



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

Кафедра Гидрофизики и гидропрогнозов

## ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

На тему: **Оценка снеготпасов  
Казахстана**

Исполнитель \_\_\_\_\_ Покидин Евгений Валерьевич \_\_\_\_\_  
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель \_\_\_\_\_ к.т.н., доцент \_\_\_\_\_  
(ученая степень, ученое звание)  
\_\_\_\_\_ Хаустов Виталий Александрович \_\_\_\_\_  
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»  
Заведующий кафедрой

\_\_\_\_\_  \_\_\_\_\_  
(подпись)  
\_\_\_\_\_ к.т.н., доцент \_\_\_\_\_  
(ученая степень, ученое звание)  
\_\_\_\_\_ Хаустов Виталий Александрович \_\_\_\_\_  
(фамилия, имя, отчество)

«14» июня 2017г.

Санкт-Петербург  
2017



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

Кафедра Гидрофизики и гидропрогнозов

## ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

# На тему: **Оценка многолетних изменений характеристик максимального стока весеннего половодья при изменении климата**

Исполнитель Покидин Евгений Валерьевич  
(фамилия, имя, отчество)

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

«К защите допускаю»  
Заведующий кафедрой

(подпись)  
к.т.н., доцент  
(ученая степень, ученое звание)  
Хаустов Виталий Александрович  
(фамилия, имя, отчество)

«  »    20   г.

Санкт-Петербург  
2017

## СОДЕРЖАНИЕ

	стр.
ВВЕДЕНИЕ	3
Задачи и цель работы	4
Глава 1. Физико-географическое описание Казахстан	5
1.1 Рельеф	6
1.2 Климат	11
1.3 Температура и влажности воздуха	13
1.4 Атмосферные осадки	15
1.5 Снежный покров	16
1.6 Ветер	17
1.7 Водные ресурсы	17
1.8 Исходные данные	20
1.8.1 Ежедневные данные об осадках и температуре	20
Глава 2. Математический аппарат	25
2.1 Математическая модель снегозапасов	25
2.2 Поиск решения в программе Excel	26
2.3 Переопределенная система линейных уравнений	27
2.4 Критерии $S/\sigma$	29
Глава 3. Расчет снегозапасов	37
3.1 Расчет запаса воды в снеге	37
ВЫВОДЫ	43
Список используемой литературы	45
Приложение	46

## Введение

В данной выпускной квалификационной работе мы изучим формирования и распределения снежного покрова по территории Казахстана, определение запаса снега в последние месяцы зимы, перед началом снеготаяния в пределах речных бассейнов имеет большое практическое значение, так как запас снега это основной фактор пополнения вод и формирования объема весеннего стока.

Снежный покров – один из наиболее распространенных и динамичных природных объектов. Сравнительно редкая сеть станций и постов делает задачу обобщения данных по снегозапасам, температуре и осадкам весьма затруднительной, но в то же время важной и актуальной. Он представляет собой как мощный климатообразующий фактор, так и важный гидрологический ресурс. Для значительной части территории Казахстана половодье, вызванное таянием снежного покрова, – характерная особенность водного режима рек. Важнейшая характеристика снежного покрова, используемая в долгосрочных прогнозах стока талых вод – запас воды в снежном покрове. С развитием технологий дистанционного (спутникового) зондирования в последние десятилетия исследуется вопрос об использовании спутниковых данных для системы мониторинга состояния поверхности Земли. Актуальность использования спутниковых измерений пассивного СВЧ-излучения связана с тремя принципиально важными их преимуществами.

### 1. Универсальность.

Данные измерений уходящего микроволнового излучения могут быть использованы для дистанционной индикации параметров атмосферы, подстилающей поверхности, верхнего слоя грунта и снежного покрова (в зависимости от выбора частот зондирования);

## 2. Всепогодность.

На длинах волн порядка нескольких сантиметров и более облака практически не влияют на перенос микроволнового излучения;

## 3. Высокое пространственно-временное разрешение наблюдений.

Существенным недостатком спутниковых наблюдений являются неточности восстановленных данных, связанные с влиянием растительности и расчлененности рельефа, с характером снежной толщи – слоистостью, наличием воды и ледяных прослоек, величиной зерна и пороговой мощностью снежного покрова.

Микроволновая СВЧ – радиометрия (пассивная микроволновая съемка), заключается в измерении интенсивности излучения на частотах от 6 до 37 ГГц. Относительная прозрачность атмосферы в микроволновом диапазоне делает эти данные чрезвычайно перспективными для определения параметров снежного покрова, особенно это полезная информация для малонаселенных территорий т.к. другие источники данных там отсутствуют.

Климатические факторы, являются основными формирующими факторами снегонакопления: осадки и температура холодного периода, ветер (метелевый перенос), поэтому основой для анализа режима снегонакопления послужили декадные данные снегомерных съемок, средние месячные суммы твердых осадков и среднемесячные температуры холодного периода за период 1977-2008 год.

### Цели и задачи данной работы:

Основной целью данной работы является сравнение материалов спутникового зондирования с материалами маршрутных снегомерных съемок за 1977-2008 года на территории Республики Казахстан, для обоснования возможности использования спутниковой информации. Для достижения основной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Создать гидрометеорологическую базу ежедекадных данных с 1977 по 2008 гг. для 11 станций которая включает в себя:
  - приземной температуры воздуха,
  - осадков,
  - материалы маршрутных снегомерных съемок,
  - материалы спутникового зондирования (SWE) с 2000 по 2008 гг.
2. По декадным значениям температуры, осадков и измеренных запасов воды в снеге выполнить параметризацию модели формирования снеготазов для 11 станций.
3. Выполнить анимацию процессов накопления и убывания воды в снеге.

## Глава 1. Физико-географическое описание Казахстана

Общая площадь Республики Казахстан равняется две тысячи семьсот двадцать четыре тысячи квадратных километров. По своей территории Республика входит в число крупнейших стран мира по площади. Общая численность людей составляет около семнадцати миллионов человек. Столица Казахстана - город Астана. Казахстан расположен в центре Евразии. По своему географическому расположению, Казахстан не граничит ни с одним мировым океаном, и практически на одинаковом расстоянии удален от всех океанов, и поэтому влияние океанов на климат республики минимальное. Территория республики расположилась на западе на три с половиной тысячи от нижнего течения Волги, и на востоке до Алтайских гор, на севере на две тысячи километров от Западно-Сибирской равнины и до горной системы Тянь-Шань на юге.[3,с.27]. Природные условия Казахстана в основном определяет его географическое положение. Республика расположена в широтах умеренного пояса, но если страны Восточной Европы, расположенные в этих широтах, имеют умеренно континентальный климат, а Западная Европа - субтропический, то Казахстан отличается сухим и резко континентальным климатом. Казахстан богат природными

природными контрастами, когда на юге уже распускаются цветы, на севере еще лежат сугробы и стоят морозы. В связи со своим физика – географическим положением Казахстан имеет на своей территории следующие зоны: лесостепная, степная, полупустынная и пустынная.

С запада на восток, континентальность климата увеличивается. Юго-восточные и восточные горные районы республики обладают более разнообразными высотными зонами. В результате своего расположения в Казахстане выражены все времена года. Казахстан имеет водное сообщение через Каспийское море с Азербайджаном и Ираном. Большую долю в стране занимают равнины, это способствует большему развитию хозяйственной деятельности на территории Казахстана.

Общая сумма границ Казахстана равняется более пятнадцати тысяч километров, в том числе по суши двенадцать тысяч километров, и три тысячи по береговой линии Аральского и Каспийского морей. Границы Казахстана на западе, севере и северо-востоке проходят с Российской Федерацией, на Востоке граничит с Китаем, на юге с Узбекистаном, Кыргызстаном, и Туркменистаном. Контур границ республики совпадает с природными контурами гор Алтай, Тянь – Шань, Аральским и Коспийским морями.

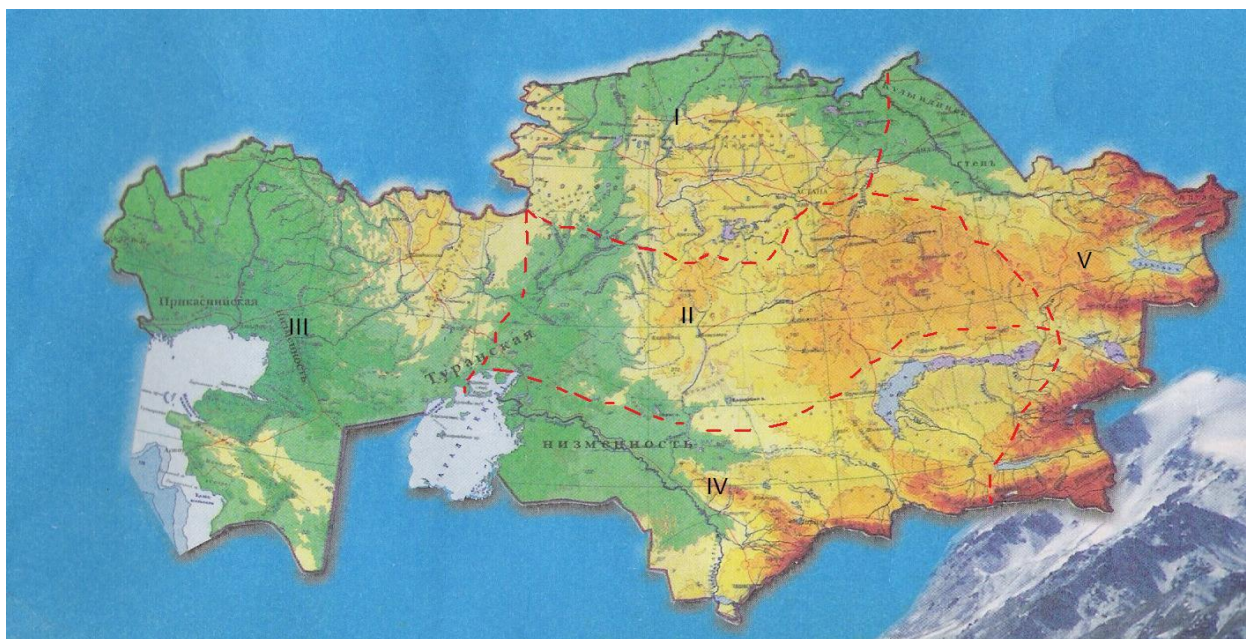
### 1.1 Рельеф

Обширная территория Казахстана очень разнообразна и интересна своим рельефом. Больше половины республики занимают высокие равнины и плато. Одну третью часть занимают низменные равнины, это Западно-Сибирская, Прикаспийская и Туранская равнины. На долю гор приходится около 10 % территории республики, высота гор может превышать четыре пять тысяч метров, которые покрыты снегом и ледниками. В западной части расположена самая низкая точка – это впадина Карагие, которая находится

на Мангыстауском полуострове, а самая высокая точка – это пик Хан-Тенгри на Юго – востоке. Разница между ними примерно семь тысяч сто двадцать семь метров.

К основным особенностям рельефа республики можно отнести следующие:

- 1) на западе, севере и в центре – это равнины и низкогорья;
- 2) на востоке и юго – востоке преобладает высокогорье;
- 3) вся территория имеет уклон с востока на запад и с юга на север;
- 4) чередование высоких и низких гор с межгорными долинами и равнинами.



*Рисунок 1. границы зон территории Казахстана. I-Северный; II-Центральный; III-Западный; IV-Южный и V-Восточный Казахстан.*

На юге и севере Казахстана проживает около две трети населения. На западе, который занимает одну четвертую часть, проживает восьмая часть населения.

