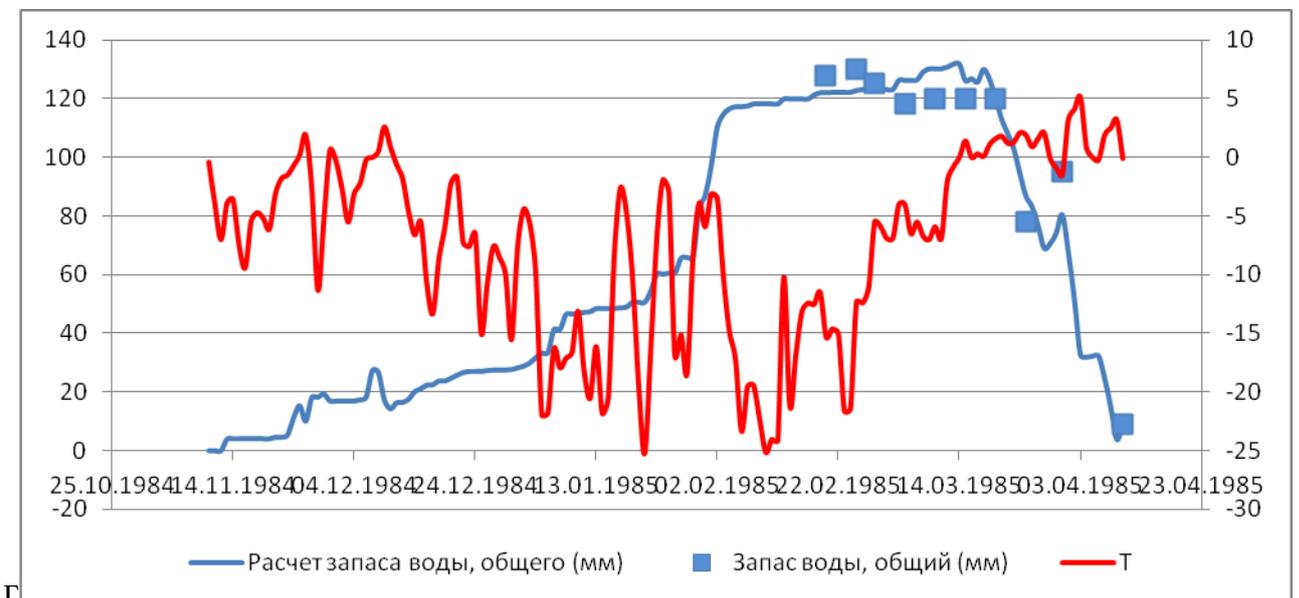


График 3.1.19 Станция Пушкинские Горы 1984 – 1985 гг

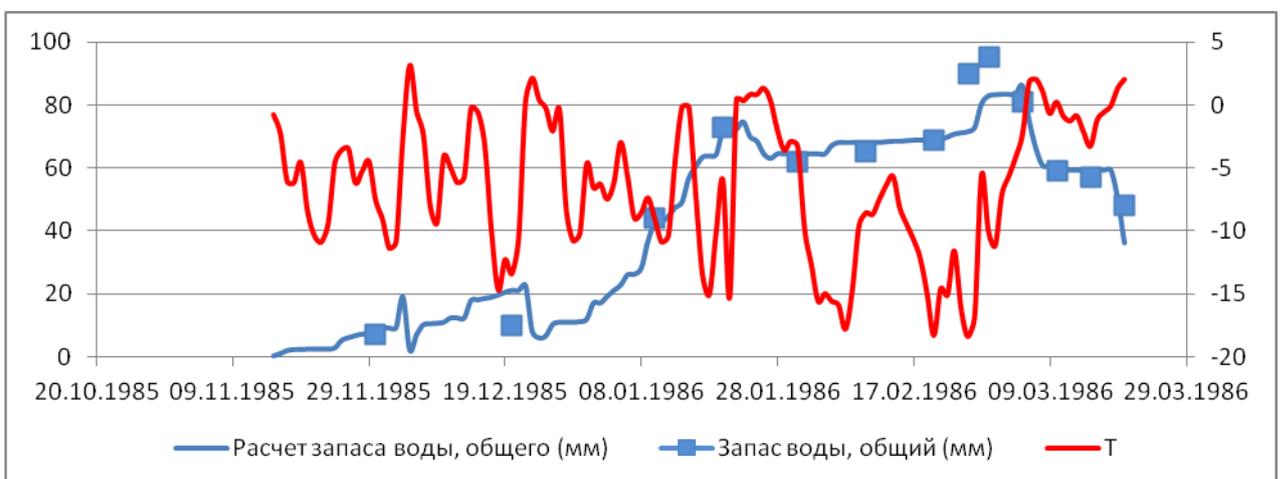


График 3.1.20 Станция Пушкинские Горы 1985 – 1986 гг

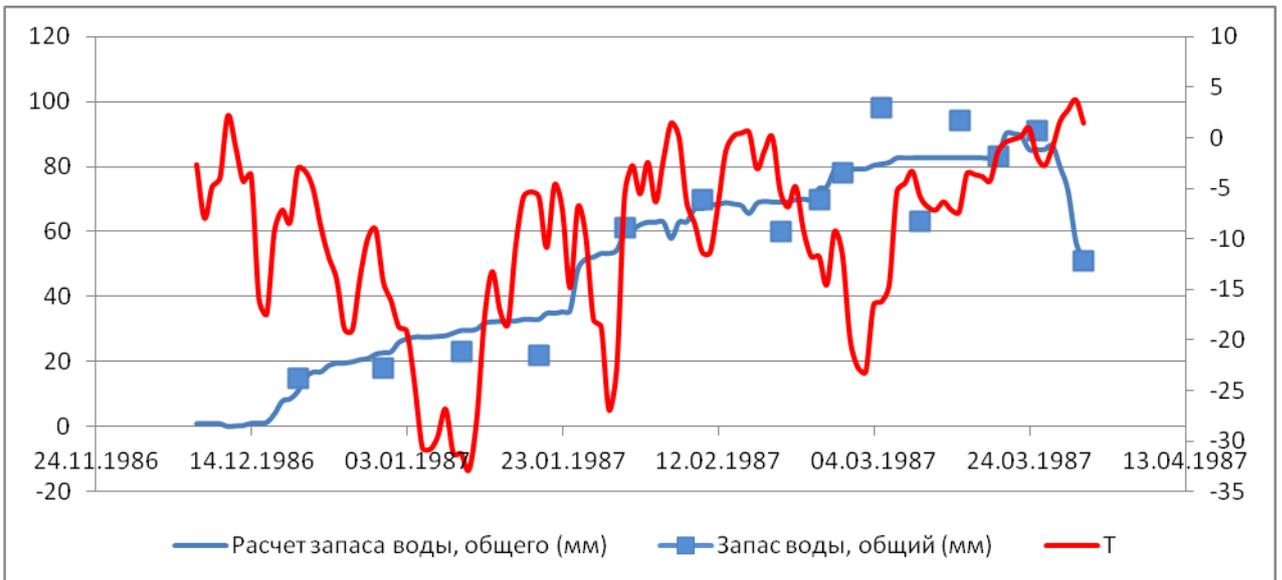


График 3.1.21 Станция Пушкинские Горы 1986 – 1987 гг

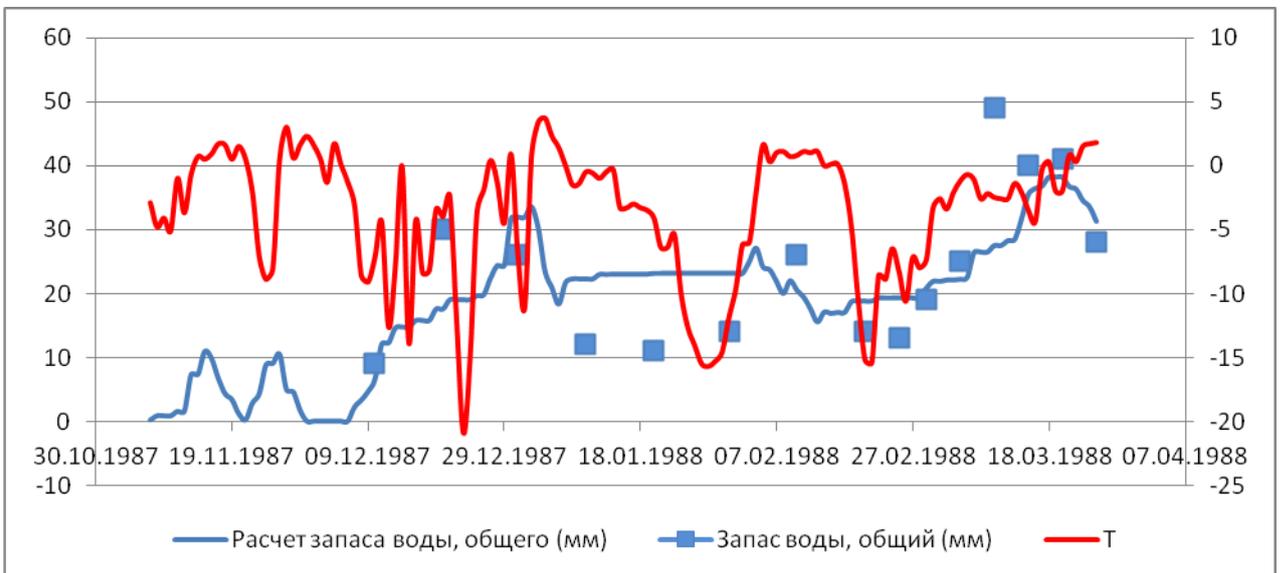


График 3.1.22 Станция Пушкинские Горы 1987 – 1988 гг

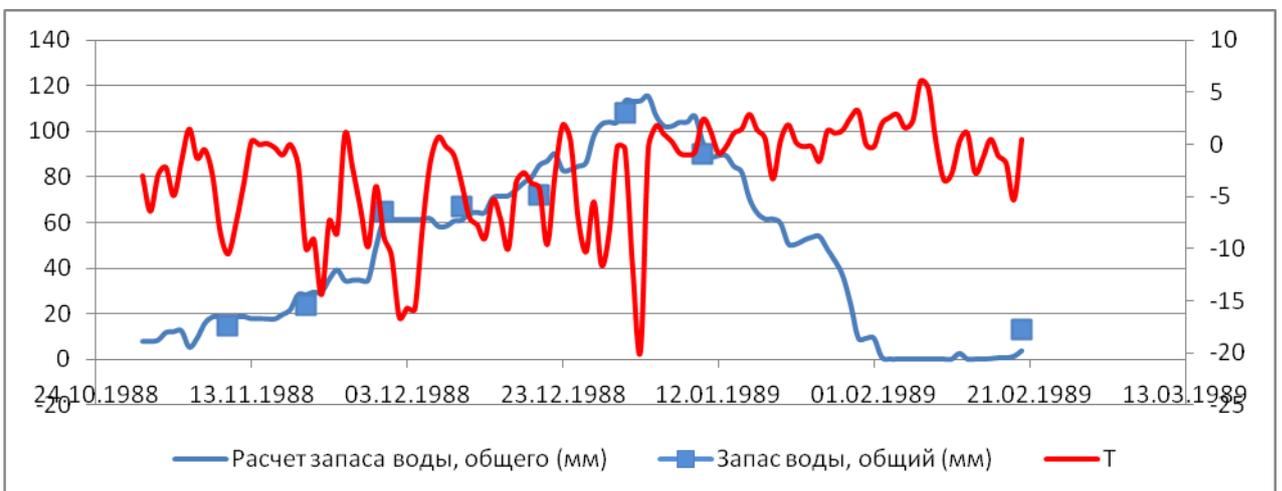


График 3.1.23 Станция Пушкинские Горы 1988 – 1989 гг

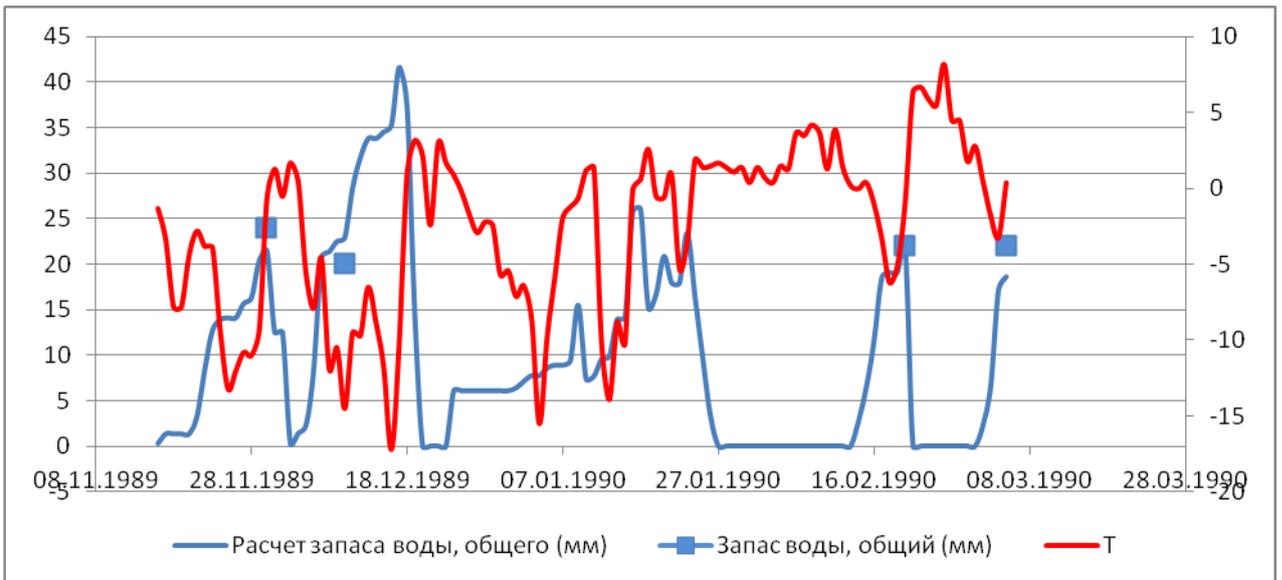


График 3.1.24 Станция Пушкинские Горы 1989 – 1990 гг

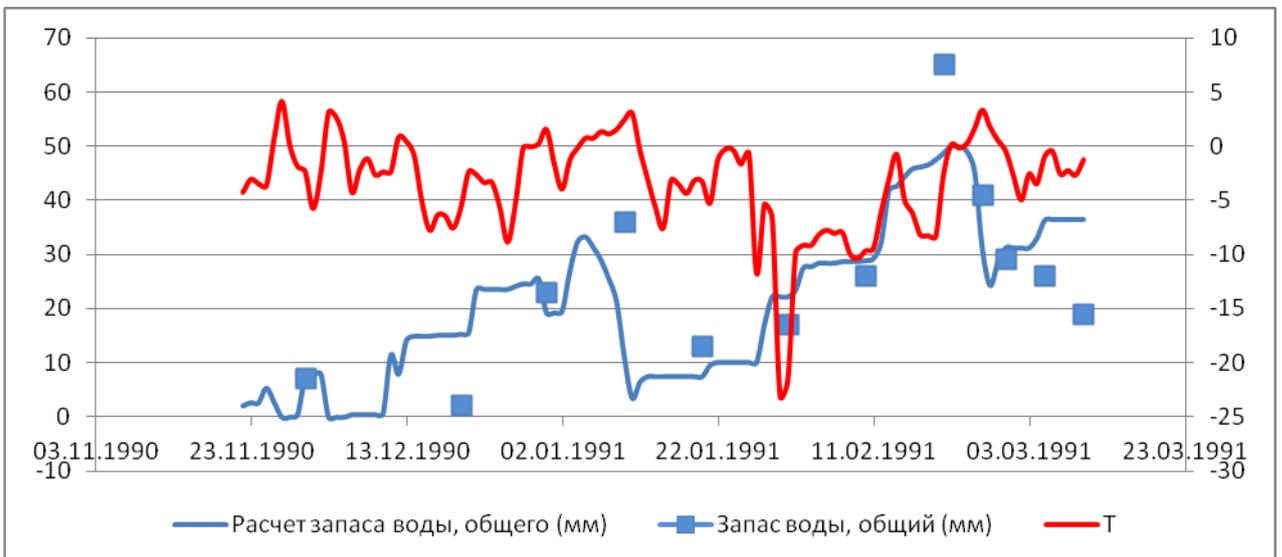


График 3.1.25 Станция Пушкинские Горы 1990 – 1991 гг

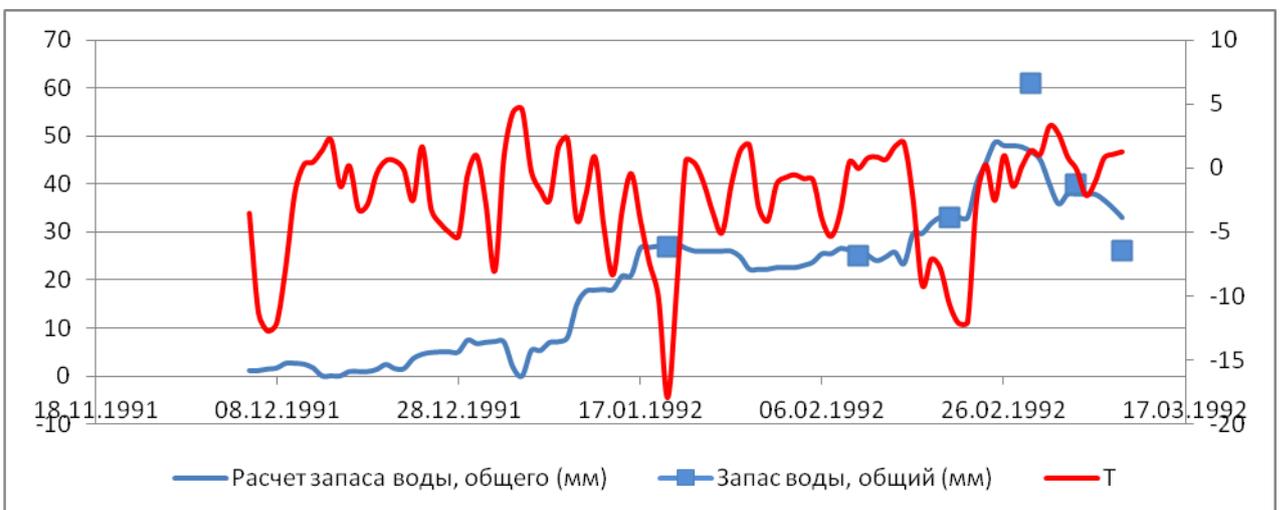


График 3.1.26 Станция Пушкинские Горы 1991 – 1992 гг

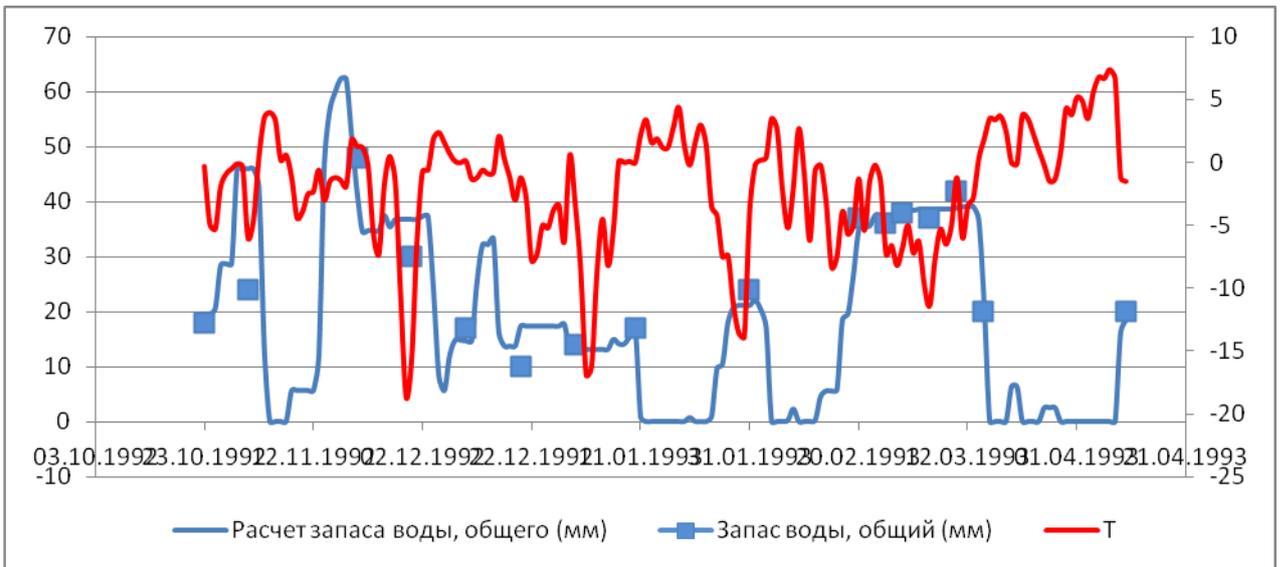


График 3.1.27 Станция Пушкинские Горы 1992 – 1993 гг

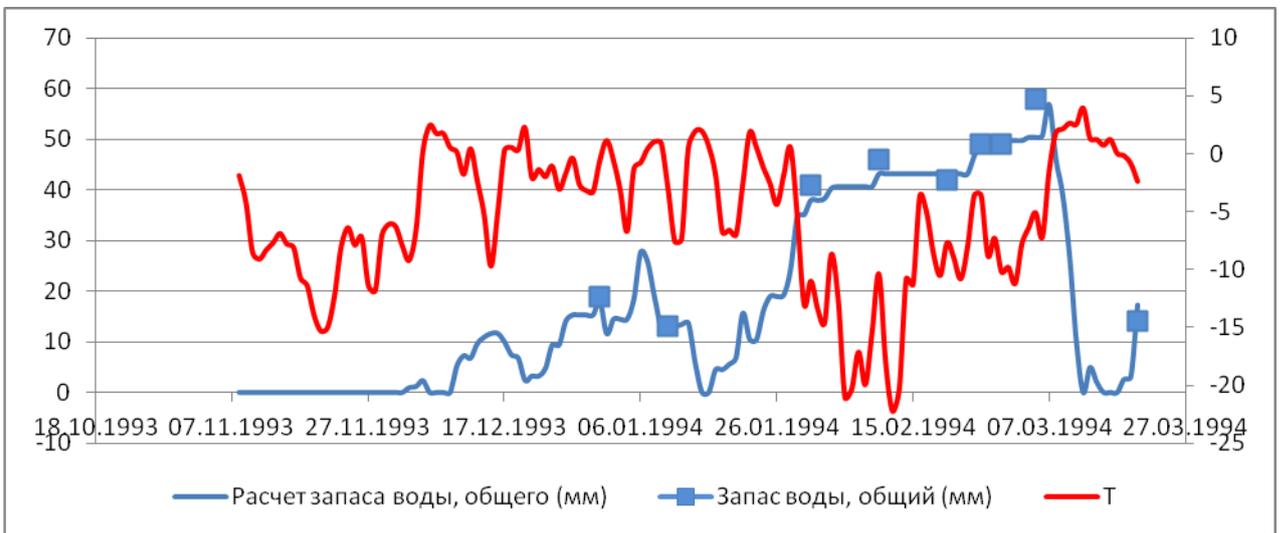


График 3.1.28 Станция Пушкинские Горы 1993 – 1994 гг

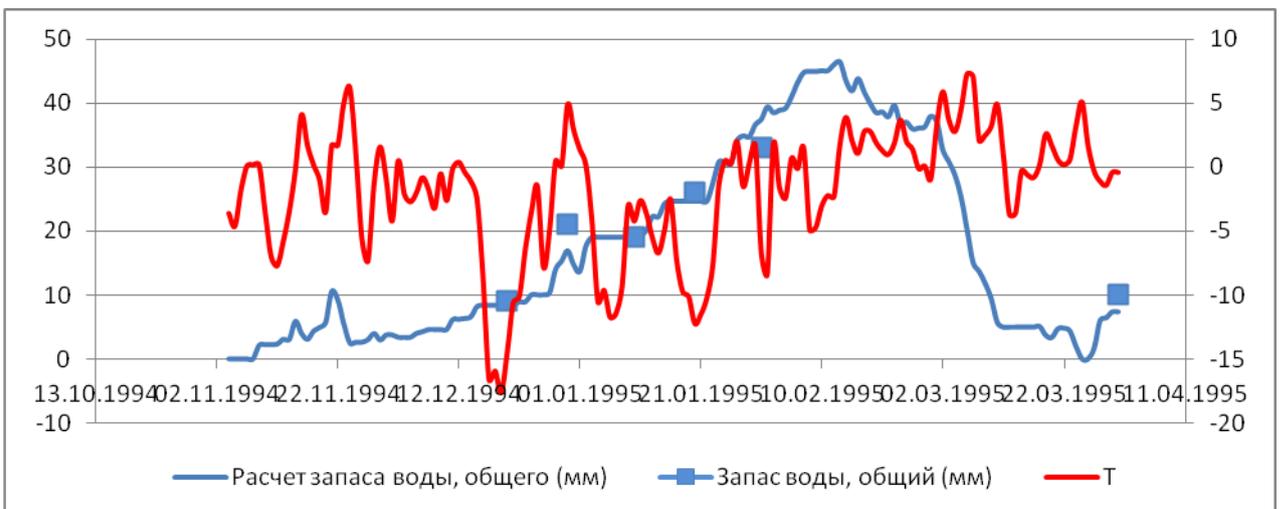


График 3.1.29 Станция Пушкинские Горы 1994 – 1995 гг

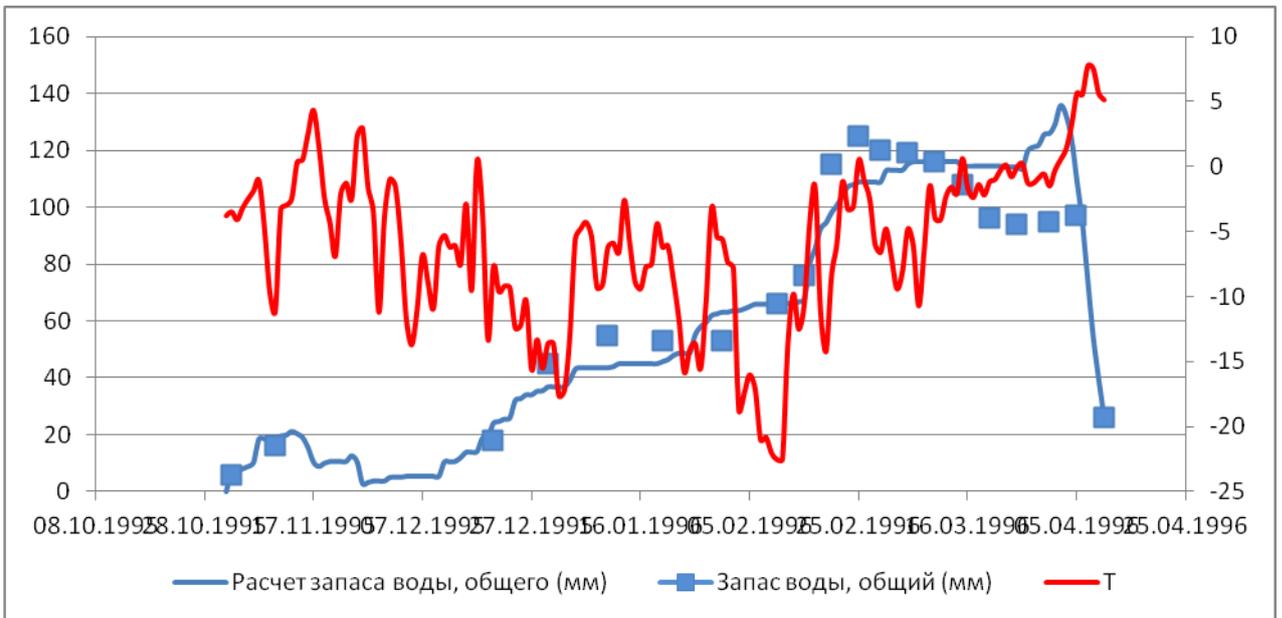