Северный Казахстан считается северными воротами страны. Северная часть Казахстана расположена в Западно – Сибирской низменности в бассейне рек Тобол, Есил, Обеган. Имеет территорию тысячу триста километров с запада на восток и с севера на юг – около девятистам



километров. Главные водные артерии это – Ишим, Иртыш и его два притока Есиль и Тобол. Большие озера – в кустанайском регионе это – Сары Кора и Кусмурын, в акмолинской области озера Тенгиз и Кургалджин, Шагала, Шортан и Бурабай – севернее. Имеется много озер, с лечебными свойствами воды и грязи, в них высокое содержание солей и микроэлементов (в Павлодарской области – это озеро Мойылды, в акмолинской области – озеро Майбалык). Климат северной части Казахстана – резко континентальный, в отличии от других областей более мягкий летом и более суровым в зимний период. На почвах Северного Казахстана произрастают березовые и хвойные леса. Так же эта часть богата полезными ископаемыми – каменным и бурым углем, рудами – железной и медной, золотом и бокситами.

Центральная часть Казахстана это – сердце республики, она занимает около четырехсот тысяч квадратных километров. Это равнинная часть республики с хорошо выраженным резко – континентальным климатом. В зимний период температура опускается от минус сорока пяти до минус пятидесяти градусов Цельсия, а в летний период температура поднимается от плюс сорока до плюс сорока пяти градусов Цельсия. Так как эта часть равнинная то здесь наблюдаются сильные ветра. На территории центрального Казахстана расположились озеро Балхаш, одно из самых больших озер Казахстана и Каркаралинский горно-лесной оазис.

Земля Центрального Казахстана очень богата полезными ископаемыми. В самом центре Евразии, своими красотами сияют горы и сопки. Так же на территории Центрального Казахстана имеется более двухсот озер, на которых живут и плодятся такие птицы как журавли, лебеди, цапли, утки, гуси. Здесь расположен один из красивейших государственных природных парков – Каркаралинский, а назван он так в честь гор Каркаралы, невысоких и красивых, самая высокая их точка это – трехглавый Комсомольский пик высотой одна тысяча четыреста три метра над уровнем моря. Покрыты

Каркаралы сосновым и березовым лесом, и разнообразной травяной растительностью.

Озеро Карасор, занимает площадь около двести пятьдесят квадратных километров. Содержание солей очень высоко, и превышает соленость морской воды. В него впадает около десяти сравнительно не больших рек.

Бессточное озеро Балхаш занимает третье место по площади после Каспийского и Аральского морей. Имеет длину шестьсот четырнадцать километров, а ширину от трех до сорока километров, максимальная глубина – двадцать шесть метров. Причиной феномена Балхаша является его разная минерализация водной массы на западной и восточной частях, соединенных собой узким проливом. Западная часть получает воду из реки Или – пресной, а восточная часть – соленоватая. Или – Балхашский бассейн имеет большое значение для биоразнообразия и выращивания и промысла ценных пород рыб. В состав фауны входят такие особи рыб: сазан, белый амур, шип и другие. Ежегодный промысел в озере около восьми – десяти тонн рыб. Такие рыбы как балхашская маринка и балхашский окунь занесены в Красную Книгу.

Западный Казахстан – ворота открывающие дорогу в центральную, южную часть республики, а так же в страны Центральной Азии. Западный регион Казахстана расположен на северо-западе. На севере окружают пологие отроги Уральских гор, на юге этот регион окружают пустыни Туркмении, а на востоке расположено Аральское море, на западе Каспийское море. Рельеф этой части Казахстана в основном равнинный, расположение западного Казахстана внутри материка, дает ему резко – континентальный климат. Летом воздух прогревается до плюс сорока пяти градусов Цельсия, а зимой опускается до минус сорока пяти градусов Цельсия. Регион не богат реками. Единственная река, это Урал, которая впадает в Каспийское море, остальные реки в жаркий летний период пересыхают. Западный Казахстан входят следующие области: Западно – Казахстанская, Атырауская,

Мангистауская и Актюбинская. Его обширная территория имеет размеры тысячу двести километров с севера на юг и тысячу триста километров с запада на восток. К крупным озерам относятся – Индер, Аралсор, Камыс-Самарские. Важнейшую роль в регионе играет Каспийское море. Западный регион богат залежами нефти, и более ста лет здесь ведется добыча нефти, так же город Атырау центр по добыче и консервированию черной икры [22].

Актюбинская область одна из значимых индустриальных областей страны. Она занимает площадь равную тремстам тысячам квадратных километров. Рельеф Атырауской области – это множество горных склонов и абсолютно белых каменных сфер причудливых форм, достигающих до двух метров в диаметре. Здесь расположено известняковое плато, которое когда-то было дном доисторического океана, свидетельством является Каспийское и Аральское моря. Степные сухие зоны граничат с заболоченными берегами реки Урал.

Западный Казахстан очень богат минеральными ресурсами. Здесь ведутся добыча рудных и нерудных ископаемых таких как: нефть и газ, хромиты, марганец, никель, фосфориты и медь. Тенгизское же месторождение конкурирует с крупнейшими месторождениями всего мира.

Южный Казахстан разнообразен своей природой, полупустынная зона севера переходит в цветущий край орошаемого земледелия на юге, где выращивают табак и хлопок, возделывают рис и другие культуры. В южных районах на альпийских лугах и долинах рек развито животноводство. Этот район на западе протянулся от заснеженных хребтов Тянь-Шаня до Аральского моря и Приаральских Каракумов, на севере озеро Балхаш.

Южный Казахстан уникален своими природными объектами Западного Тянь-Шаня. Национальный заповедник Аксу – Джабаглинский знаменит своими арчовыми лесами, сочными альпийскими лугами, глубокими ручьями и реками, суровыми скалами – все эти достоинства занимают территорию коло девятиста квадратных километров. Более двух

тысяч видов растений произрастает на этой территории заповедника. Среди природных сокровищ можно выделить также уникальное по красоте ущелье Бургулук, озера Кызыл-коль и Балыктин, питающиеся двумя подземными источниками; Карстовую пещеру Акбиик, известную своими сталактитовыми и сталагмитовыми скульптурами, ущелье Келте-Машат [14,с.216].

Восточный Казахстан имеет границы с Китаем, расположен в верхнем бассейне реки Иртыш, включает в себя Восточно-Казахстанскую и Семипалатинскую области. Здесь произрастает около пятидесяти процентов всех лесных массивов страны. Недра богаты полиметаллическими, олововольфрамовыми и ванадиевыми рудами.

Природа очень разнообразна. На юго-востоке раскинулись хребты Саур и Тарбагатый, а между ними и Южным Алтаем расположена Зайсанская котловина. Реки Восточного Казахстана – это правые притоки Иртыша Бухтарма, Курчум, Уба и Ульба – бурные и полноводные.

Особенность Восточного Казахстана это то что здесь возможна изучение всех видов ландшафт это: песчано-пустынные зоны, глинистые каньоны, степные зоны, горную местность, леса и тайгу, альпийские луга, горные вершины с высотой более пяти тысяч метров над уровнем моря (пик Алтая и Сибири – гора Белуха). Восточный Казахстан богат своим биоразнообразием так как включает в себя двадцать четыре национальных заповедника и парка, которые занимают шесть процентов от всей площади региона.

## 1.2 Климат

Климат Республики Казахстан резко – континентальный. Континентальность проявляется в ряде особенностей: большая амплитуда температур в летний и зимний периоды, сухость воздуха, вызванное незначительным количеством осадков почти на всей территории Казахстана,

долгая и суровая зима и короткое лето на севере, короткая зима и жаркое лето на юге. Поскольку страна расположена далеко от океанов и морей они не влияют на ее климат.

Казахстан расположился в южной части умеренного климатического пояса. Здесь хорошо заметны все времена года. Зимой господствуют сильные сибирские морозы с метелями и снегом, а летом приобладают тропические воздушные массы, которые формируются над Казахстаном и Средней Азией.

Климат Казахстана зависит от основных факторов: солнечной радиацией, атмосферной циркуляцией и подстилающей поверхностью.

Солнечная радиация здесь очень высока, среднегодовая продолжительность солнечного сияния это около двух трех тысяч часов. Такое количества солнечной радиации приходящее на территорию Казахстана зависит не только от географического положения, но и от отсутствия облачности в теплый период года, и связана с распространением ясных и пасмурных дней. Так количество ясных дней за год ровняется на севере ста двадцати, а на юге двухсот шестидесяти, а пасмурных дней на севере шестьдесят на юге около десяти. Так же и распространяется и суммарная радиация на севере Казахстана равна ста ккал/см<sup>2</sup> в год, то на юге около – ста пятидесяти ккал/см<sup>2</sup>. И по сезонам года суммарная радиация распределяется неравномерно на юге составляет в июле около тысячу пятьсот ккал/см<sup>2</sup>, то в январе в 4 раза меньше [23,с.86]. Зимой в связи с небольшим углом падения солнечных лучей и краткостью дня и способность снежного покрова отражать солнечные лучи величина солнечной радиации уменьшается.

Атмосферная циркуляция над территорией Казахстана происходит под влиянием планетарной циркуляции, усиление зональной циркуляции воздуха в северном полушарии приводит к усилению потока океанических воздушных масс с запада на восток, и за двое суток они без существенных изменений достигают Казахстана. Во время зональной циркуляции, несмотря

на расположение Казахстана центре Евразии, континентальность климата ослабевает.

На климат Казахстана влияют три типа воздушных масс: арктических, умеренных и тропических широт. Воздушные массы, образующиеся над Тихим и Индийским океанами, Казахстана не достигают. На климат небольшое влияние оказывают только Атлантический и Северный Ледовитый океаны и их моря. Отсутствие гор дает возможность воздушным массам свободно перемещаться как с севера на юг, так и с запада на восток.

### 1.3 Температура и влажности воздуха

Средняя месячная температура воздуха самого теплого месяца – июля, составляет от плюс 18,2 до плюс 19,3 градусов Цельсия, самого холодного месяца, января, от минус 17,8 до минус 14,6 градусов Цельсия. Годовая амплитуда средних месячных температур воздуха равна от плюс 32,0 до плюс 35,9 градусов Цельсия.

Средний максимум температуры воздуха в летние месяцы превышает плюс 20 градусов Цельсия. В период с мая по сентябрь температура воздуха может превышать 30 градусов Цельсия выше нуля. В отдельные жаркие дни температура воздуха повышается от плюс 39 до плюс 42 градусов Цельсия.

Средняя минимальная температура приземного воздуха отрицательная в период с октября по апрель (до минус 18,1-21,3 градусов Цельсия в январе и феврале. С мая по сентябрь суточный минимум температуры положителен (до плюс 11,6-12,4 градусов Цельсия в июле). Абсолютный минимум температуры в ноябре-феврале может опускаться ниже 40 градусов Цельсия, в очень суровые зимы на ровных открытых местах температура понижается до минус 52-54 градусов Цельсия, в пониженных частях рельефа до минус 54-56 градусов Цельсия.

Абсолютная годовая амплитуда (разность между абсолютной максимальной и абсолютной минимальной температурами воздуха), составляет более 80 °С. В годовом ходе средние месячные отклонения температуры воздуха имеют максимум в зимний период, достигая 3,8-3,9 градусов Цельсия. Летом же эти величины составляют только 1,5-1,6 градусов Цельсия, Это указывает на большую межгодовую изменчивость зимних температур и относительно высокую устойчивость летних температур.

Продолжительность теплого периода с температурой выше 0 градусов Цельсия составляет в среднем 195 дней. Безморозный период на открытых ровных местах бывает 100-125 дней, а в холодных частях микрорельефа сокращается до 85-100 дней.

Относительная влажность воздуха является одной из существенных характеристик климата и характеризует степень насыщенности воздуха водяным паром. В сочетании с температурой воздуха относительная влажность воздуха дает представление об испаряемости влаги с поверхности почвы, растительности и водоемов. Наибольшие значения относительной влажности воздуха наблюдаются в период ноябрь-март. С наступлением теплого периода года и увеличением притока солнечного тепла, повышением температуры воздуха наступает некоторое иссушение воздуха. Эти процессы ярче всего проявляются в мае-июне.

К основным обуславливающим температуру почвы факторам относятся температура воздуха, солнечная радиация, снежный и растительный покров, осадки, а также механический состав самой почвы. Тепловые характеристики почвы в значительной степени зависят от состояния увлажнения. Средняя многолетняя температура поверхности почвы отрицательная в период с ноября по март, но может быть отрицательной и в апреле и в октябре. Самые низкие температуры

почвы наблюдаются в январе-феврале – ниже 22 градусов Цельсия, максимально почва прогревается в июне – июле, когда максимальные температуры поверхности около плюс 42 градусов Цельсия.

Режим атмосферного давления складывается из сочетания макроциркуляционных факторов, теплового баланса и особенностей рельефа. Межгодовой и сезонный ход давления воздуха обуславливается в основном положением и состоянием планетарной высотной фронтальной зоны и климатических центров действия атмосферы (азиатского, азорского и полярного максимумов, исландского и индостанского минимума), развитием и повторяемостью основных форм атмосферной циркуляции.

В противоположность годовому ходу температуры воздуха, наибольшие среднемесячные значения давления имеют место в зимний период (выше 975 гПа в декабре – январе), когда завершается становление сибирского максимума и территория Казахстана, попадает под влияние его западного отрога. Наименьшее в году давление воздуха (около 963 гПа) наблюдается в наиболее жаркий месяц – в июле, когда получает наибольшее развитие термическая депрессия, которая возникает и развивается в летний период в результате сочетания большого прогрева и усиленной трансформации поступающих воздушных масс. [12, 13].

#### 1.4 Атмосферные осадки

Пересеченный рельеф территории способствует выпадению повышенного количества осадков в сравнении с равниной и обеспечивает более равномерное их внутригодовое распределение. Засухи здесь реже и менее интенсивны, чем на окружающих их равнинах. Наибольшее количество осадков выпадет на склонах западной экспозиции, наименьшее



– на восточных. При юго-западных ветрах на подветренных склонах мелкосопочника развивается мощный турбулентный воздушный поток и происходит резкое иссушение воздуха. Возможно, с этим связано наличие полупустынного климата территории Кзылтуского административного района.

В центральной части территории выпадает около 330 мм осадков в год, а на юго-западе около 400 мм. Максимум осадков приходится на теплый период. За это время выпадает 50-60 % годовой нормы. Такое распределение осадков является характерным признаком континентальности климата.

В летний период территория находится под влиянием континентального воздуха, трансформирующегося из циклонов арктических масс, а также циклонов, приходящих со стороны Атлантического океана, которые имеют большое значение в образовании осадков.

В аномально влажные годы количество выпадающих осадков может почти в два раза превышать средние многолетние величины, а в аномально засушливые годы – составлять 60-70 % от этих величин.

Осадки в жидком виде в районе могут выпадать практически круглый год. Осадки в твердом виде можно ожидать в период с сентября по июнь. [14].

### 1.5 Снежный покров

В таблице 12 приведены средние за декаду высоты снежного покрова за холодный период года, осредненные за многолетний ряд (1977-2008 год). Наибольшая высота снежного покрова образуется в юго-западной части (МС Балкашино), где зимой высота снега превышает 40 см. Также и в южной части (МС Акколь) высота снега превышает 30 см. В районе высота снега колеблется в пределах 20-30 см, а к северу от него (МС

Кокшетау) высота снега не превышает 20 см. Распределение среднего многолетнего значения наибольшей высоты снежного покрова следующее: Балкашино – 52 см, Акколь – 37 см, Щучинск – 30 см, Кокшетау – 20 см.

Среднемноголетние данные по высоте и запасам воды в снежном покрове в районе МС Щучинск. Как видно из практики устойчивый снежный покров образуется в 3-ей декаде октября имея среднюю высоту около 2 см, далее нарастая доходит максимальной высоты 28 см во 2-ой и 3-ей декадах февраля, когда накапливается до 78 мм запасы воды в снежном покрове ( $\approx 78 \text{ л/м}^2$ ). [15]

## 1.6 Ветер.

Ветровой режим на территории Акмолинской области, характеризуется преобладанием в течение года ветров юго-западного направления (в среднем 32 %). Средняя годовая скорость ветра составляет 4-5 м/сек., но нередко достигает 8-9 м/сек. Преобладание этого направления сохраняется и во время суховейных ветров.

Суховеи юго-западной четверти составляют 60 % и более, а по району Явленка – Володарское – даже более 80 % повторяемости. Около половины всех суховеев наблюдается при скорости ветра 6-10 м/сек. (таблица 1). [11]

Таблица 1 - Средняя скорость суховеев по сравнению со средней многолетней скоростью ветра (в м/сек.)

Характеристика	IV	V	VI	VII	VIII	IX	Средняя
Суховей	8,6	8,6	8,4	7	5,6	6,4	7,4
Средняя многолетняя скорость ветра	5,2	5,7	5	4,3	3,6	3,8	4,6

## 1.7 Водные ресурсы.

В Казахстане водные ресурсы зависят в основном от речного и озерного стока. Основным питанием рек являются ледники, всего на территории горной местности Казахстана находится около трех тысяч ледников и имеют общую площадь около двух тысяч квадратных метров. Около пятидесяти процентов ледников находится на Джунгарском Алатау.

На всей территории Казахстана имеется около восьмидесяти пяти тысяч рек и временных водотока, в том числе 84 694 реки длиной до ста км, триста рек – до пятиста километров, и двадцать три реки длиной от 500 до 1000 километров.

К наиболее многоводным рекам относится река Иртыш – самая многоводная река Казахстана. Протяженность на территории Казахстана составляет тысячу семьсот километров, а общая длина реки более четырех тысяч. На втором месте стоит река Сырдарья, которая имеет протяженность по территории Казахстана тысячу четыреста километров, а общая длина две тысячи двести километров.

Основной питательной рекой Балхаша является река Или, которая имеет длину по Казахстану восемьсот километров, при общей длине одна тысяча километров[22]. Не мало важную роль для водных ресурсов Казахстана играют такие реки как Урал, Ишим, Тобол, Илек, Шу, Торгай, Сарысу, Талас, Нура, Эмба и другие.

По питанию реки Казахстана относятся на смешанные, снеговые и ледниковые. При снеговом и смешанном питании большинство рек республики имеет хорошо выраженное весеннее половодье, а при ледниковом питании реки имеют половодье и в летний период. По гидрохимическому составу, воды горных рек относятся к гидрокарбонатному классу, их минерализация составляет от двухсот до трехсот миллиграмм на литр при половодье, а при межени повышается до шестиста миллиграмм на литр. Равнинные реки несут воду которая относится к сульфатному или

хлоридному классам. У транзитных рек пустынь и полупустынь минерализация вод в верховьях сто двести миллиграмм на литр, а в низовьях повышается до пяти тысяч миллиграмм на литр.

Казахстан имеет на своей территории сорок восемь тысяч двести шестьдесят два озера, из них малые сорок пять тысяч двести сорок восемь озер. Крупных озер насчитывается двести девяноста шесть, они и составляют более шестидесяти процентов водной поверхности всех озер республики. [12,с.127]. Такие озера как Каспийское, Аральское моря, Балхаш, Тенгиз, Алаколь, Маркаколь имеют тектоническое происхождение. Территория республики с юго-запада и западной части омывается водоемами Аральского и Каспийского морей. Каспийское море делится по рельефу на три части: северная мелководная (глубина 4-8 м), среднюю (глубина до 780 м) и южную (глубина более 1 тыс. м).

Уровень воды в Аральском море в последнее время заметно понижается, она расположено в падине Туранской низменности.

Подземные воды по своим условиям залегания, питания, формирования ресурсов, химическому составу, характеру проницаемости водовмещающих пород выделяются: трещинные, трещинно-пластовые и пластовые. Трещинный тип распространен в горных и мелкосопочных районах. Он залегает на глубине тридцать – пятьдесят метров в виде родников с низкой минерализацией (0,1 -0,5 г/л). Пластовый тип развит на всех равнинных территориях, речных долинах в толще терригенных и карбонатных пород.

Благодаря своей обширность Казахстана и географического положения обусловили формирование разнообразных климатических ресурсов. Большое количество дней с солнечной энергией и длительность вегетационного периода на юге Казахстана, дают возможность выращивать теплолюбивые культуры (кукурузу, рис, хлопок). Так же солнечная энергия может применяться в качестве выработки электроэнергии, выработки тепла

для обогрева жилых домов, и для нужд народного хозяйства. Казахстан богат и ресурсами ветра. В тех районах где наблюдаются частые и сильные ветра его можно использовать для выработки электроэнергии.

Водные ресурсы Казахстана это – реки, и временные водотоки, озера, ледники и подземные воды. По длине и площади можно выделить основные водные объекты это – реки Сырдарья, Иртыш и Урал, моря и озера – это Аральское и Каспийское моря и озеро Балхаш.

## 1.8. Исходные данные

### 1.8.1 Ежедневные данные об осадках и температуре

Ежедневные данные суточной температуры воздуха и количества осадков на метеорологических станциях Казахстана.

Источники:

1) Республиканское Государственное Предприятие «Казгидромет» (РГП «Казгидромет»).

2) Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации – мировой центр данных ГБУ «ВНИИГМИ-МЦД».

Перечень станций России для новой версии архива составлен на основании Списка станций Росгидромета, включенных в Глобальную сеть наблюдений за климатом (утвержденного Руководителем Росгидромета 25 марта 2004г.) и списка реперных метеорологических станций Росгидромета, подготовленного в Главной Геофизической Обсерватории им. А.И. Воейкова (исп. Зав. ОМРЭИ ГГО В.И.Кондратюк). Массив данных содержит информацию по 1124 станциям России (1055 российских станций) и независимых государств (бывших республик СССР).

### 1.8.2 Данные маршрутных снегосъемок

Источники:

1) Республиканское Государственное Предприятие «Казгидромет»(РГП «Казгидромет»).

2)Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации – мировой центр данных ГБУ «ВНИИГМИ-МЦД»

Массив содержит характеристики снежного покрова по данным маршрутных снегомерных съемок. Наблюдения за снежным покровом по регламенту маршрутных снегосъемок осуществляются через каждые 10 дней в течение холодного периода (каждые пять дней в период интенсивного снеготаяния). Массив планируется регулярно (один раз в год) обновлять.

Список станций формировался на основе списка ВМО (PublicationNo.9, Volume A, ObservingStations). Были отобраны станции, наблюдения на которых осуществлялись в течение всего периода, начиная с 1966 года по настоящее время (отсутствие наблюдений не более 2-х лет). В массиве приведены данные 517 метеорологических станций России с 1966 года по настоящее время.

Снегосъемки осуществляются отдельно для трех типов ландшафта: поле, лес и овраги. Длина маршрута составляет 1 километр в лесу и 2 километра в лесу.

Каждые, 10 метров в лесу, и 20 метров в поле измеряется высота снежного покрова, каждые 100 метров в лесу и 200 метров в поле измеряются остальные характеристики снежного покрова. В оврагах измерения проводятся только по заданию Гидрометцентра. Каждая запись в архиве содержит 19 характеристик.