График 3.1.30 Станция Пушкинские Горы 1995 – 1996 гг

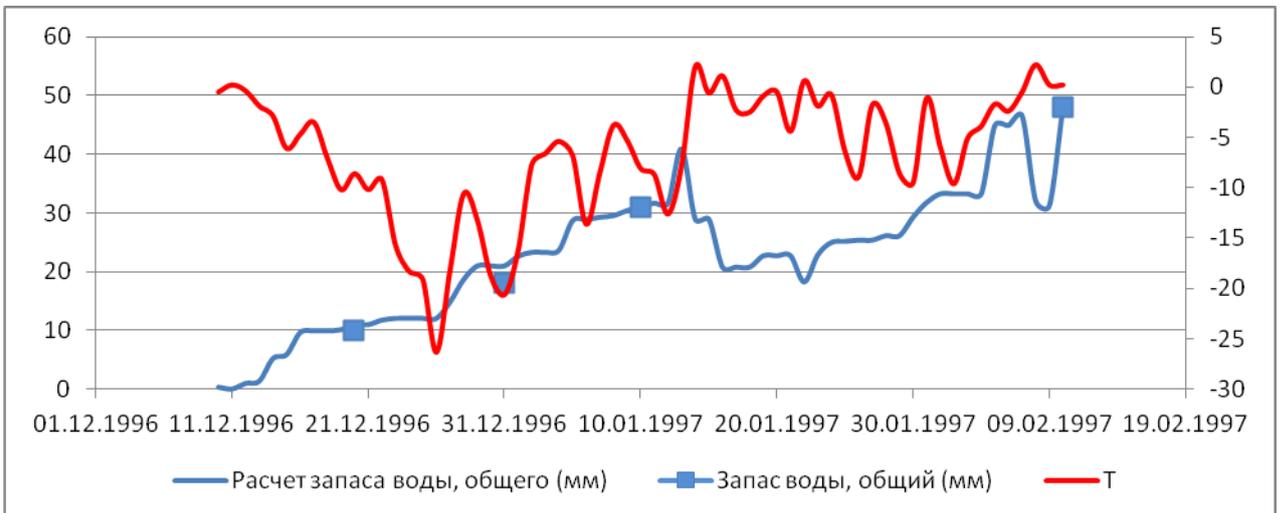


График 3.1.31 Станция Пушкинские Горы 1996 – 1997 гг

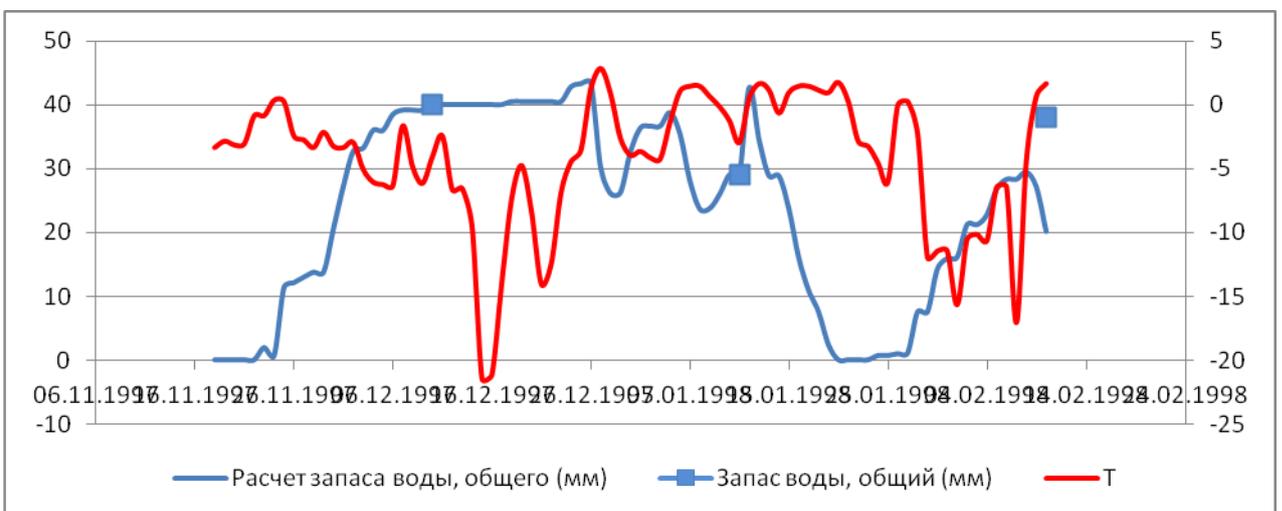


График 3.1.32 Станция Пушкинские Горы 1997 – 1998 гг

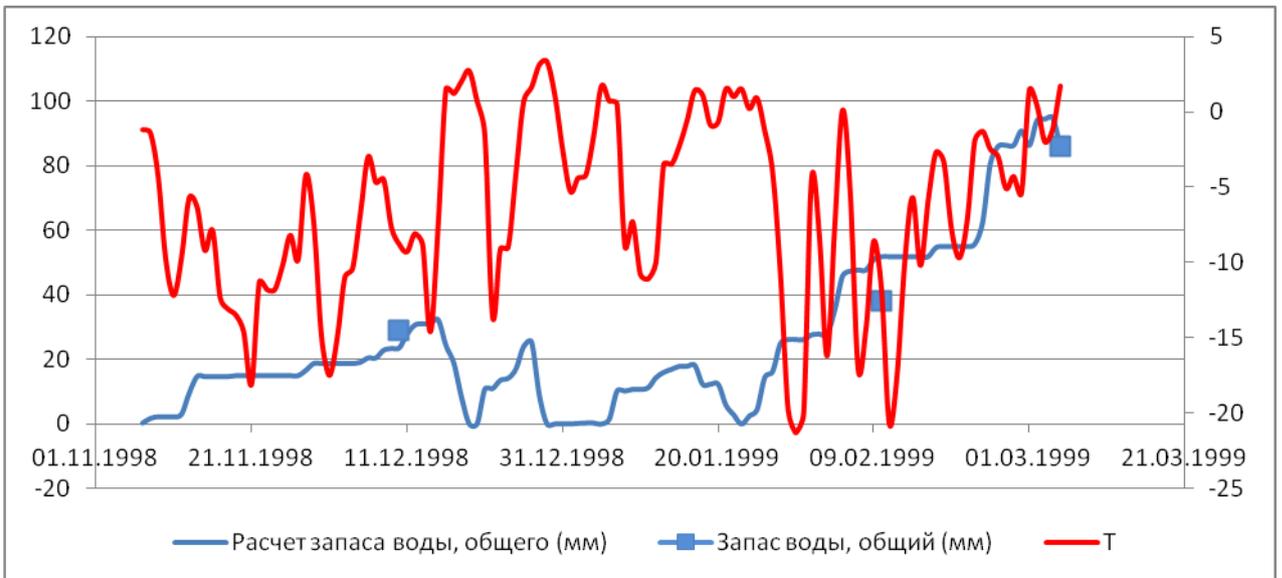


График 3.1.33 Станция Пушкинские Горы 1998 – 1999 гг

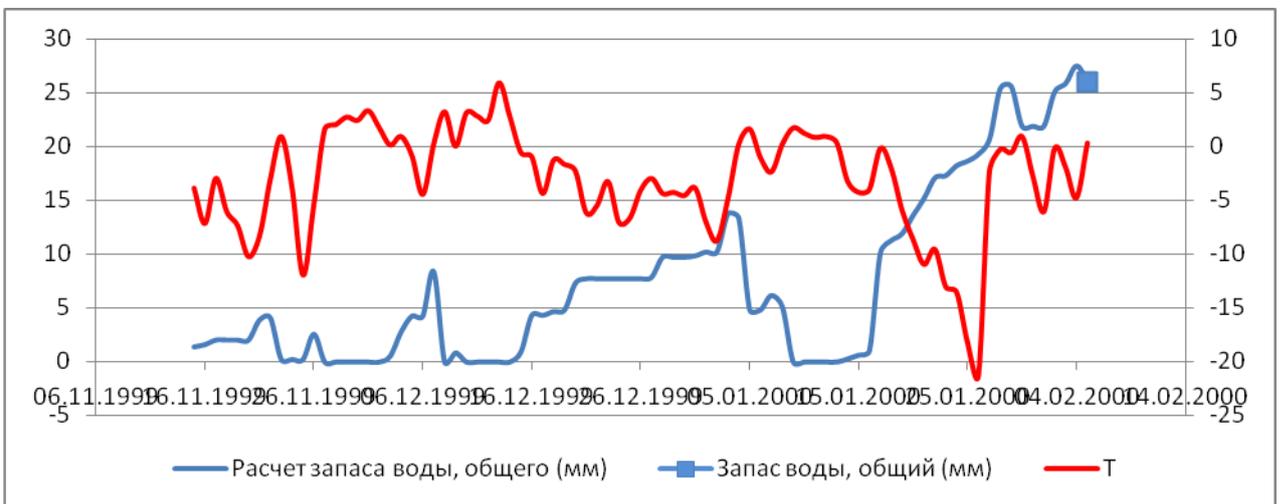


График 3.1.34 Станция Пушкинские Горы 1999 – 2000 гг

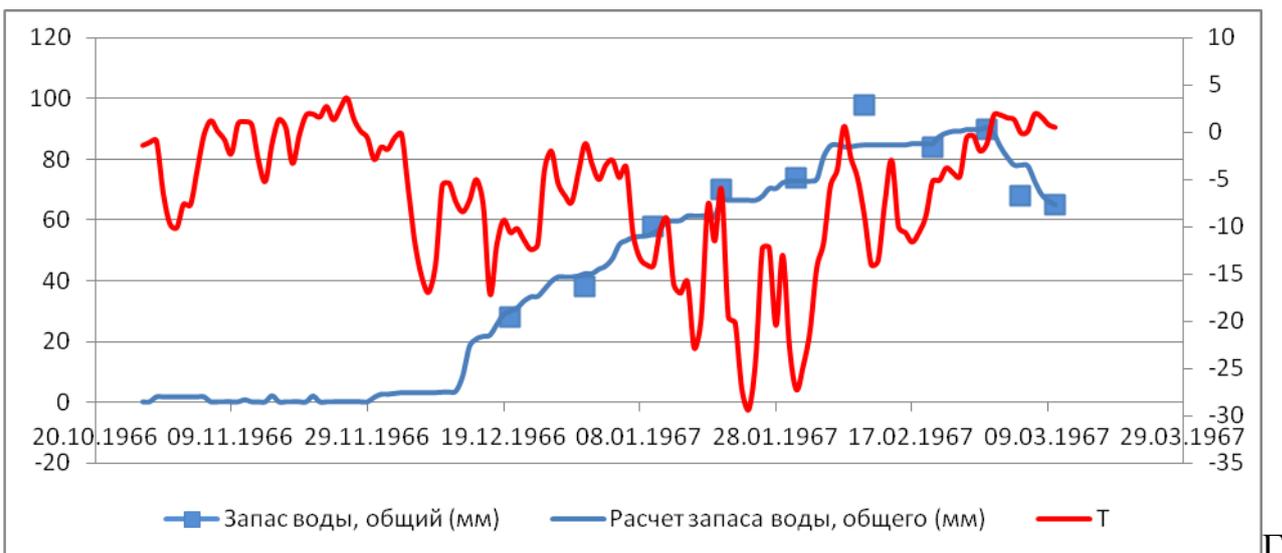
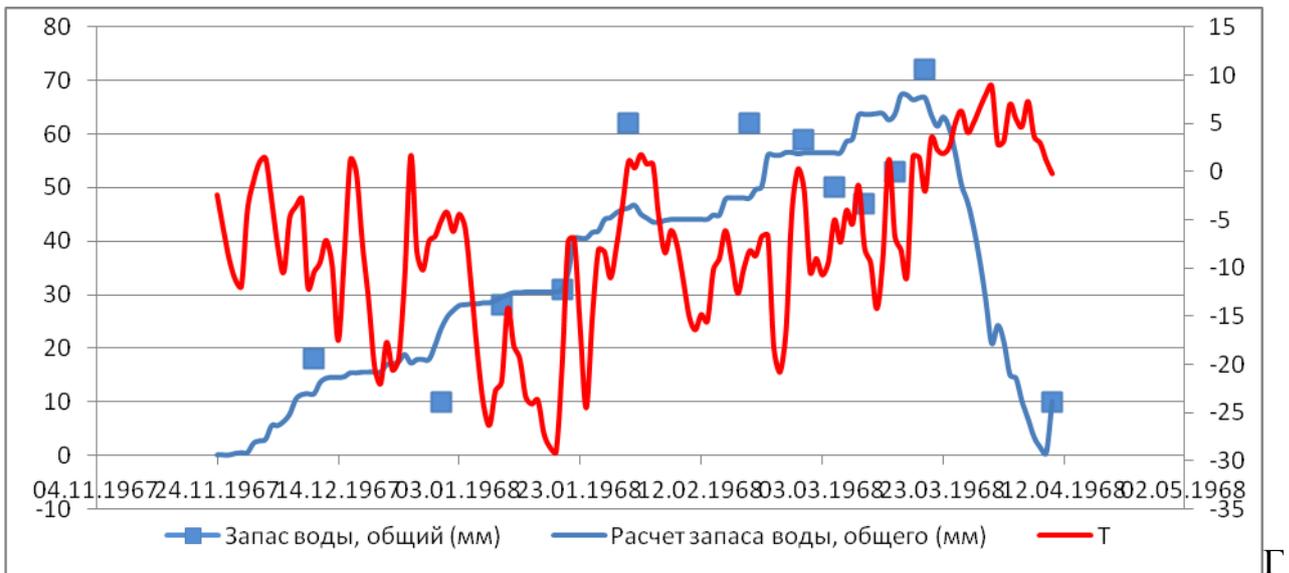
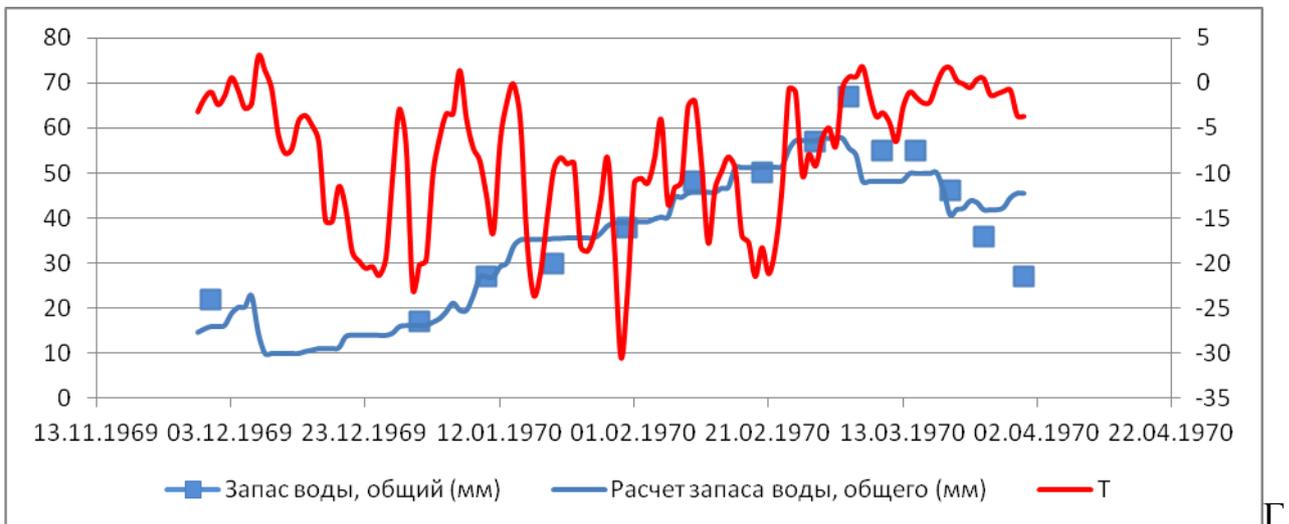


График 3.1.35 Станция Великие Луки 1966 – 1967 гг



рафик 3.1.36 Станция Великие Луки 1967 – 1968 гг



рафик 3.1.37 Станция Великие Луки 1969 – 1970 гг

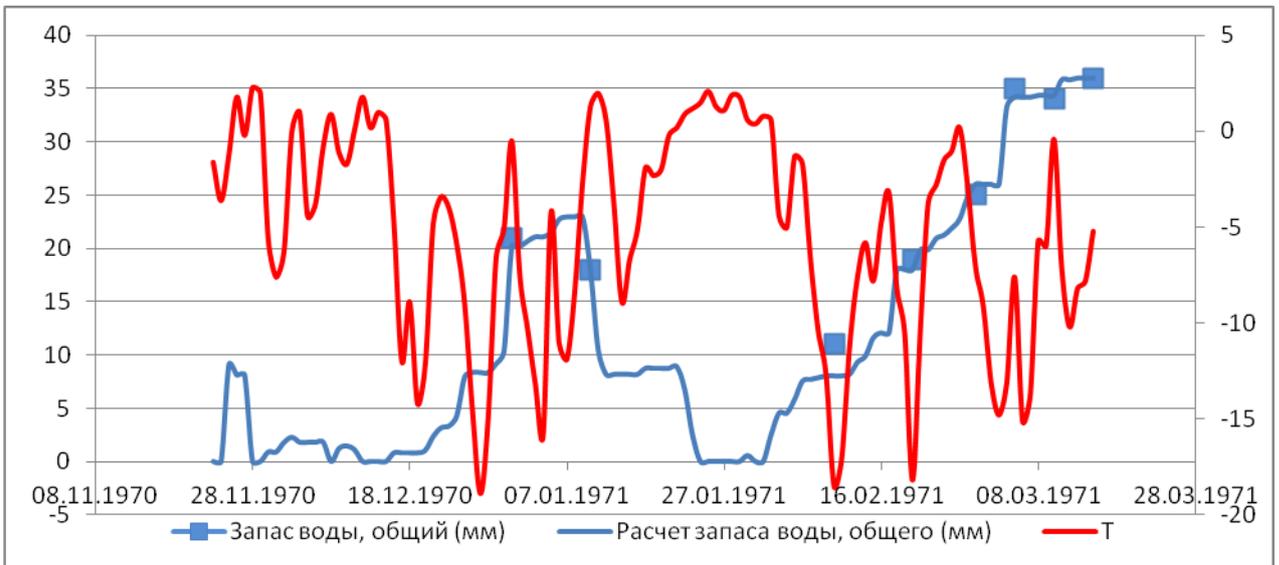


График 3.1.38 Станция Великие Луки 1970 – 1971 гг

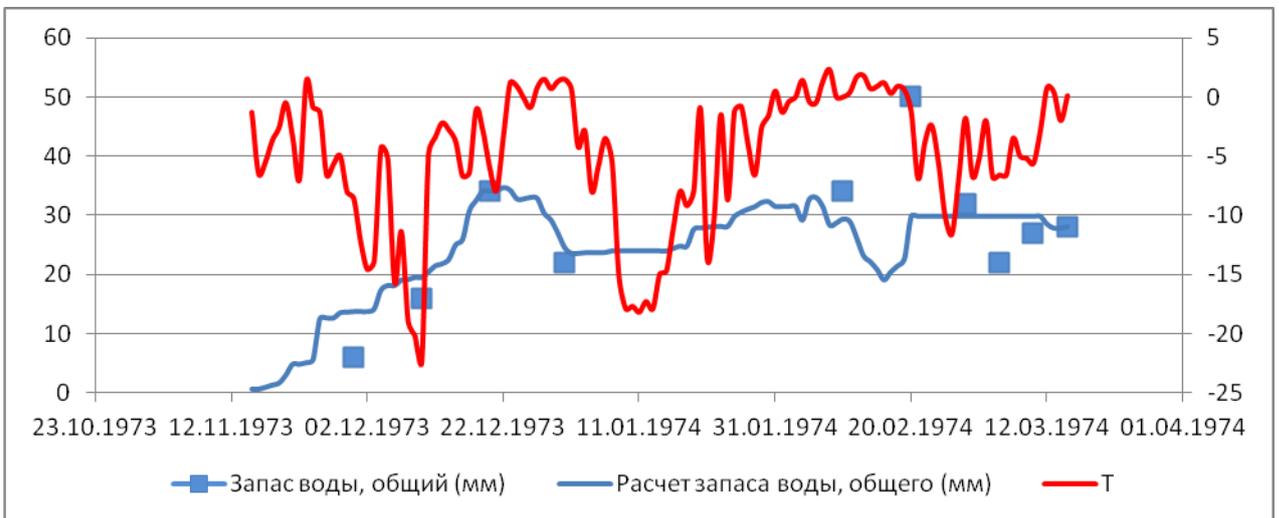


График 3.1.39 Станция Великие Луки 1973 – 1974 гг



График 3.1.39 Станция Великие Луки 1974 – 1975 гг

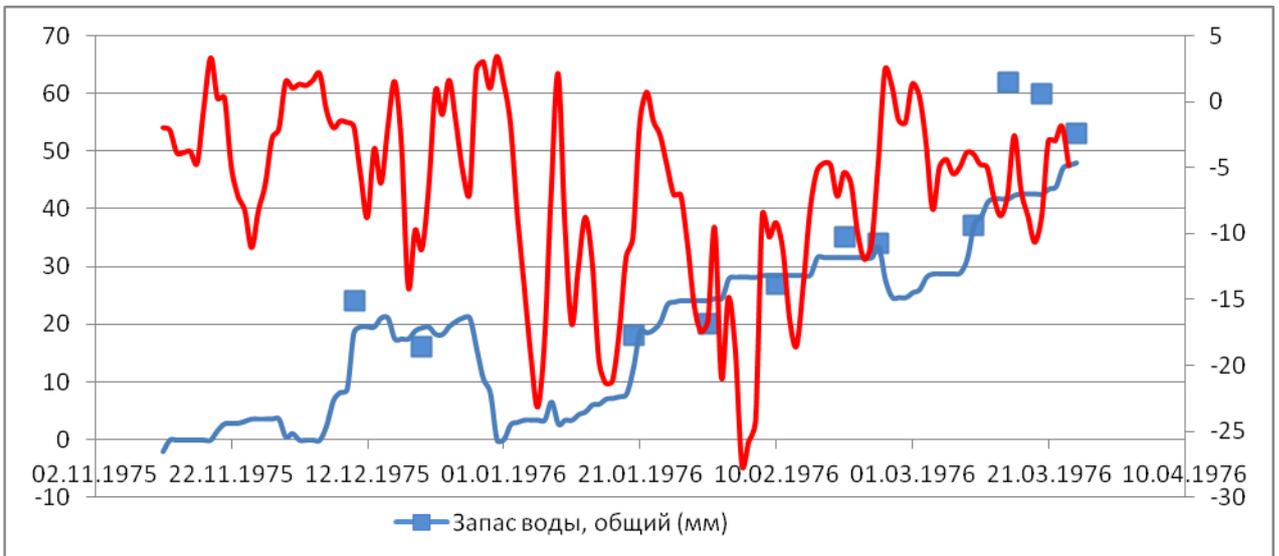


График 3.1.40 Станция Великие Луки 1975 – 1976 гг

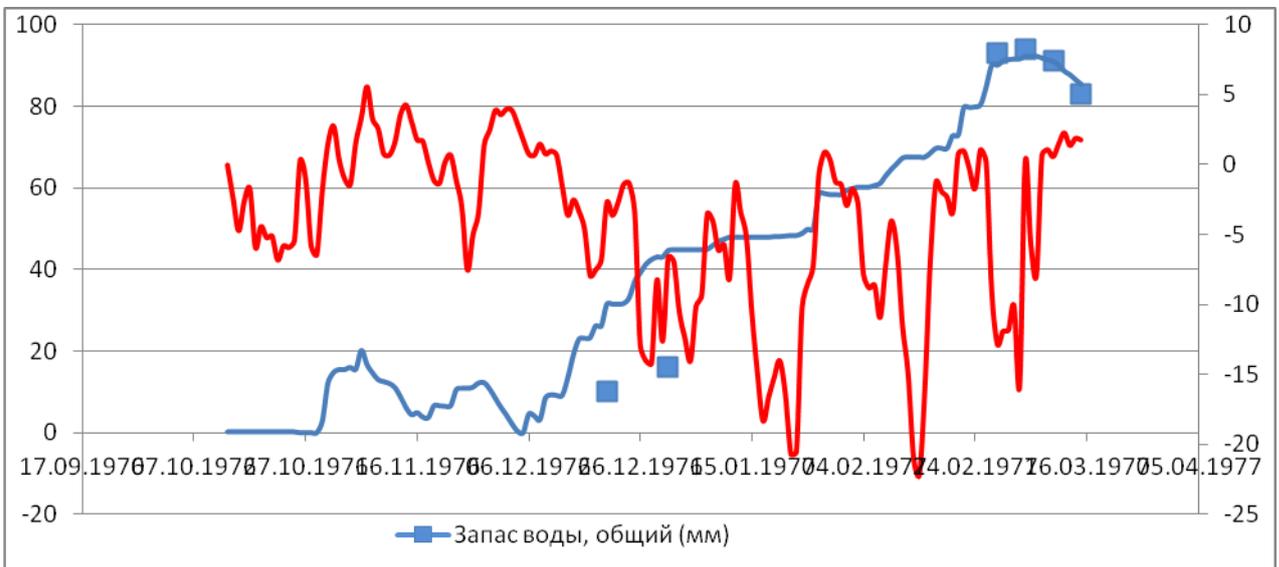


График 3.1.41 Станция Великие Луки 1976 – 1977 гг

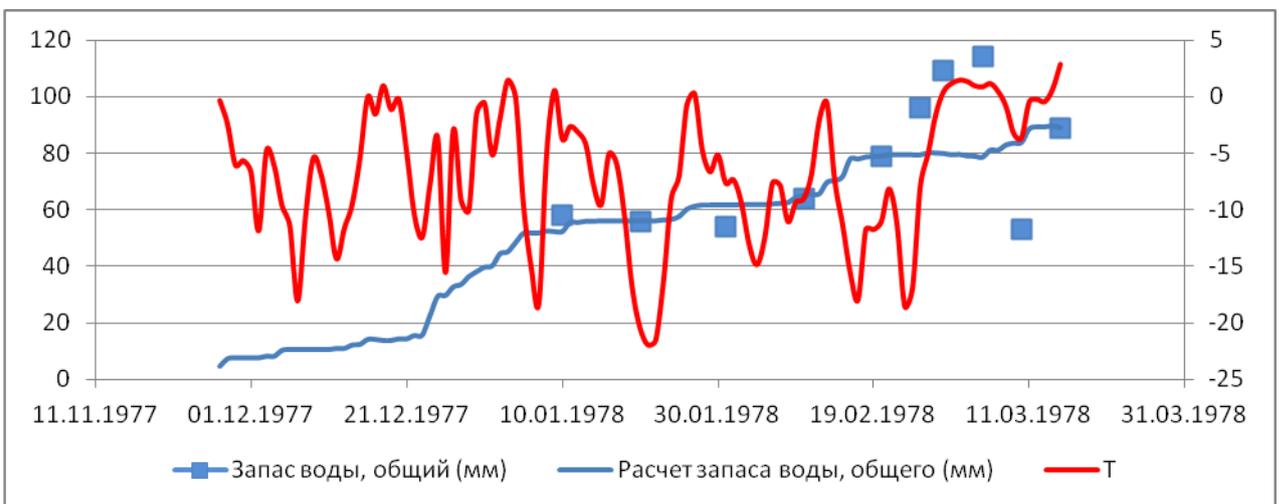