Из 286-ти станций Казахстана в расчетах использовалось 11 станций. Определение истинной величины снегозапасов в бассейне является довольно проблематичным занятием. В связи с тем, что снег залегаем на местности неравномерно по следующим причинам:

1. На разных территориях выпадает разное количество твёрдых осадков;
2. Очень сильно влияет ветер, который переносит выпавший снег с одного места на другое. Перенос снега начинается уже при скорости ветра 5 - 7 м/ с. С открытых поверхностей снег заносится в лощины, балки, овраги, русла рек и ручьев.

Путем подогрева осадкомера можно растопить попадающий в него снег и затем измерить соответствующее количество осадков. Для этого необходима энергия, которая в отдаленных местах редко имеется в нужном количестве.

Кроме того, есть и другие проблемы. Если осадкомер установить на поверхность земли или в яму, в снеге вокруг него вследствие таяния появится впадина, что повлияет на последующий сбор. Если же осадкомер поднять на высоту, превышавшую максимальную толщину слоя снега, существенными станут погрешности, вносимые действием ветра. Явление выпадения снега представляет, интерес в метеорологическом плане, но гидрологов больше интересует снеготаяние. Для прогнозирования же снеготаяния нужно знать количество снега, находящегося в бассейне. Измерение количества выпадающего снега мало помогает этому, особенно в гористых районах, поскольку после выпадения снег часто перемещается ветром, прежде чем начинает таять. Поэтому количество снега в бассейне необходимо измерять в несколько моментов времени. Из-за особенностей ветрового переноса снега выбрать репрезентативное место для измерений обычно трудно. Отыскав такое место, можно измерять либо глубину, либо массу снега. В последнем случае используют так называемую «снеговую подушку» и измеряют массу снега по давлению, которое он оказывает на эту эластичную заполненную жидкостью емкость. Однако вследствие смерзания и изменения состояние снега в измерениях может появиться погрешность, так как снег в этих случаях будет оказывать давление не всей своей массой. Трудно наладить и автоматическое измерение высоты снежного покрова. Дело осложняется еще

тем, что поскольку плотность снега неизвестна, то будет неизвестен и водный эквивалент, который можно оценить лишь приблизительно. Дистанционные измерения со спутников превращаются в конкурентоспособную альтернативу наблюдениям на месте, особенно в больших бассейнах. Самое прямое и простейшее решение – измерять количество снега, когда он тает, т.е. определять поступление жидкой воды в бассейн. Этого можно достичь, установив дождемер ниже слоя снега, как бы замаскировав его под местность, так чтобы прибор не влиял на таяние и выпадения снега, а талая вода поступала бы в него в тех же количествах и с такой же скоростью, как и на прилегающую местность.

Используемые таким способом дождемеры можно подключать к регистратору точно так, как при сборе дождя. Давление в снеговой подушке воспринимается преобразованием давления. Хотя фактические значения давления, измеряемые в том и другом случае, разные, принцип действия остается одним и тем же. Однако в случае снеговой подушки с одной ее стороны не будет вакуума, она будет открыта воздействию атмосферы, благодаря чему изменения в барометрическом давлении будут уравниваться.

### 1.8.3 Данные спутникового зондирования

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

Данные представляют собой массив значений запаса воды в снеге (в мм слоя) в узлах сетки для всего Северного полушария. Микроволновая СВЧ – радиометрия, она же пассивная микроволновая съемка, заключается в измерении интенсивности излучения на частотах от 6 до 37 ГГц. Относительная прозрачность атмосферы в микроволновом диапазоне делает



эти данные чрезвычайно перспективными для определения параметров снежного покрова, особенно для малонаселенных территорий, где другие источники данных отсутствуют. Интенсивность микроволновой радиации и соответственно микроволновая яркостная температура, испускаемая снежным покровом, характеризуется распространением излучения, которое в свою очередь зависит от термодинамической температуры, плотности снега, его слоистости, структуры и зернистости (размера кристаллов снега), условий подстилающей поверхности. В микроволновом диапазоне снегу свойственен отрицательный спектральный градиент, поэтому при увеличении высоты снежного покрова в канале 18-19 ГГц температура падает медленнее, чем в канале 36-37 ГГц. Поэтому, как правило, в качестве индикатора появления снега на поверхности принимается положительное значение разности яркостных температур между 19 ГГц и 37 ГГц, которое с увеличением высоты снежного покрова пропорционально увеличивается. Модели восстановления снегозапасов по данным дистанционных измерений, как правило, основаны на расчете разницы тех или иных частотных диапазонов микроволнового излучения в сочетании с коэффициентами, так или иначе характеризующими особенности поверхности.

Наиболее важной проблемой, стоящей на пути эффективного картирования снегозапасов, стоит малое разрешение, предоставляемое пассивной съемкой, и насыщение влагой снежного покрова талой водой во время оттепелей и в период снеготаяния, что приводит к повышению яркостных температур в точке, в которой подстилающая поверхность воспринимается как бесснежный участок. Серьезные проблемы возникают с лесной растительностью, затеняющей снежный покров. Еще одна проблема, приводящая к большим погрешностям при измерении, заключается в полном рассеивании микроволнового излучения до достижения поверхности снега, и, следовательно, занижению данных на территории с большой мощностью снежного покрова.

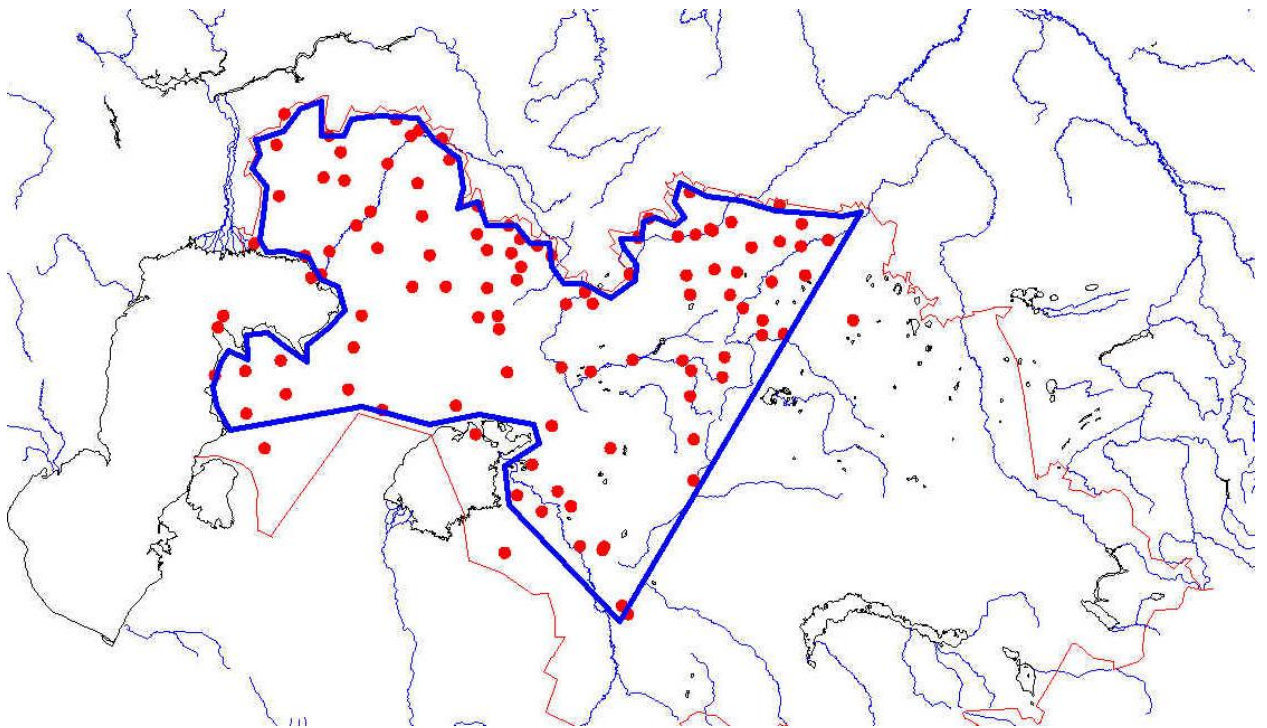


Рисунок 1.

## Глава 2. Математический аппарат

### 2.1 Математическая модель снегозапасов

С дат устойчивого перехода температур к отрицательным значениям выполнялось суммирование твердых осадков (снега,  $X$ ) с коэффициентом потерь ( $k_f$ ). В период оттепелей водоотдача учитывалась температурным коэффициентом ( $kt$ ) и положительными температурами ( $t_+$ ).

Формула для расчета снегозапасов, как суммы выпавших твердых осадков (снега) с учетом водоотдачи в период оттепелей на каждый ( $i$ -ый) день:

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

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

## 2.2 Поиск решения в программе Excel

Надстройка "Поиск решения" является частью набора команд, которые иногда называют средствами анализа "что-если". С помощью этой функции можно найти оптимальное значение, в нашем случае мы ищем 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 нашей работе мы используем поиск решений excel для нахождения коэффициентов  $kf$  и  $kt$ , программа производит расчеты таким образом что бы  $S$  расчетная была наиболее приближена к  $S$  фактическая, т.е. находим оптимальные значения параметров (рисунок 2).

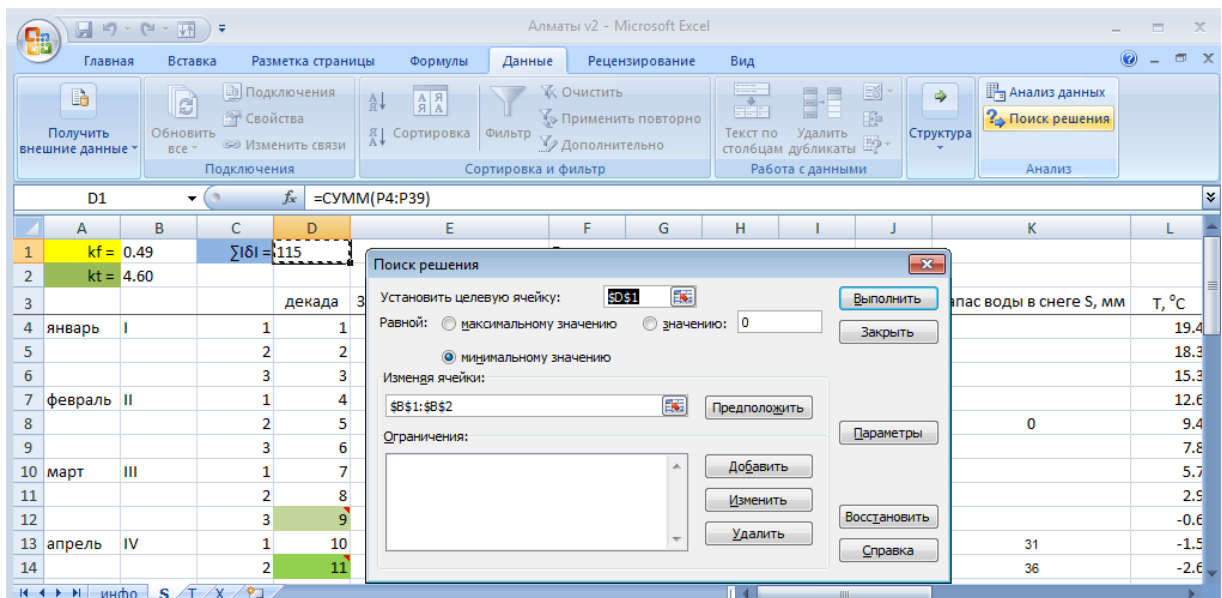


Рисунок 2- поиск решений в Excel.

### 2.3 Переопределенная система линейных уравнений

Переопределенные системы совместных линейных уравнений часто встречаются в задачах аппроксимации экспериментальных данных при помощи различных эмпирических кривых. Решение *переопределенных систем уравнений* является весьма трудоемким и зачастую практически нереализуемо без помощи ЭВМ.

Решается система  $AX=B$ , где

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{21} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{m1} & a_{m1} & \dots & a_{mn} \end{bmatrix}, B = \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \dots \\ b_m \end{bmatrix}$$

а общее число уравнений ( $m$ ) в системе больше числа неизвестных ( $n$ ). Ее решением считается скаляр  $(AX-B)$  ( $AX-B$ ) принимает наименьшее значение. Решение сводится к решению системы:

$$[A' \ A] \cdot [A \ B]$$

где  $A'$  – транспонированная матрица  $A$ . Для этого используется метод квадратных корней.

Решение системы  $AX=B$  методом квадратных корней реализуется по следующим формулам прямого хода:

$$a_{ii}^I = \sqrt{a_{ii}}, \quad a_{ij}^{(I)} = \frac{a_{ij}}{a_{ii}^I}$$

$$f_j^{(I)} = \frac{f_j}{a_{ij}^I}, \quad j = 1, 2, 3, \dots, n.$$

$$a_{ii}^{(I)} = \sqrt{a_{ii}} - \sum_{k=1}^{i-1} a_{ki}^{(I)2}, \quad i = 1, 2, 3, \dots, n$$

$$a_{ij}^{(I)} = \left( a_{jj} - \sum_{k=1}^{i-1} \frac{a_{ki}^{(I)} a_{kj}^{(I)}}{a_{ii}^{(I)}} \right), \quad j > i$$

$$f_i^{(I)} = \frac{\left( f_i - \sum_{k=1}^{i-1} f_k^{(I)} a_{kj}^{(I)} \right)}{a_{ii}^{(I)}}, \quad x_n = \frac{f_{ii}^{(I)}}{a_{nn}^{(I)}}.$$

Обратный ход:

$$x_i = \left( f_i^{(I)} - \sum_{k=i+1}^n a_{ik}^{(I)} x_k \right) / a_{ii}^{(I)}, \quad i = n, n-1, \dots, 1$$

## 2.4. Критерии S/σ

Оценка эффективности способа прогнозирования позволяет установить ее возможность практического применения. По оценки эффективности методики и оправдываемости прогнозов требуется выполнение двух условий:

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

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

При оценки прогнозов предполагается, что ошибки каждого прогноза случайны, а их распределение подчиняется уравнению нормального распределения. Распределение погрешностей прогнозов имеет асимметричный характер. Всегда есть предел их минимальных значений. Опыты показывают что в пределах обеспеченности от 10 до 90% распределение ошибок нормальное. Поэтому мы можем использовать при оценки эффективности метода и оправдываемости прогнозов использовать уравнение нормального распределения:

$$p(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{\Delta^2}{2\sigma^2}} \quad (1.1)$$

где  $p(x)$  – вероятность данного отклонения случайной переменной  $x$  от ее нормы  $x$ ,  $\Delta$  - заданное значение этого отклонения;  $\sigma$  – среднее квадратическое отклонение величины  $x$ .

О вероятности того, что переменная заключена в диапазоне ( $x \pm t_{p0}$ ), можно судить по представленным в табличном виде результатам интегрирования уравнения, в таблице приводятся значения вероятности  $p(x \pm t_p \sigma)$ ,

отвечающие разным значениям  $t_p = \frac{\Delta}{\sigma}$ , где  $t_p$  -отклонения от нормы в долях среднего квадратического. Зная вероятность доверительного интервала, можно перейти к обеспеченности крайних в данном интервале значений ожидаемой переменной по выражению:

$$p[x \geq (x + t_p \sigma)] = \frac{1 - p(x \pm t_p \sigma)}{2} \quad (1.2)$$

для верхнего предела,

$$p[x \geq (x + t_p \sigma)] = \frac{1 - p(x \pm t_p \sigma)}{2} \quad (1.3)$$

для нижнего предела,

По этим выражениям можно установить обеспеченность различных значений предсказываемой переменной.

В пределах  $\pm 0.67\sigma$  заключена половина площади нормированной кривой нормального распределения. Отклонение от нормы, равное  $\pm 0.67\sigma$ , называется вероятным отклонением, которое принимается за допустимую погрешность прогнозов  $\delta_{\text{доп}}$ . В краткосрочных прогнозах расходов и уровней воды в случае, если предшествующая водность в какой-то степени может определять прогнозируемую характеристику, величина  $\delta_{\text{доп}}$  вычисляется по формуле:

$$\delta_{\text{доп}} = \pm 0,674 \sigma_{\Delta} \quad (1.4)$$

где  $\sigma_{\Delta}$  – среднее квадратическое отклонение изменения прогнозируемой величины за период заблаговременности прогноза от среднего значения этого изменения:

$$\sigma_{\Delta} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta_i - \Delta)^2}{n-1}}, \quad (1,5)$$

где  $\Delta_i$ , - изменение прогнозируемой величины за период заблаговременности прогноза;  $\Delta$  - среднее значение этих изменений;  $n$  - число изменений.

В долгосрочных прогнозах за допустимую погрешность принимается вероятное отклонение:

$$\delta_{\text{доп.}} = \pm 0.67\sigma \quad (1,6)$$

Здесь  $\sigma$  – среднее квадратическое отклонение прогнозируемого значения элемента от среднего:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - y)^2}{n-1}} \quad (1,7)$$

где  $y_i$  – значение прогнозируемой величины;  $y$  – ее среднее значение;  $n$  - число членов ряда.

При вычислении допустимой погрешности прогнозов в зависимости от даты выпуска прогноза используют формулу (1.4) или (1,6). Если прогноз выпускается до начала половодья, паводка, вегетационного периода, допустимую погрешность за указанные периоды определяют по формуле (1.6). Если же прогноз составляется после начала периода, то используют формулу (1.4).

Допустимая погрешность прогноза максимальных расходов дождевых паводков, минимальных уровней воды периода навигации, зимней межени, осеннего ледообразования определяется по формуле (1.4). По формуле (1.6) вычисляется допустимая погрешность прогноза характерных уровней весенних ледовых явлений, составляемого до начала весенней прибыви воды,



по формуле (1.4) - во время развития половодья.

За допустимую погрешность прогноза средних, минимальных и максимальных уровней (расходов) воды на календарные периоды принимается меньшее из значений -  $0,674 \sigma$  или  $0,674 \sigma$ . Изменение уровней (расхода) воды определяется как разность между начальным средним уровнем (расхода) воды и характерны уровни (расходом) воды периода, на который дается прогноз. Начальный расход определяется в зависимости от даты выпуска прогноза. Если прогноз составляется в первый день расчетного календарного периода, то за начальный расход принимается средний расход за предшествующую декаду. В случае, когда прогноз составляется в середине или конце какой-либо из предшествующих декад, за начальный расход принимается средний расход за ту же декаду. Заблаговременность краткосрочных прогнозов времени наступления гидрологических явлений (водных и ледовых) определяется периодом от даты выпуска прогноза до указанной в прогнозе даты. Заблаговременность долгосрочных прогнозов водного и ледового режимов определяется по разности между датами выпуска прогноза и окончания или наступления прогнозируемого явления. Средняя заблаговременность прогнозов, составляемых по конкретной методике, равна средней заблаговременности всех проверочных прогнозов. Допустимая погрешность долгосрочных прогнозов времени наступления ледовых явлений в пункте определяется следующим образом.

1) если прогноз составляется раньше даты наступления прогнозируемого явления, то допустимая погрешность определяется по выражению (1,6), при этом используются среднее квадратическое отклонение дат наступления явления от среднего многолетнего.

2) если прогноз выпускается позже самой ранней даты наступления предсказываемого явления, то допустимая погрешность применяется равной вероятности отклонения от нормы с учетом сокращенной амплитуды  $A_c$ ,

которая определяется по разности между самой поздней датой наступления прогнозируемого явления и датой выпуска прогноза.

Таким образом, допустимая погрешность

$$\delta_{\text{доп}} = f\left(\sigma; \frac{A_c}{A_M}\right),$$

где  $\sigma$  - среднее квадратическое отклонение от нормы, а  $\frac{A_c}{A_M}$  – отношение сокращенной амплитуды к многолетней. Допустимая погрешность берется из табл. 2 Наставления [39].

Прогнозы времени наступления ледовых явлений выпускаются для пункта и участка реки, озера или водохранилища. В последнем случае прогнозируется отдельно дата начала явления и дата его распространения на весь участок.

Допустимые погрешности краткосрочных прогнозов дат наступления явлений назначаются в зависимости от заблаговременности прогнозов.

<i>Заблаговременность, сут.</i>	<i>1-3</i>	<i>4-5</i>	<i>6-9</i>	<i>10-13</i>	<i>14-15</i>
<i>Допустимая погрешность, сут.</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>

В краткосрочных прогнозах толщины ледяного покрова даются сведения об ее изменении за период заблаговременности прогноза. Допустимые погрешности прогноза толщины льда определяются в зависимости от фактического изменения ее значения за период от даты выпуска прогноза до даты, на которую составляется прогноз.

<i>Фактическое изменение толщины льда, см</i>	<i>10</i>	<i>11-15</i>	<i>16-20</i>	<i>21-25</i>	<i>26-30</i>	<i>&gt;30</i>
<i>Допустимая погрешность, см</i>	<i>±3</i>	<i>±4</i>	<i>±5</i>	<i>±6</i>	<i>±8</i>	<i>±10</i>

Прогноз считается оправдавшимся, если абсолютная величина его погрешности меньше или равна допустимой.

Постоянное значение допустимой погрешности приводит к тому, что оправдавшиеся прогнозы имеют разную точность. При малых значениях предсказываемого стока (расхода, объема и т.п.) допустимая погрешность может даже превышать это значение. Мерой точности методики прогнозирования является средняя квадратическая погрешность проверочных прогнозов, которая вычисляется по формуле:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - y_i')^2}{n-m}} \quad (1.8)$$

где  $y_i$  и  $y_i'$  – соответственно фактическое и предсказанное значение;  $n$  – 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 качество методики принято отношение  $S/\sigma\Delta$  и  $S/\sigma$ . Эти отношения являются показателями эффективности и точности прогнозирования, они показывают выигрыш в распределении погрешности, который дает метод прогнозирования по сравнению с распределением погрешности 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 определение  $S$  и  $\sigma$  зависят также и от числа

членов ряда  $n$ , установлены следующие условия применимости методик прогнозирования.

При  $n \leq 15$              $S/\sigma \leq 0.70$   
 При  $15 < n < 25$      $S/\sigma \leq 0.75$   
 При  $n \geq 25$              $S/\sigma \leq 0.80$

Точность связи между предсказываемым явлением и его факторами характеризует также корреляционное отношение:

$$\rho = \sqrt{1 - (s/\sigma)^2} \quad (1.9)$$

Для линейных зависимостей корреляционное отношение численно совпадает с коэффициентом корреляции  $r = \rho$ . Уменьшение соотношения  $S/\sigma$  или возрастание значения  $\rho$  свидетельствует о повышении точности прогнозирования.

Качество методики устанавливается по величине  $S/\sigma$  или  $\rho$  (табл. 1.1).