График 3.1.42 Станция Великие Луки 1977 – 1978 гг

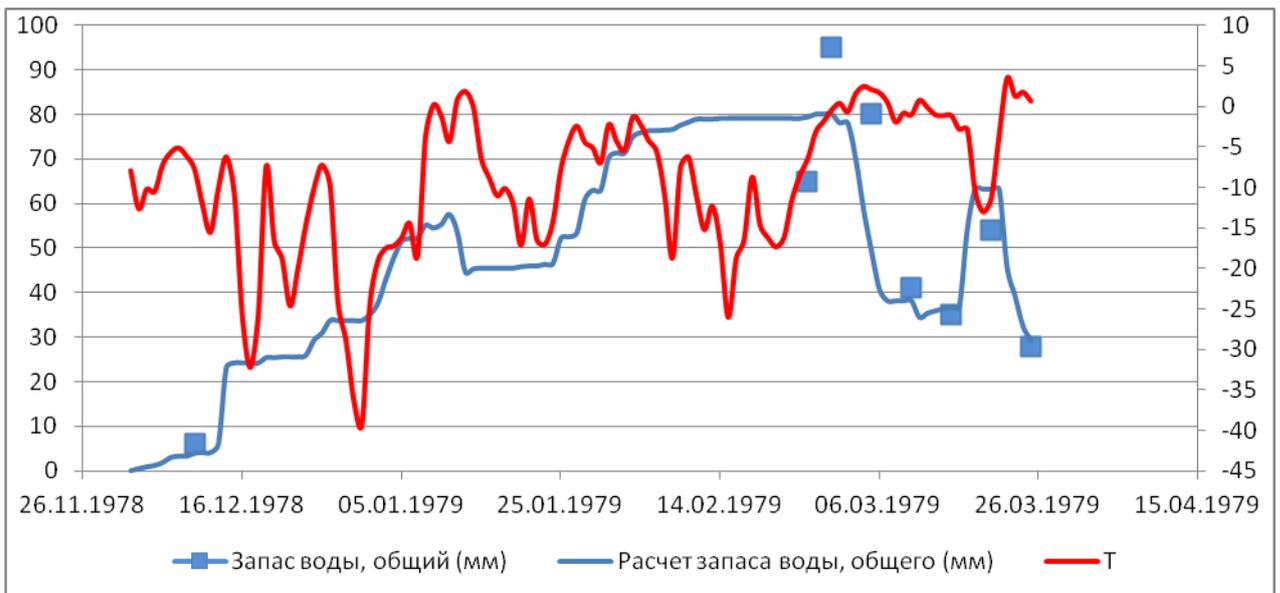


График 3.1.43 Станция Великие Луки 1979 – 1979 гг

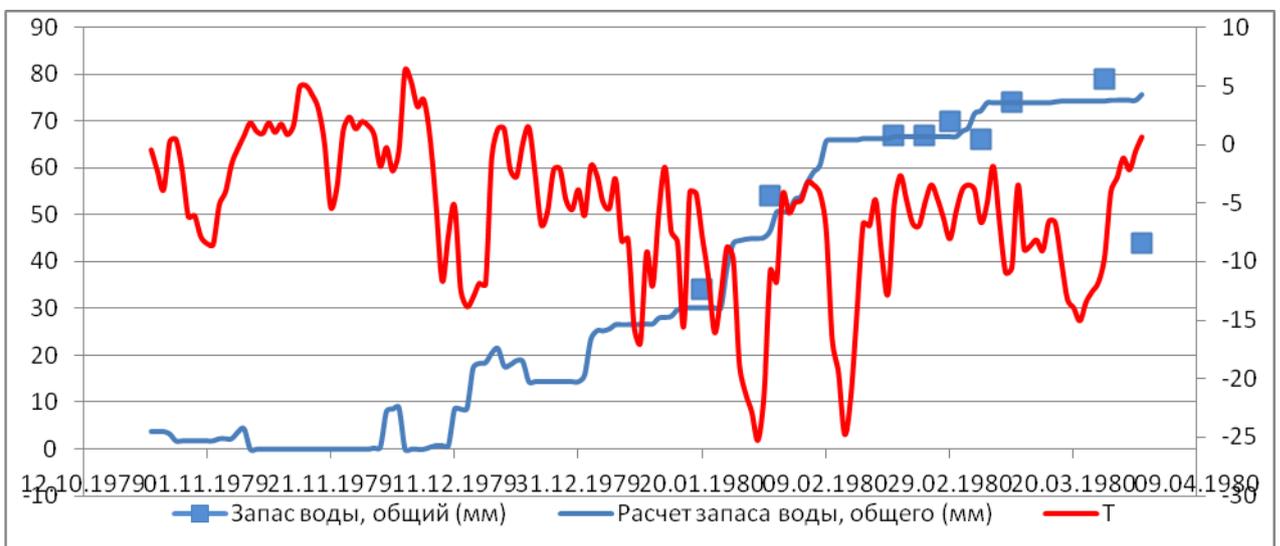


График 3.1.44 Станция Великие Луки 1979 – 1980 гг

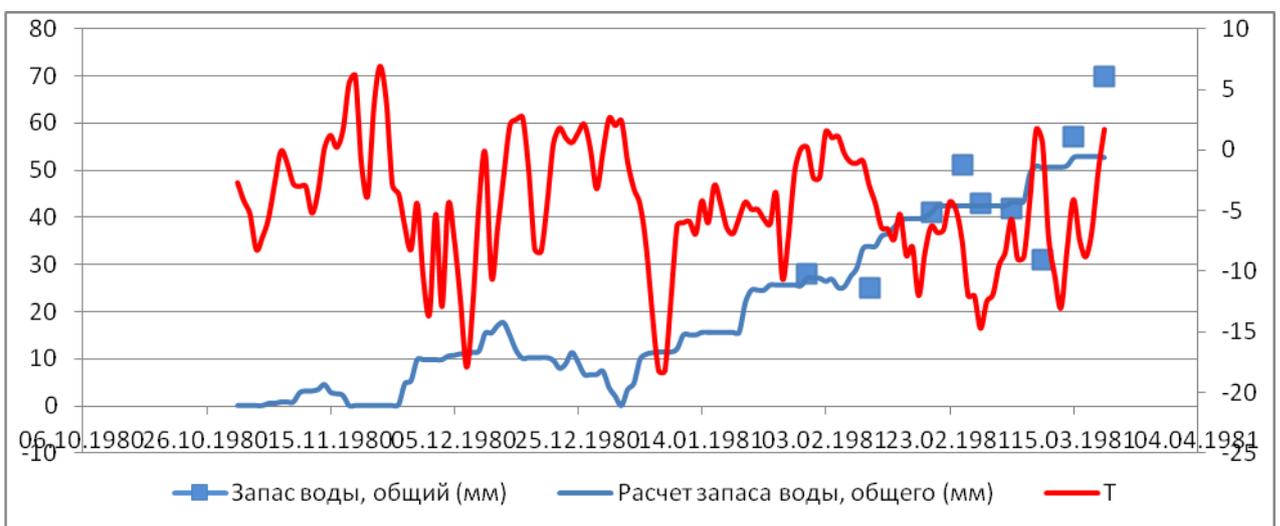


График 3.1.45 Станция Великие Луки 1980 – 1981 гг

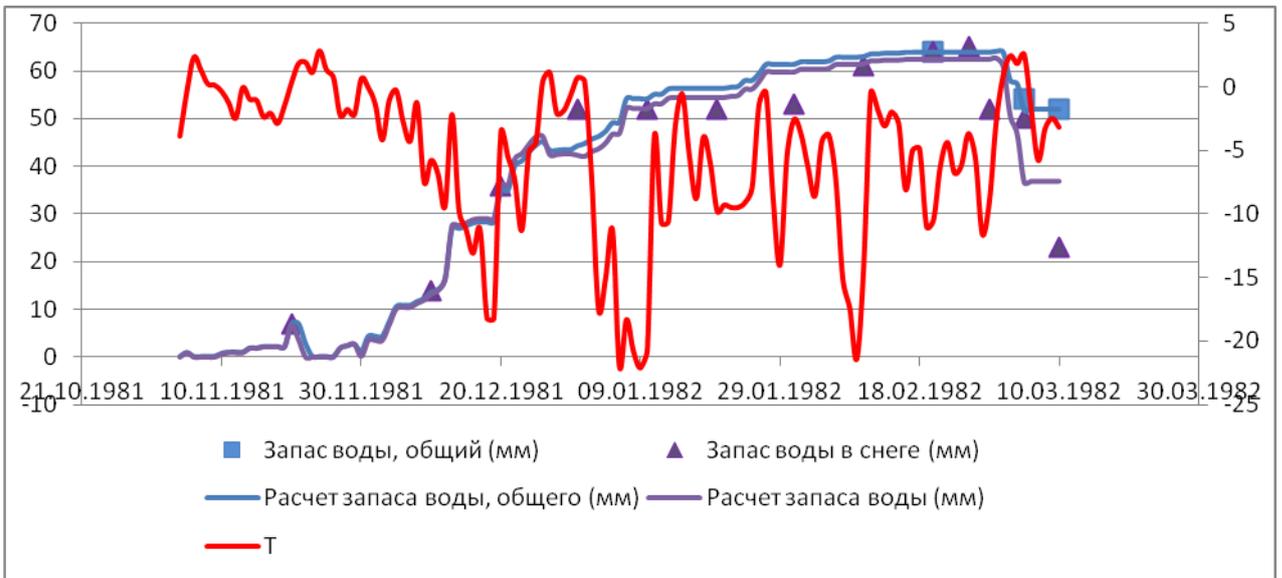


График 3.1.46 Станция Великие Луки 1981 – 1982 гг

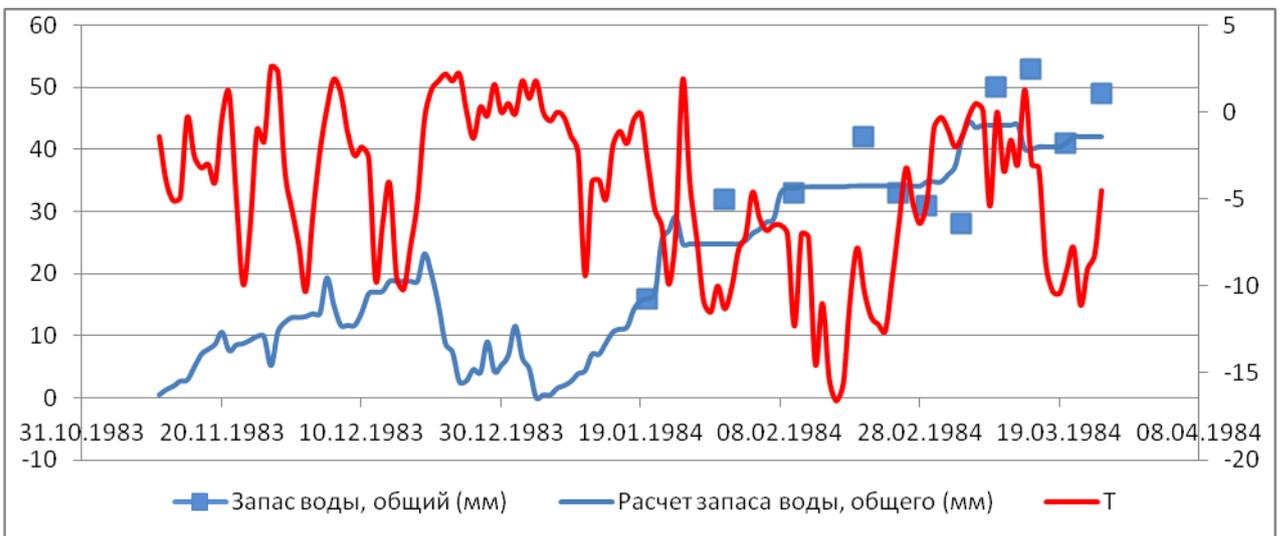


График 3.1.47 Станция Великие Луки 1983 – 1984 гг

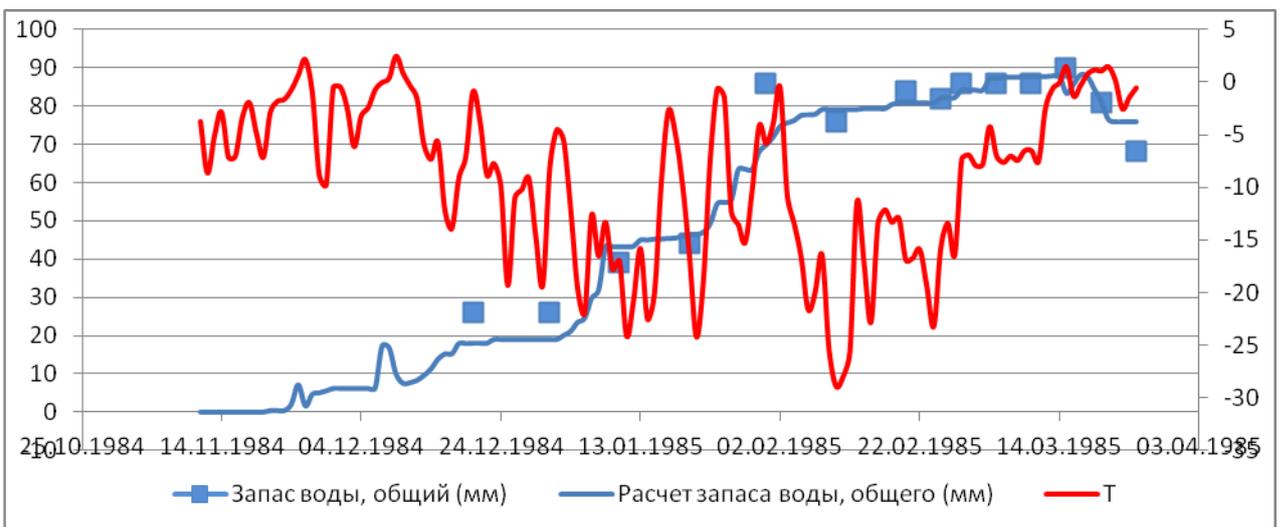


График 3.1.48 Станция Великие Луки 1984 – 1985 гг

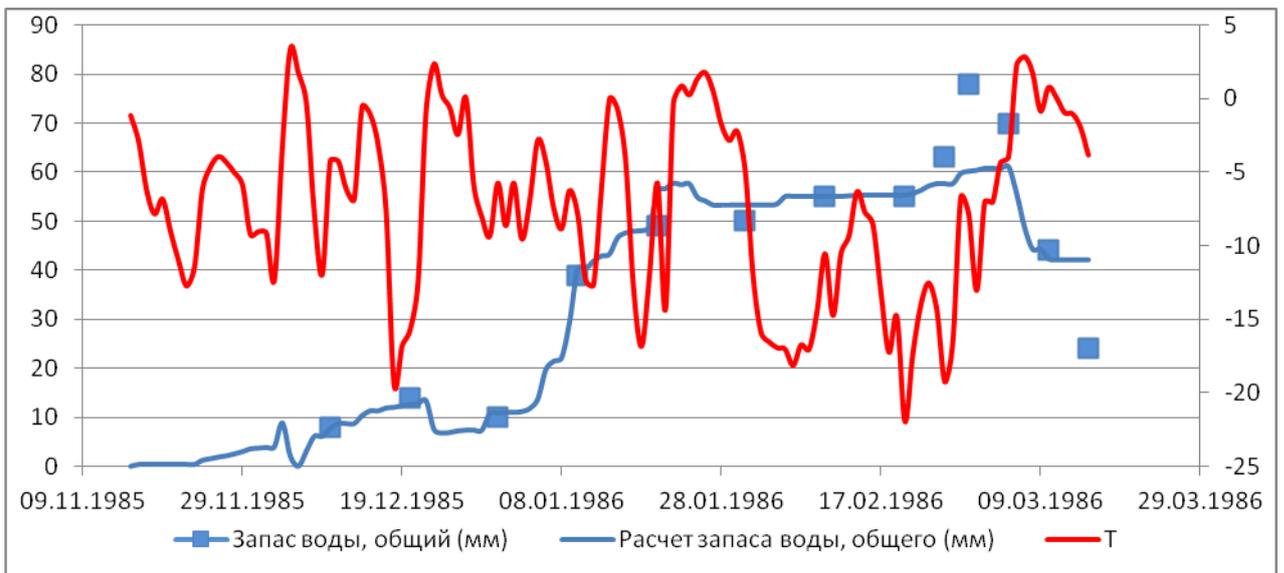


График 3.1.49 Станция Великие Луки 1985 – 1986 гг

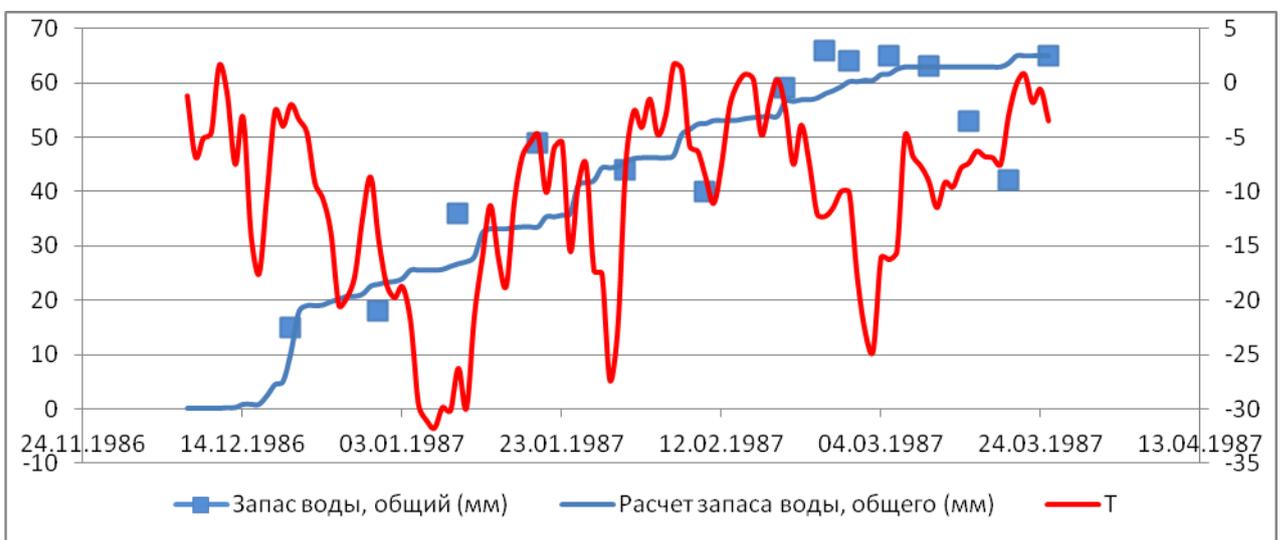


График 3.1.50 Станция Великие Луки 1986 – 1987 гг

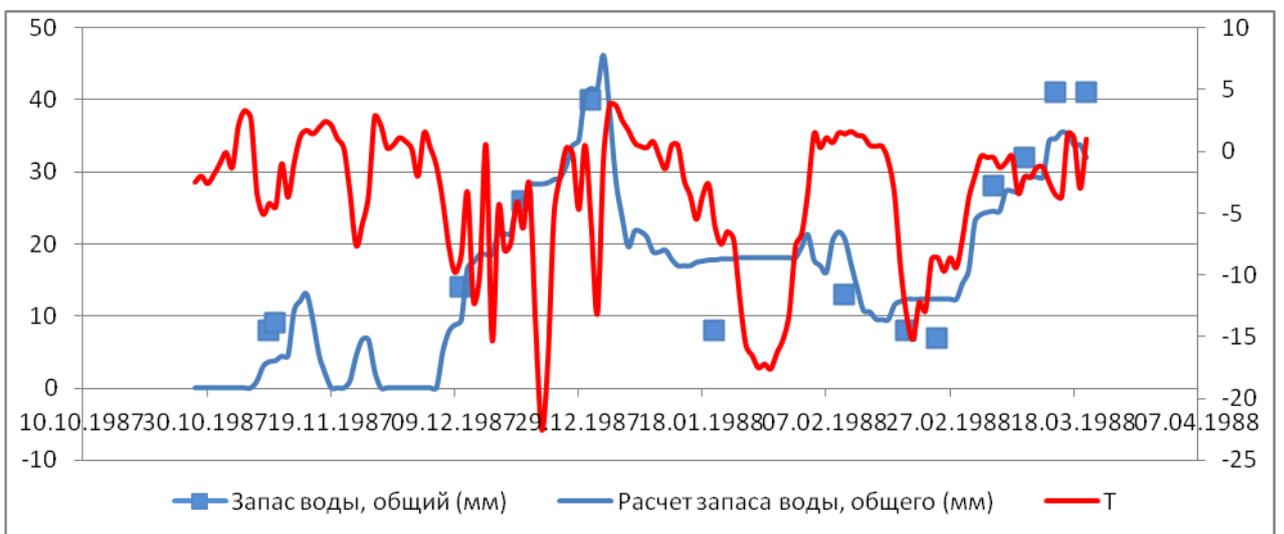


График 3.1.50 Станция Великие Луки 1987 – 1988 гг

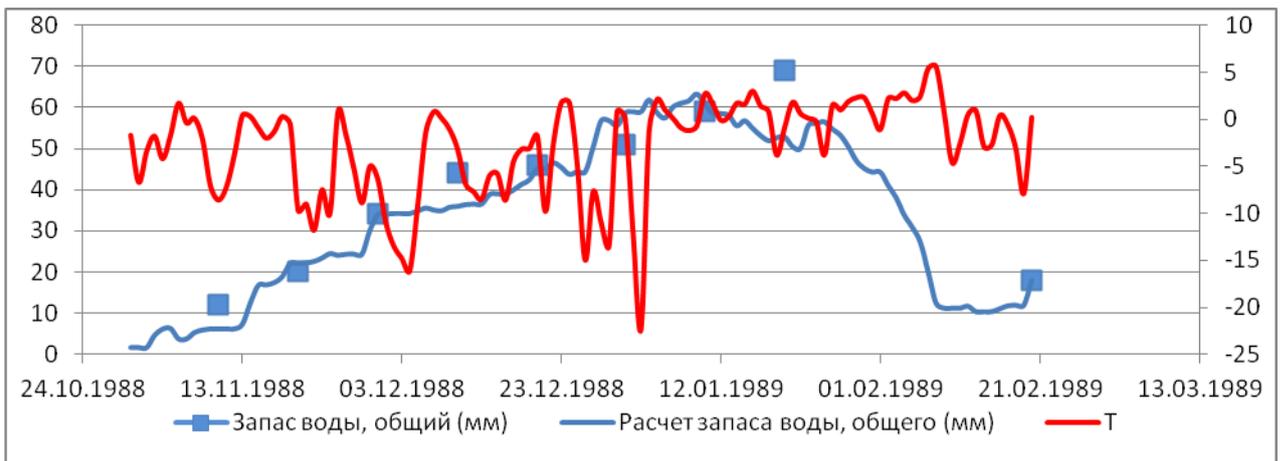


График 3.1.51 Станция Великие Луки 1988 – 1989 гг

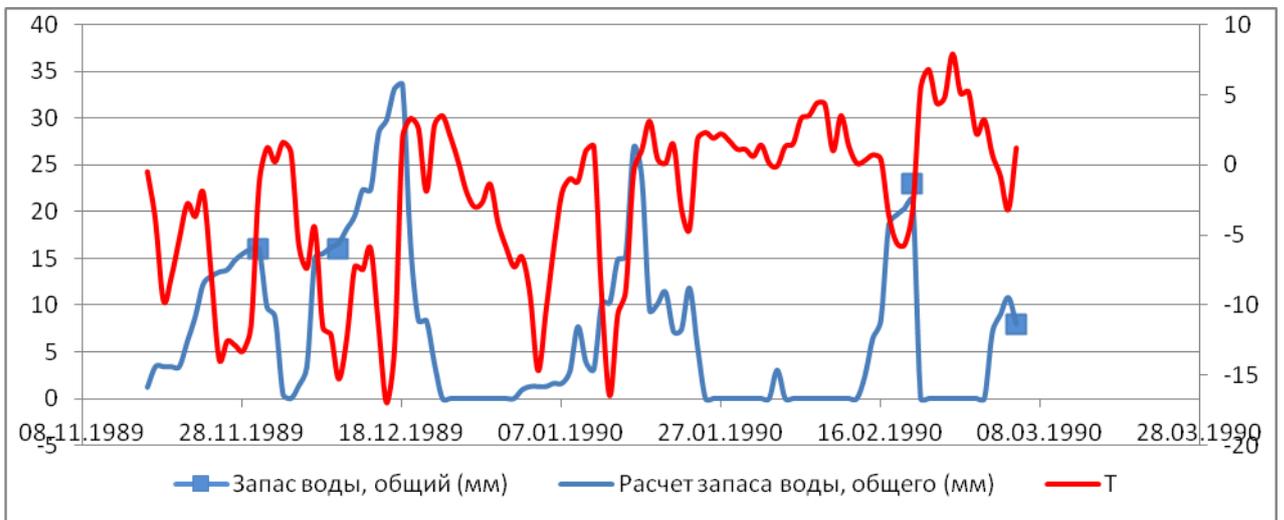


График 3.1.52 Станция Великие Луки 1989 – 1990 гг

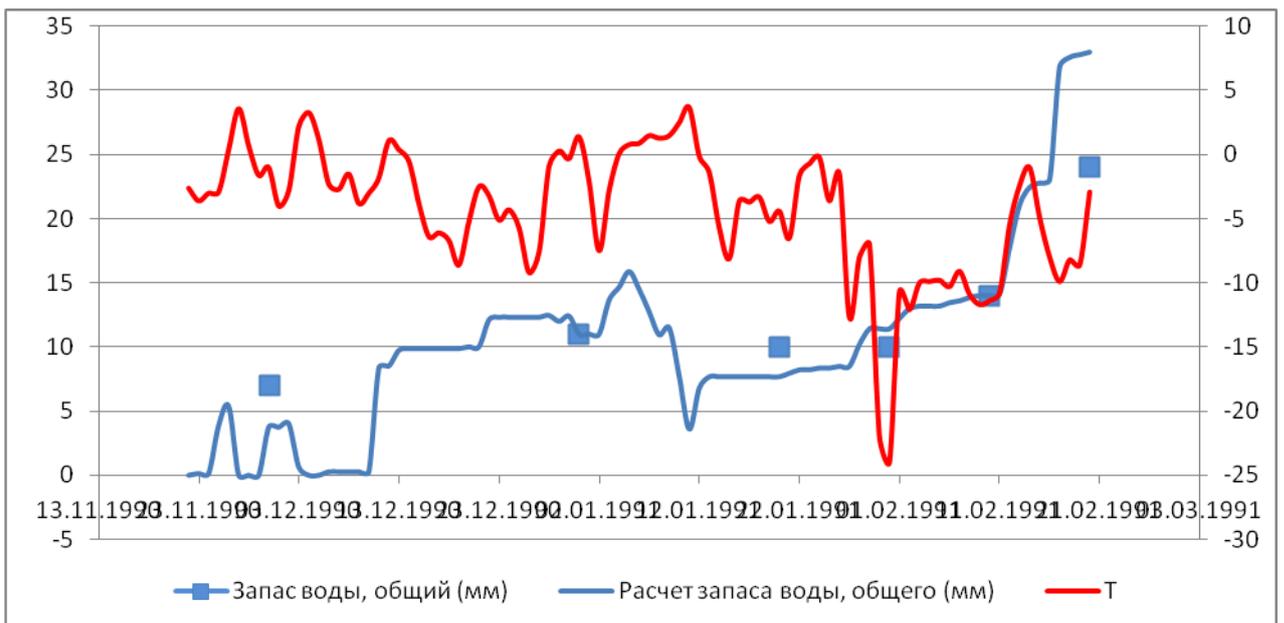


График 3.1.53 Станция Великие Луки 1990 – 1991 гг

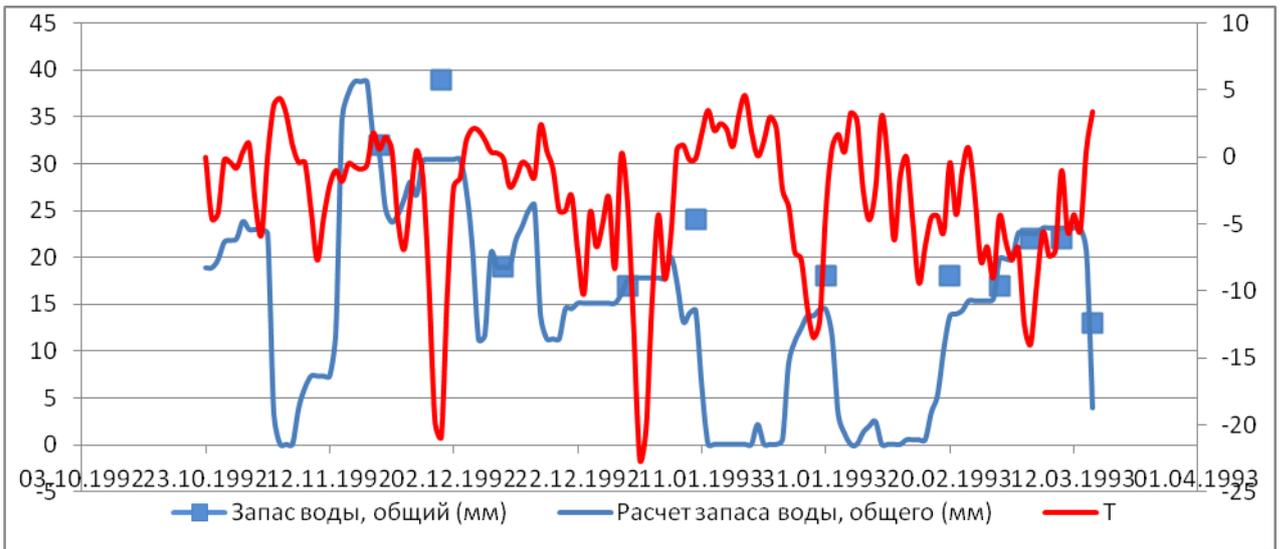


График 3.1.54 Станция Великие Луки 1992 – 1993 гг

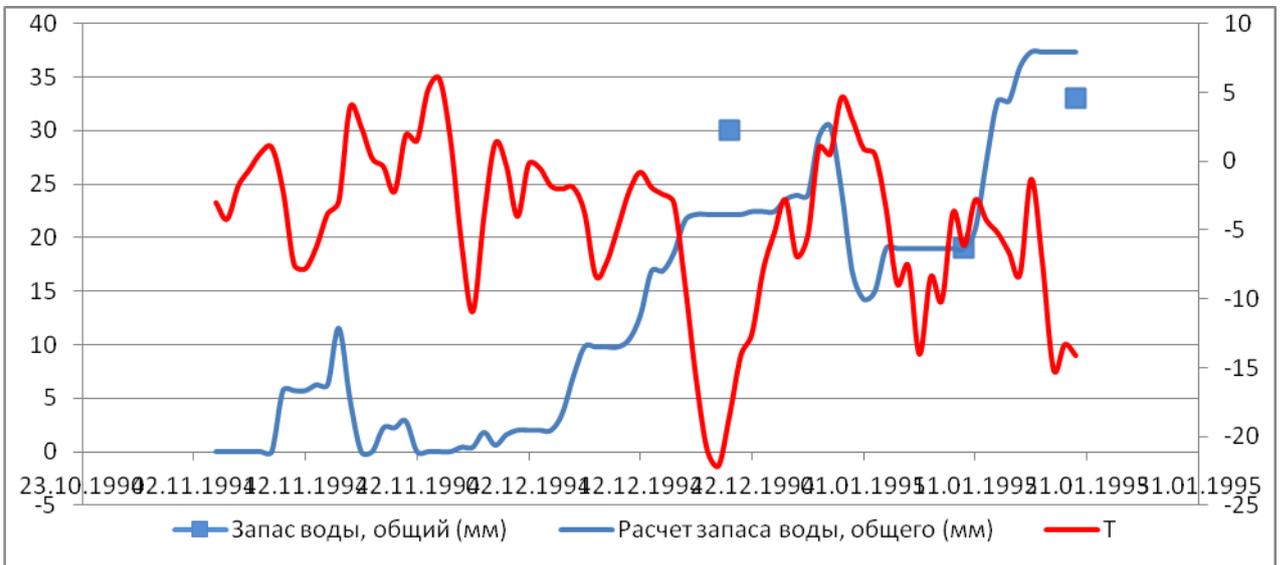