Таблица 1.1 Показатели качества методики при  $n \geq 25$

Категория качества методики	$S/\sigma$	$\rho$	Обеспеченность допустимой погрешности прогноза, %
Хорошая	$\leq 0,5$	$\geq 0,87$	$\geq 82$
Удовлетворительная	0,51-0,80	0,86-0,60	81-60

Примечание. При числе членов ряда  $n < 15$  табличные значения  $S/\sigma$  уменьшаются на 0,1, а при  $15 < n < 25$  на 0,05.

Оценка применимости и качеств методик прогнозов времени наступления гидрологических явлений производится в зависимости от даты выпуска прогноза:

- а) при выпуске прогнозов раньше самой ранней даты наступления явления – по отношению  $S/\sigma$ ;
- б) при выпуске прогнозов на дату в пределах многолетней амплитуды наступления явления - по соотношению  $S/\sigma_c$  где -  $\sigma_c$  среднее квадратическое отклонение в пределах сокращенной амплитуды (от даты составления прогноза до самой поздней даты явления);
- в) методики, не имеющие фиксированной даты составления прогноза, оцениваются по средней квадратической погрешности проверочных прогнозов в зависимости от допустимой погрешности данного метода (табл. 1.2).

Таблица 1.2 Показатели качества методики прогноза дат

Оценка методики	Допустимая погрешность, сут.						
	1	2	3	4	5	6	7
Хорошая при $S \leq$	0,7	1,5	2,2	3,0	3,7	4,5	5,2
Удовлетворительная при $S \leq$	1,2	2,4	3,6	4,8	5,9	7,1	8,2

Оценка методик краткосрочных гидрологических прогнозов, использующих прогнозы элементов погоды (температура воздуха, скорость ветра и др.), производится по фактическим значениям метеорологических величин. Методика считается приемлемой для выпуска прогнозов, если погрешность проверочных прогнозов в 85 % случаев из их общего числа не превышает допустимую. Допустимая погрешность назначается исходя из средней заблаговременности прогнозов времени наступления осенних (4 сут.) и весенних (6 сут.) явлений.

Оценка точности может не совпадать с оценкой тесноты связи через коэффициент корреляции. Например, связь между соответственными уровнями двух постов реки может характеризоваться высоким коэффициентом корреляции, а отношение  $S/\sigma_{\Delta}$  близко к единице.

В этом случае методика не дает выигрыш, а по сравнению с прогнозом по среднему изменению уровня на нижнем посту за период заблаговременности прогноза.

Высокое значение коэффициента корреляции может иметь место при наличии систематических ошибок в сторону завышения или занижения.

Анализ ошибок прогнозирования может быть проведен путем построения кривых обеспеченности погрешностей прогнозов и отклонений предсказываемой величины от нормы. На основе сопоставления этих кривых можно установить преимущество, которое дают прогнозы по методике в сравнении с прогнозом по норме.

### Глава 3. Расчет снеготпасов.

#### 3.1 Расчет запаса воды в снеге

Для расчета запасов воды в снеге нам необходимы метеостанции со следующими данными:

1. Координаты станций с данными (широта и долгота);
2. Значения запаса воды (мм) в снежном покрове.
3. Число дней со снежным покровом, даты появления и схода снежного покрова, образования и разрушения устойчивого снежного покрова за период 1977-2008 гг.
4. Декадные значения средней температуры воздуха  $^{\circ}\text{C}$  за период 1977-2008 гг.
5. Сумма декадных значений осадков (мм) за период 1977-2008 гг.

Таблица 2- данные по метеостанциям.

№ п/п	индекс ВМО	название станции	Координаты, град		данные за период
			широта	долгота	
1	36870	Алматы	43.18139	76.96583	1977-2008
2	35078	Атбасар	51.84194	68.36361	1977-2008
3	35796	Балхаш	46.80583	75.04861	1977-2008
4	36859	Жаркент	44.16250	80.04583	1977-2008
5	36665	Зайсан	47.48417	84.88694	1977-2008
6	35394	Караганда	49.81917	73.14972	1977-2008
7	28952	Костанай	53.23694	63.74111	1977-2008
8	35576	Кызыл Жар	69.65000	48.30000	1977-2008
9	35406	Тайпак	49.02917	51.83472	1977-2008
10	35108	Уральск	51.25694	51.29000	1977-2008
11	36729	Уч арал	80.93000	46.16000	1977-2008

### 1. Координаты станций.

Для анализа спутниковых данных с наблюдениями на метеостанциях необходимы координаты станций широта и долгота в градусах, переводим градусы, минуты и секунды в градусы с точность до пяти знаков после запятой, для расчеты мы использовали программу Excel.

### 2. Значения запаса воды в снежном покрове (мм).

Значения запаса воды (мм) в снежном покрове рассчитаны непосредственно по данным снегомерных съемок в последний день декады за период 1977-2008гг. рассчитаны с помощью программы Excel.(приложение 1).

### 3. Период образования и схода снежного покрова.

Число дней со снежным покровом, даты появления и схода снежного покрова, образования и разрушения устойчивого снежного покрова за период 1977-2008 гг.

4. Декадные значения средней температуры воздуха  $^{\circ}\text{C}$  за период 1977-2008гг.

Среднедекадные значения температуры мы получили путем сложения средней температуры воздуха за каждые сутки и поделив получившуюся сумму на десять, т.е. количество дней в декаде. На каждый год у нас получилось 36 декад, а за период с 1977 по 2008 год получили 1152 декады для каждой метеостанции.

5. Сумма декадных значений осадков (мм) за период 1977-2008 год.

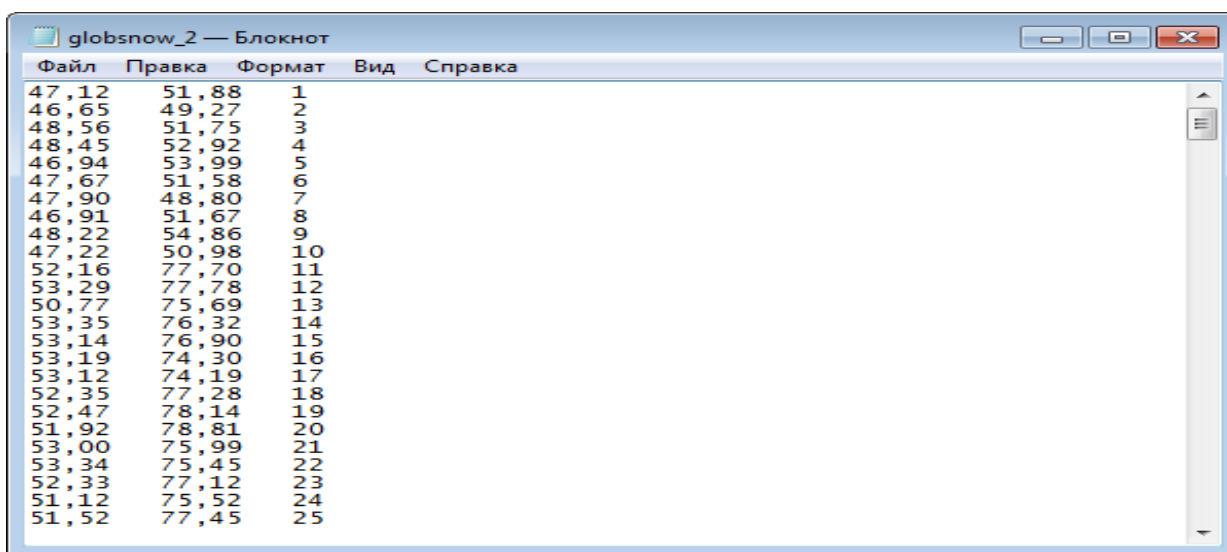
Сумму осадков за каждую декаду мы получили, сложив количество осадков за каждые десять суток. За каждый год у нас получилось 36 декад, а за весь период 1152 декады.

Все расчеты мы делали с помощью программы Excel. Результаты расчетов представлены в приложении.

Привязка данных ежедневных спутниковых запасов воды в снеге (SWE) к метеостанциям Казахстана.

Для этого нам необходимо знать:

1. Координаты метеорологических станций (широта и долгота), файл с расширением txt. globsnow\_2 рисунок 3.



Файл	Правка	Формат	Вид	Справка
47,12	51,88	1		
46,65	49,27	2		
48,56	51,75	3		
48,45	52,92	4		
46,94	53,99	5		
47,67	51,58	6		
47,90	48,80	7		
46,91	51,67	8		
48,22	54,86	9		
47,22	50,98	10		
52,16	77,70	11		
53,29	77,78	12		
50,77	75,69	13		
53,35	76,32	14		
53,14	76,90	15		
53,19	74,30	16		
53,12	74,19	17		
52,35	77,28	18		
52,47	78,14	19		
51,92	78,81	20		
53,00	75,99	21		
53,34	75,45	22		
52,33	77,12	23		
51,12	75,52	24		
51,52	77,45	25		



Рисунок 3. Окно с координатами метеорологических станций. Первая колонка – широта, вторая – долгота, третья – номер станции по порядку.

Спутниковые ежедневные данные запасов воды в снеге с координатной сеткой. Файл с расширением

GlobSnow\_SWE\_L3A\_20000101\_v2.0.nc.xyz.xyw (рисунок 4).

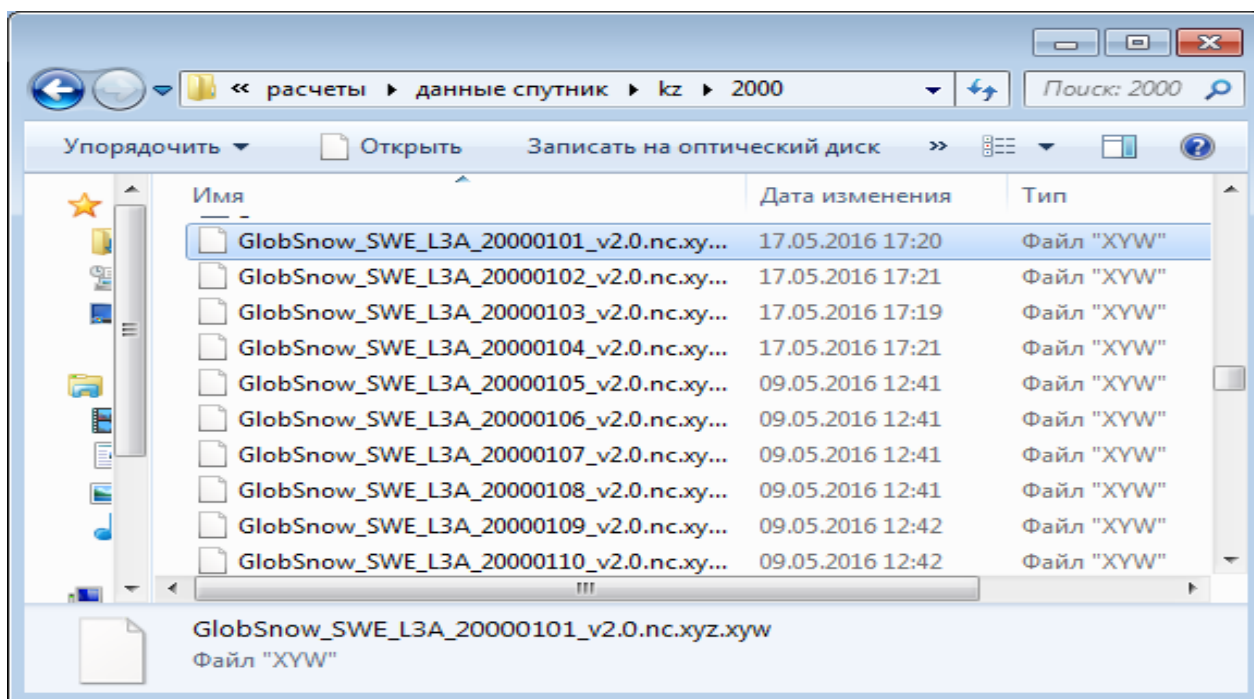


Рисунок 4. Окно с файлами ежедневных спутниковых данных.

2. С помощью программы 7 Rap (рисунок 5) совмещаем спутниковые данные с координатами метеорологических станций, в результате получаем ежедневные спутниковые запасы воды в снеге (SWE).

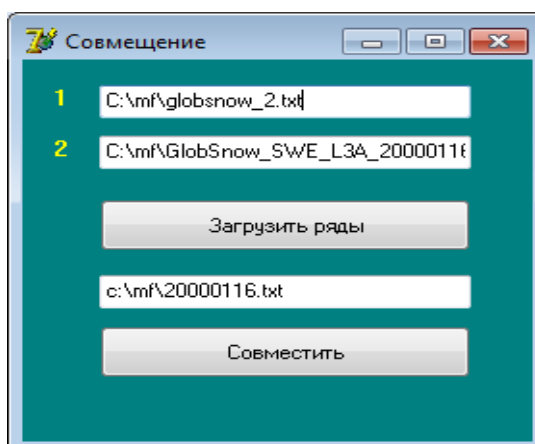
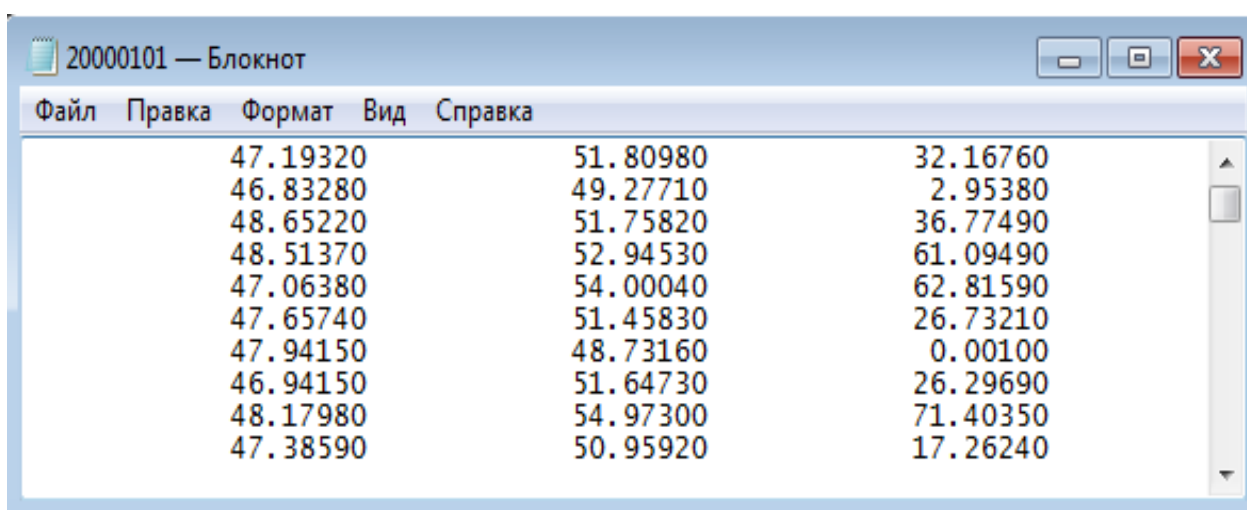


Рисунок 5.

Для этого в окно 1 загружаем файл: globsnow\_2 с порядковым номером метеорологической станции и координатами. В окно номер два прописываем путь папки с координатами спутниковых данных и ежедневных данных запасов воды. Далее в окне номер три прописываем путь сохранения конечной папки с расширением txt, с данными уже совмещенных с координатами станций. Затем нажимаем кнопку загрузить ряды, далее совместить.

В результате получаем ежедневные данные с координатами метеостанций и запасами воды в слое снега, рисунок 6.

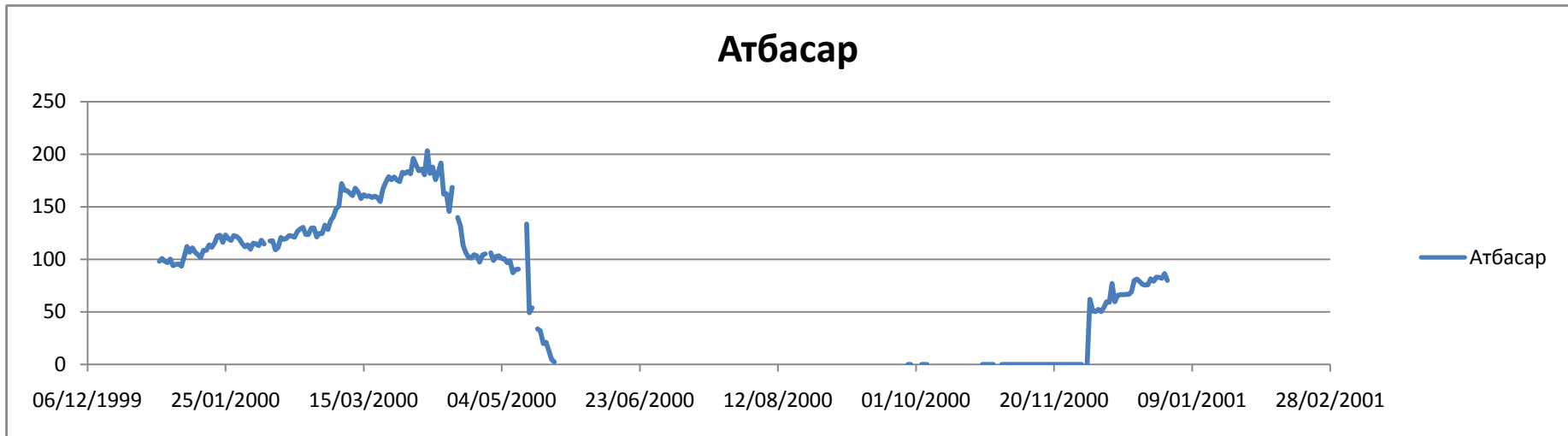


The image shows a Notepad window titled "20000101 — Блокнот". The window contains a table with three columns of numerical data. The data is as follows:

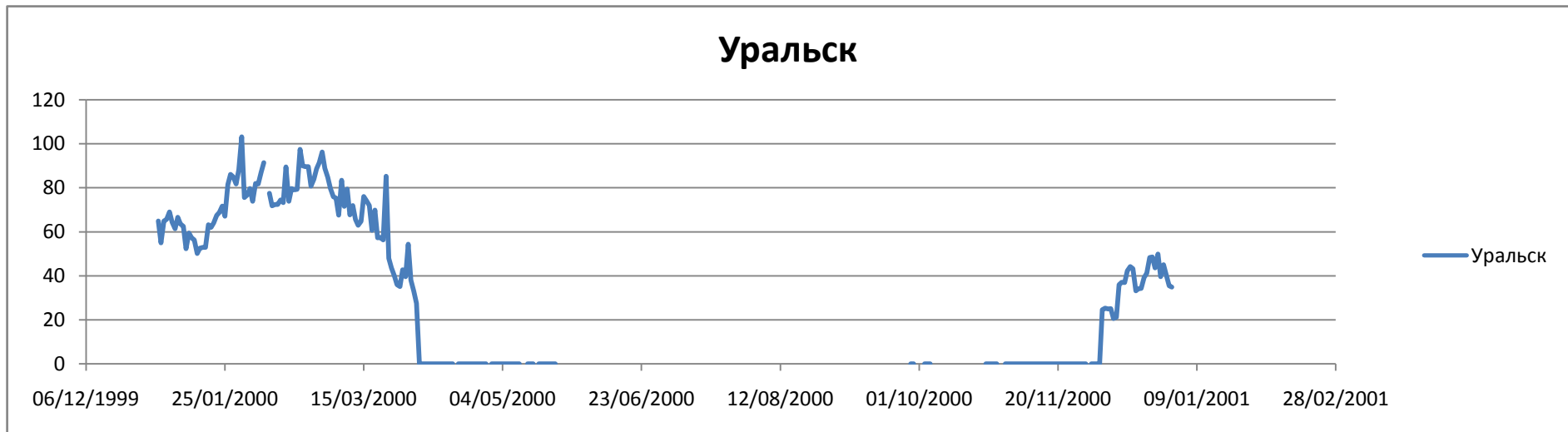
47.19320	51.80980	32.16760
46.83280	49.27710	2.95380
48.65220	51.75820	36.77490
48.51370	52.94530	61.09490
47.06380	54.00040	62.81590
47.65740	51.45830	26.73210
47.94150	48.73160	0.00100
46.94150	51.64730	26.29690
48.17980	54.97300	71.40350
47.38590	50.95920	17.26240

*Рисунок 6. Окно с совмещенными координатами и запасами воды в снеге.*

Получив файлы с ежедневными данными с расширением txt, мы их конвертируем в формат Excel. Далее формируем годовой файл с ежедневными данными запасов воды для каждой станции, в результате стоим график накопления и расхода воды в слое снега. Рисунок 7.



*Рисунок 7. График с ежедневными запасами воды в слое снега за 2000 год.*



## Выводы

В данной выпускной квалификационной работе мы изучили формирования и распределения снежного покрова по территории Казахстана, определение запаса снега в последние месяцы зимы, перед началом снеготаяния в пределах речных бассейнов.

Актуальность использования спутниковых измерений пассивного СВЧ-излучения связана с тремя принципиально важными их преимуществами.

### 1. Универсальность.

Данные измерений уходящего микроволнового излучения могут быть использованы для дистанционной индикации параметров атмосферы, подстилающей поверхности, верхнего слоя грунта и снежного покрова (в зависимости от выбора частот зондирования);

### 2. Всепогодность.

На длинах волн порядка нескольких сантиметров и более облака практически не влияют на перенос микроволнового излучения;

### 3. Высокое пространственно-временное разрешение наблюдений.

Существенным недостатком спутниковых наблюдений являются неточности восстановленных данных, связанные с влиянием растительности и расчлененности рельефа, с характером снежной толщи – слоистостью, наличием воды и ледяных прослоек, величиной зерна и пороговой мощностью снежного покрова.

Были выполнены следующие задачи:

Основной задачей данной работы является сравнение материалов спутникового зондирования с материалами маршрутных снегомерных съемок за 1977-2008 года на территории Республики Казахстан, для обоснования

возможности использования спутниковой информации. Для достижения основной цели решали следующие задачи:

1. Создали гидрометеорологическую базу ежедекадных данных с 1977 по 2008 гг. для 11 станций которая включает в себя:

- приземной температуры воздуха,
- осадков,
- материалы маршрутных снегомерных съемок,
- материалы спутникового зондирования (SWE) с 2000 по 2008 гг.

2. По декадным значениям температуры, осадков и измеренных запасов воды в снеге выполнили параметризацию модели формирования снегозапасов для 11 станций.

3. Для 286 станций выполнен подбор ежедневных запасов воды в снеге по данным спутникового анализа.

4. Выполнена анимация процессов накопления и убывания воды в снеге.