График 3.1.55 Станция Великие Луки 1994 – 1995 гг

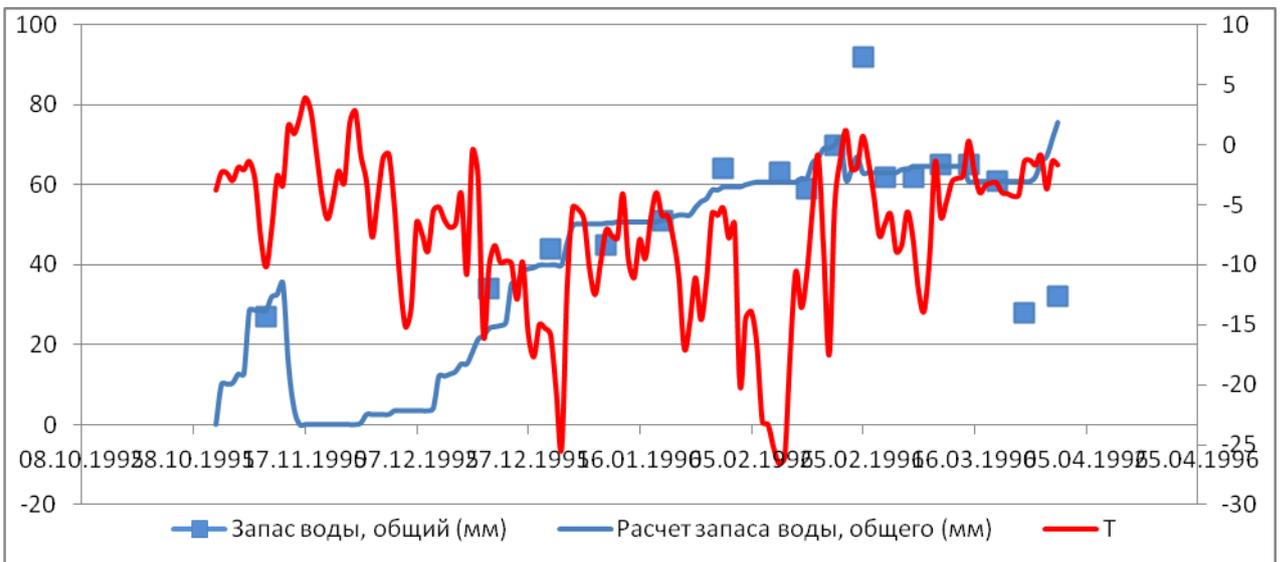


График 3.1.56 Станция Великие Луки 1995 – 1996

гг

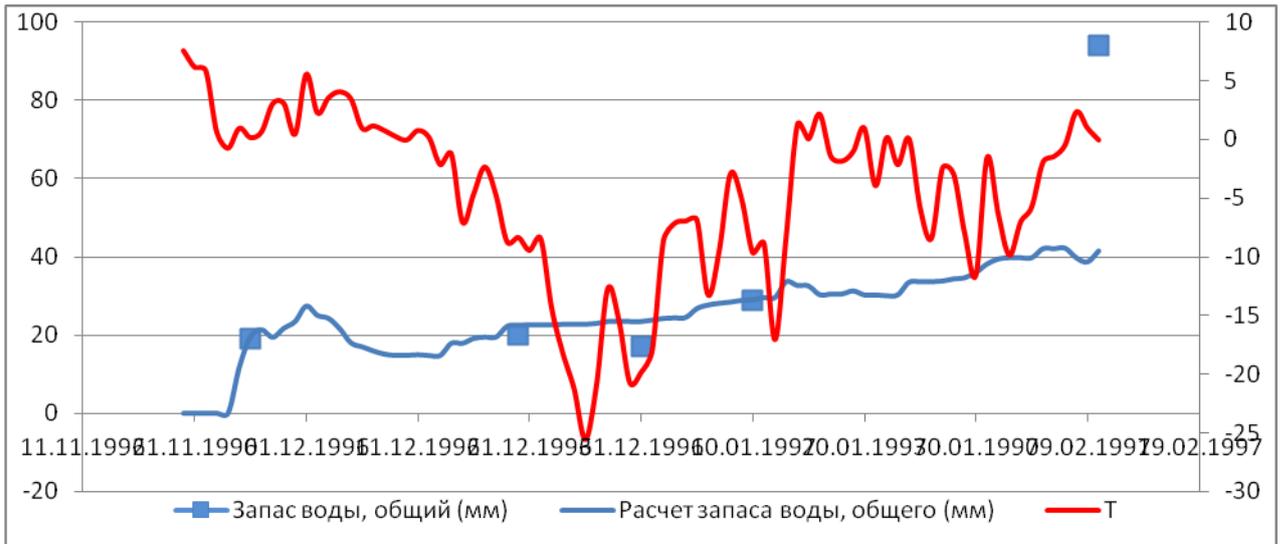


График 3.1.57 Станция Великие Луки 1996 – 1997 гг

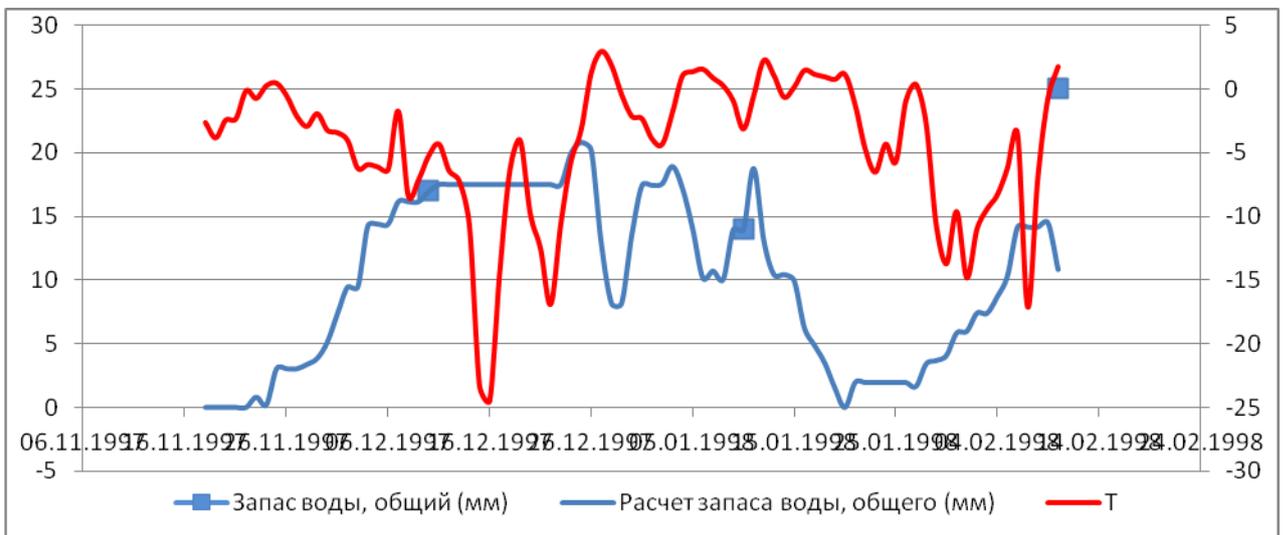


График 3.1.58 Станция Великие Луки 1997 – 1998 гг

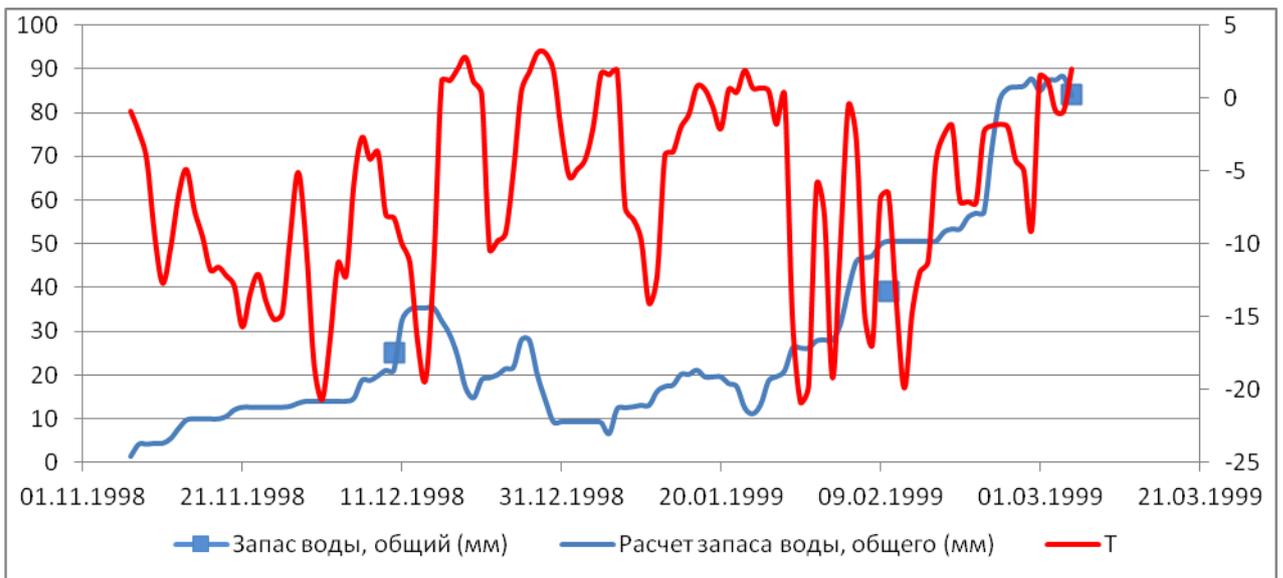


График 3.1.59 Станция Великие Луки 1998 – 1999 гг

3.2 Оценка расчётов снегозапасов

Оценка расчетов снегозапасов производилась по соотношению S/σ . Теория была изложена в части 2.4

По станции Пушкинские Горы оправдываемость прогноза 79% (см. таблицу А 1 приложение А)

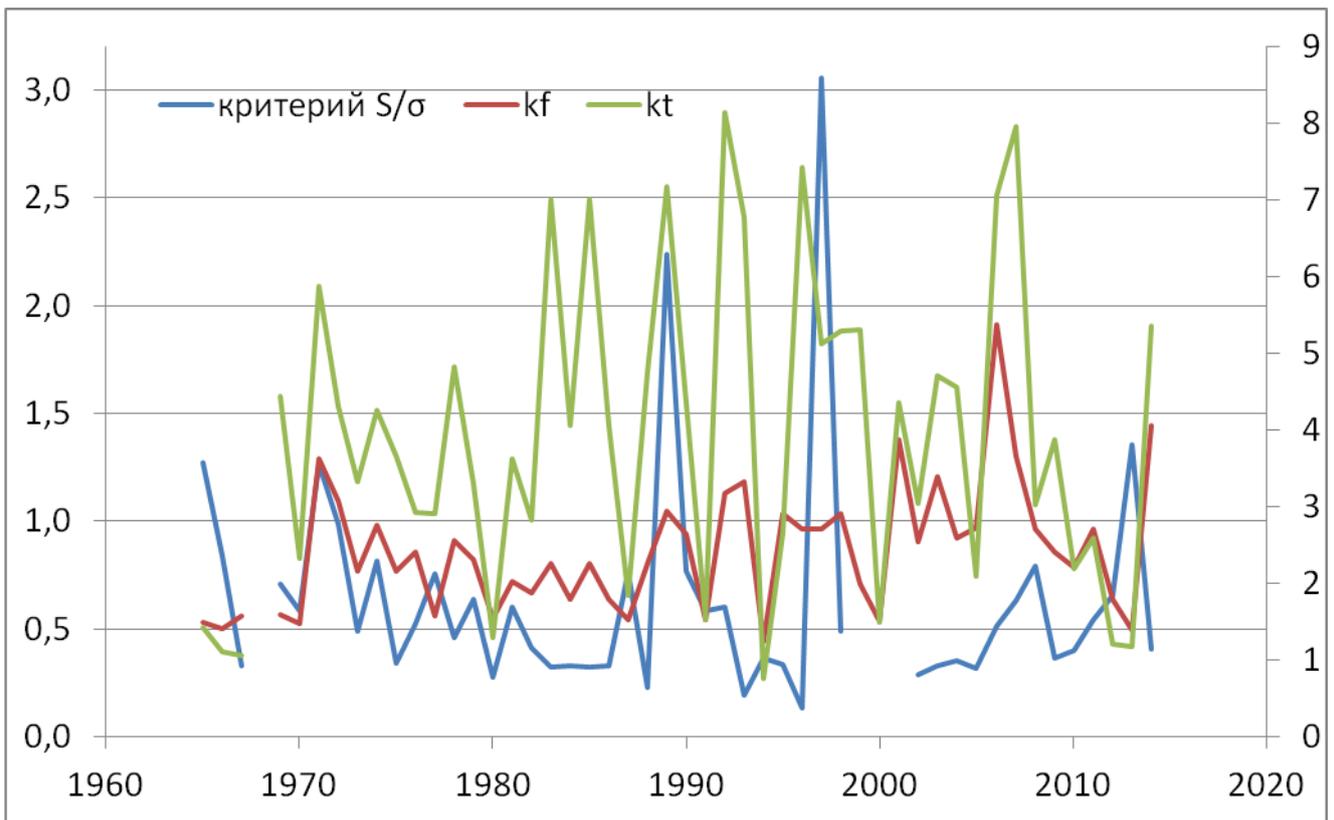


График 3.2.1 Соотношение рассчитанных показателей за весь период исследования по станции Пушкинские Горы

По станции Великие Лукиоправдываемость прогноза 68% (см. таблицу А2 приложение А)

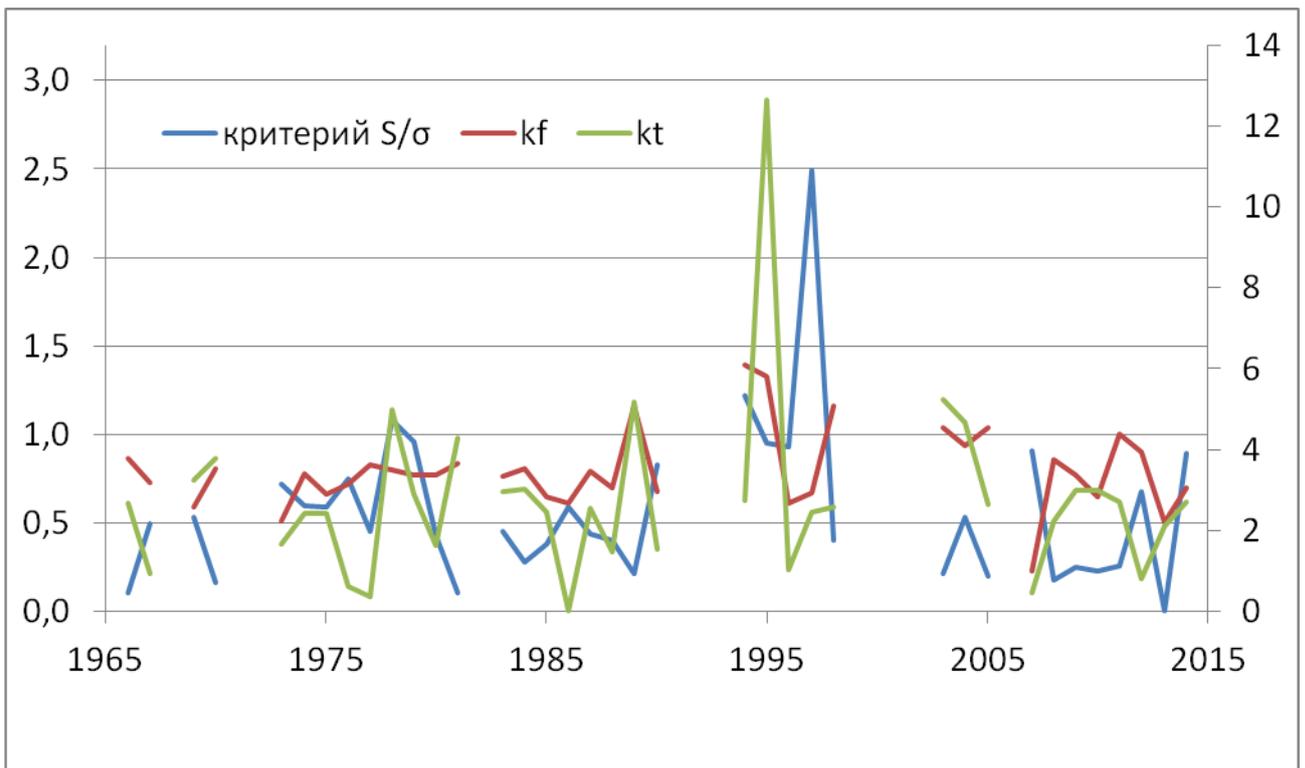


График 3.2.2 Соотношение рассчитанных показателей за весь период исследования по станции Великие Луки

Расчёты производились в программе Excel, при помощи модуля Решение задач, и, на основе решения переопределенной системы линейных уравнений была разработана программа для реализации решения поставленной задачи.

Заключение

Список использованных источников

1 Грани гидрологии. Под редакцией Джона К. Родда. Л.: Гидрометеоздат, 1987. – 535 с.

2 Коллектив авторов. Геология СССР. Том I. Ленинградская, Псковская и Новгородская области. Геологическое описание. Северо-Западное территориальное ГУ. «Недра», М.: 1971. - 504 с.

3 Ресурсы поверхностных вод СССР. Том 2. Карелия и Северо-Запад. Часть 1. Под ред. Водогрецкого В.Е. - Монография. - Л.: Гидрометеоздат, 1972. - 279 с.

4 Нассер Отман Мохаммед Отман, Комплексная оценка поступления биогенных веществ с водосбора по длине реки Великая: автореф. диссертация на соискание учёной степени канд. геогр. н. (25.00.36 – геоэкология) / Нассер Отман Мохаммед Отман; рук. Работы Шелутко В.А. / Российский государственный гидрометеорологический университет – СПб., 2014. – Режим доступа

[:http://www.rshu.ru/university/dissertations/files/165/автореферат_Нассер.pdf](http://www.rshu.ru/university/dissertations/files/165/автореферат_Нассер.pdf)

5 Все реки. Информационный сайт о реках России. – Режим доступа

[:http://vsereki.ru/atlanticheskij-ocean/bassejn-baltijskogo-morya/bassejn-chudskopskovskogo-ozera/velikaya](http://vsereki.ru/atlanticheskij-ocean/bassejn-baltijskogo-morya/bassejn-chudskopskovskogo-ozera/velikaya)

6 ПСКОВ Сайт о древнем русском городе Пскове. – Режим доступа

[:http://www.pskov.ellink.ru/geo/climat/index.html](http://www.pskov.ellink.ru/geo/climat/index.html)

7 Георгиевский Ю.М., Шаночкин С.В. Гидрологические прогнозы. Учебник. – СПб., изд. РГГМУ, 2007. – 436 с.

8 Зимичев В.П. Краткосрочный прогноз максимальных уровней половодья на замыкающем гидрометрическом створе, к краевым условиям в реальном масштабе времени с учетом добегаания (для устьевоего участка реки Енисей)/В.

П. Зимичев // Проблемы Арктики и Антарктики, 2008. т. Вып. 79.-С.75-83

9 Дьяконов В. П. Справочник по алгоритмам и программам на языке бейсик для персональных ЭВМ: Справочник. - М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1989.-240 с.

10 А.Е.Мудров Численные методы для ПЭВМ. Томск: Раско, 1991.

11 А.А.Самарский, А.В.Гулин. Численные методы М.: Наука, 1989.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Оценка расчётов согласно измеренных и рассчитанных снегозапасов по критерию S/Sigma по станции Пушкинские Горы

Таблица А 1

зимний период		Параметры		критерий S/σ	оценка расчета
с	по	kf	kt		
1965	1966	0,53	1,42	1,27	
1966	1967	0,5	1,1	0,84	
1967	1968	0,56	1,05	0,33	1
1968	1969				
1969	1970	0,57	4,44	0,71	1
1970	1971	0,52	2,32	0,58	1
1971	1972	1,29	5,88	1,26	
1972	1973	1,09	4,31	0,99	
1973	1974	0,77	3,32	0,49	1
1974	1975	0,98	4,27	0,81	
1975	1976	0,77	3,67	0,34	1
1976	1977	0,85	2,93	0,52	1
1977	1978	0,56	2,9	0,75	
1978	1979	0,91	4,83	0,46	1
1979	1980	0,82	3,3	0,64	1
1980	1981	0,55	1,29	0,28	1
1981	1982	0,72	3,63	0,6	1
1982	1983	0,66	2,82	0,41	1
1983	1984	0,8	7,01	0,32	1
1984	1985	0,64	4,07	0,33	1
1985	1986	0,8	7,01	0,32	1
1986	1987	0,64	4,07	0,33	1
1987	1988	0,54	1,84	0,76	
1988	1989	0,8	4,76	0,23	1
1989	1990	1,05	7,18	2,24	
1990	1991	0,94	4,37	0,77	
1991	1992	0,54	1,52	0,59	1
1992	1993	1,13	8,14	0,6	1
1993	1994	1,18	6,77	0,19	1
1994	1995	0,44	0,75	0,37	1
1995	1996	1,03	2,65	0,33	1
1996	1997	0,96	7,43	0,13	1
1997	1998	0,96	5,14	3,05	
1998	1999	1,04	5,29	0,49	1

1999	2000	0,71	5,3		1
2000	2001	0,53	1,5	0,67	1

Продолжение таблицы А 1

зимний период		параметры		критерий S/σ	S/σ < 0.7
с	по	kf	kt		
2001	2002	1,38	4,36		1
2002	2003	0,9	3,04	0,28	1
2003	2004	1,21	4,72	0,33	1
2004	2005	0,92	4,57	0,35	1
2005	2006	0,97	2,09	0,32	1
2006	2007	1,91	7,07	0,51	1
2007	2008	1,3	7,96	0,63	1
2008	2009	0,96	3,03	0,79	
2009	2010	0,86	3,88	0,36	1
2010	2011	0,78	2,19	0,4	1
2011	2012	0,96	2,58	0,54	1
2012	2013	0,64	1,21	0,66	1
2013	2014	0,49	1,17	1,35	
2014	2015	1,44	5,37	0,41	1

Приложение А 2

Оценка расчётов согласно измеренных и рассчитанных снегозапасов по критерию S/σ по станции Великие Луки

Таблица А 2

зимний период		параметры		критерий S/σ	$S/\sigma < 0.7$
с	по	kf	kt		
1966	1967	0,86	2,67	0,1	1
1967	1968	0,73	0,92	0,49	1
1968	1969				
1969	1970	0,59	3,24	0,53	1
1970	1971	0,81	3,79	0,16	1
1971	1972				
1972	1973				
1973	1974	0,51	1,65	0,72	
1974	1975	0,78	2,42	0,6	1
1975	1976	0,66	2,41	0,59	1
1976	1977	0,72	0,62	0,75	
1977	1978	0,83	0,36	0,45	1
1978	1979	0,8	5	1,08	
1979	1980	0,77	2,9	0,96	
1980	1981	0,77	1,62	0,43	1
1981	1982	0,83	4,28	0,11	1
1982	1983				
1983	1984	0,76	2,96	0,45	1
1984	1985	0,81	3,02	0,28	1
1985	1986	0,65	2,45	0,38	1
1986	1987	0,61	0	0,59	1
1987	1988	0,79	2,55	0,44	1
1988	1989	0,7	1,47	0,4	1
1989	1990	1,16	5,17	0,21	1
1990	1991	0,68	1,53	0,83	
1991	1992				
1992	1993	0,97	4,94	0,76	
1993	1994				
1994	1995	1,39	2,73	1,22	
1995	1996	1,33	12,63	0,95	
1996	1997	0,61	1,03	0,93	
1997	1998	0,67	2,45	2,49	
1998	1999	1,16	2,57	0,4	1

1999	2000				
2000	2001				

Продолжение таблицы А 2

зимний период		параметры		критерий S/σ	S/σ < 0.7
с	по	kf	kt		
2001	2002				
2002	2003				
2003	2004	1,04	5,25	0,21	1
2004	2005	0,94	4,67	0,53	1
2005	2006	1,04	2,64	0,2	1
2006	2007				
2007	2008	0,23	0,47	0,91	
2008	2009	0,86	2,22	0,18	1
2009	2010	0,77	2,98	0,25	1
2010	2011	0,65	2,99	0,23	1
2011	2012	1	2,71	0,26	1
2012	2013	0,9	0,8	0,68	1
2013	2014	0,5	2,1	0	1
2014	2015	0,7	2,7	0,89	