## Список используемой литературы.

1. Абдакимов, А. История Казахстана (с древнейших времен до наших дней) [Текст] / А. Абдакимов. — Алматы, 2002. — 356 с.
2. Бейсенова, А. В. Физическая география Казахстана [Текст] / А. В. Бейсенова, К. М. Карпеков. — Алма-Ата: Атамур, 2011. — 368 с.
3. Кислов А.В. Связь границы снежного покрова на континентах с температурой и влажностью воздуха // Метеорология и гидрология, 1994, № 8, с. 52–56.
4. Георгиевский Ю.М. Гидрологические прогнозы / Ю.М. Георгиевский, С.В. Шаночкин. – СПб.: Изд-во РГГМУ, 2007.– 436 с.
5. Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации – мировой центр данных ГБУ «ВНИИГМИ-МЦД». – [электронный ресурс]. – М., 2017, - режим доступа: <http://meteo.ru/data/162-temperature-precipitation#доступ-к-данным>.
6. Шарков Е.А. Пассивное микроволновое зондирование Земли: прошлое, настоящее и планы на будущее // Современные проблемы дистанционного зондирования из космоса: Сб. М., Полиграф сервис, 2004, с. 70–80.
7. Кучмент Л.С., Романов П.Ю., Гельфан А.Н., Демидов В.Н. Оценка характеристик снежного покрова путем совместного использования моделей и спутниковой информации // Исследование Земли из космоса. 2009. № 4. С. 1–10.
8. Исаченко, А. Г. Основы ландшафтоведения и физико-географическое районирование [Текст] / А. Г. Исаченко. — М., 1965. — 468 с.
9. Климанов, В. В. География в таблицах [Текст] / В. В. Климанов, О. А. Климанова. — М.: Университет, 1997. — 126 с.
10. Физическая география России и стран бывшего СССР. – [Электронный ресурс]. — М., 2004. – Режим доступа: [www.ecosystema.ru/08nature/world/geoussr/index.html](http://www.ecosystema.ru/08nature/world/geoussr/index.html) – 14.06.2017.

Алматы

kf = 0.49     $\sum |\delta t| = 115$   
 kt = 4.60

Расчет декадных запасов воды в снеге

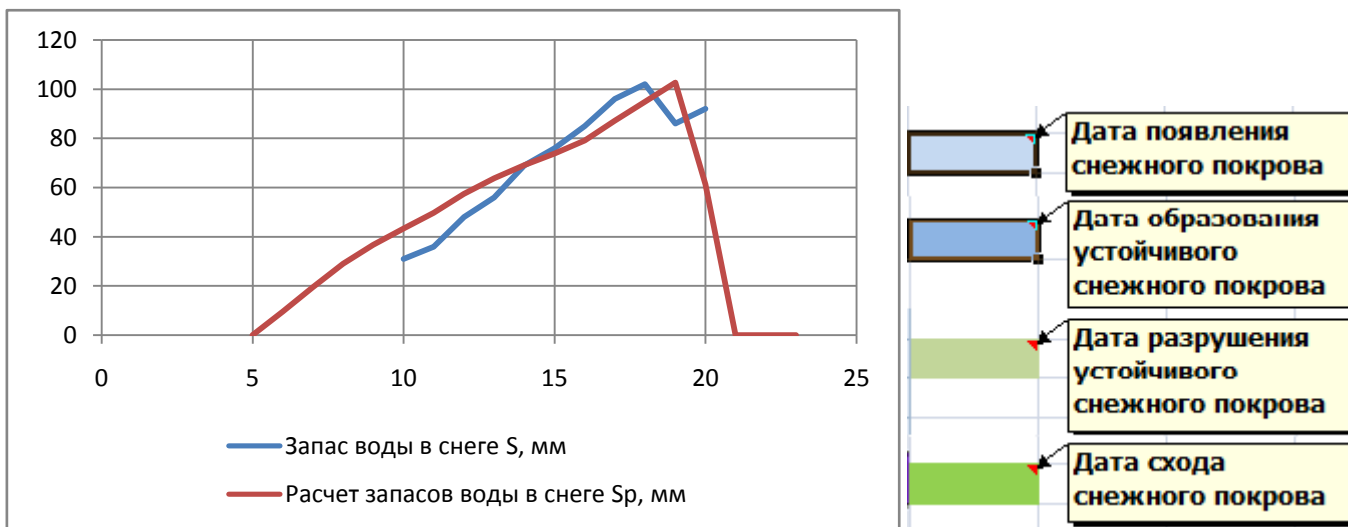
Приложение 1

Расчет запасов воды  
в снеге Sp, мм

$|\delta t|$

		декада		Запас воды в снеге S, мм	T, °C	X, мм	№ декада	Запас воды в снеге S, мм	T, °C	X, мм	Tмакс, оC	Расчет запасов воды в снеге Sp, мм		$ \delta t $
январь	I	1	1	56	-4.0	13.0	1	25	19.4	5.4				
		2	2	69	-5.5	10.7	2	26	18.3	7.2				
		3	3	76	-6.1	9.6	3	27	15.3	12.3				
февраль	II	1	4	85	-3.4	11.1	4	28	12.6	19.3				
		2	5	96	-3.7	16.3	5	29	0	9.4	19.6	0	0	0.0
		3	6	102	-2.4	15.6	6	30	7.8	19.3	0	9.4		
март	III	1	7	86	0.2	16.0	7	31	5.7	20.5	0.0	19.5		
		2	8	92	1.8	26.6	8	32	2.9	19.4	0	29.0		
		3	9	.	6.8	29.6	9	33	-0.6	15.6	0	36.7		
апрель	IV	1	10	.	8.6	32.3	10	34	31	-1.5	13.5	0	43.4	12.4
		2	11	.	12.3	34.5	11	35	36	-2.6	12.8	0	49.6	13.6
		3	12	.	13.6	36.7	12	36	48	-3.5	15.8	0	57.4	9.4
май	V	1	13	.	14.9	34.6	13	1	56	-4.0	13.0	0	63.8	7.8
		2	14	.	16.5	37.7	14	2	69	-5.5	10.7	0	69.0	0.0
		3	15	.	18.0	34.9	15	3	76	-6.1	9.6	0	73.7	2.3
июнь	VI	1	16	.	19.9	27.6	16	4	85	-3.4	11.1	0	79.1	5.9
		2	17	.	21.3	17.3	17	5	96	-3.7	16.3	0	87.1	8.9
		3	18	.	23.5	17.3	18	6	102	-2.4	15.6	0	94.8	7.2
июль	VII	1	19	.	23.9	11.5	19	7	86	0.2	16.0	0	102.6	16.6
		2	20	.	24.0	16.5	20	8	92	1.8	26.6	11.8	61.2	30.8
		3	21	.	23.6	14.8	21	9		6.8	29.6	16.5	0.0	
август	VIII	1	22	.	23.7	11.0	22	10		8.6	32.3	18.2	0.0	
		2	23	.	23.3	8.7	23	11	0	12.3	34.5	21.6	0.0	0.0

сентябрь IX	3	24		21.6	7.6	24	12	13.6	36.7
	1	25		19.4	5.4	25	13	14.9	34.6
	2	26		18.3	7.2	26	14	16.5	37.7
октябрь X	3	27		15.3	12.3	27	15	18.0	34.9
	1	28	.	12.6	19.3	28	16	19.9	27.6
	2	29	.	9.4	19.6	29	17	21.3	17.3
ноябрь XI	3	30	.	7.8	19.3	30	18	23.5	17.3
	1	31	.	5.7	20.5	31	19	23.9	11.5
	2	32	.	2.9	19.4	32	20	24.0	16.5
декабрь XII	3	33	.	-0.6	15.6	33	21	23.6	14.8
	1	34	31	-1.5	13.5	34	22	23.7	11.0
	2	35	36	-2.6	12.8	35	23	23.3	8.7
	3	36	48	-3.5	15.8	36	24	21.6	7.6





kf = 0.87

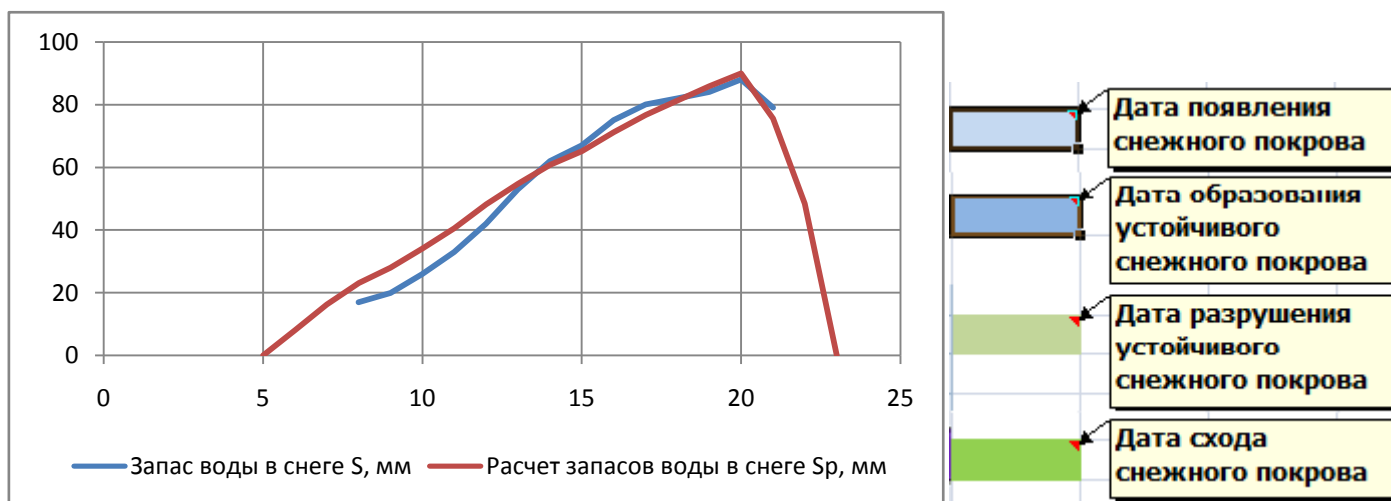
$\sum |\delta I| = 56$

kt = 3.70

**Атбасар**  
**Расчет декадных запасов воды в снеге**

		декада	Запас воды в снеге S, мм	T, °C	X, мм	№	декада	Запас воды в снеге S, мм	T, °C	X, мм	T макс, оС	Расчет запасов воды в снеге Sp, мм	δI		
январь	I	1	1	53	-16.0	7.5	1	25	14.5	4.6					
		2	2	62	-16.6	6.9	2	26	12.1	8.1					
		3	3	67	-17.1	5.1	3	27	8.8	8.7					
февраль	II	1	4	75	-15.6	6.9	4	28	6.3	7.3					
		2	5	80	-16.6	6.4	5	29	0	3.9	7.3	0	0	0.0	
		3	6	82	-14.9	5.2	6	30		1.1	9.2	0	8.1		
март	III	1	7	84	-12.3	5.2	7	31	-3.4	9.4	0.0		16.2		
		2	8	88	-10.9	4.9	8	32	17	-6.6	7.8	0		23.0	6.0
		3	9	79	-5.3	5.8	9	33	20	-10.4	5.7	0		28.0	8.0
апрель	IV	1	10	.	-1.4	6.6	10	34	26	-12.2	7.0	0		34.1	8.1
		2	11	.	4.6	5.9	11	35	33	-13.2	7.5	0		40.6	7.6
		3	12	.	8.6	10.0	12	36	42	-15.5	8.7	0		48.2	6.2
май	V	1	13		10.9	9.7	13	1	53	-16.0	7.5	0		54.7	1.7
		2	14		13.6	9.2	14	2	62	-16.6	6.9	0		60.7	1.3
		3	15		14.7	10.7	15	3	67	-17.1	5.1	0		65.2	1.8
июнь	VI	1	16		16.6	15.3	16	4	75	-15.6	6.9	0		71.2	3.8
		2	17		19.5	8.9	17	5	80	-16.6	6.4	0		76.7	3.3
		3	18		20.6	15.6	18	6	82	-14.9	5.2	0		81.3	0.7
июль	VII	1	19		20.5	18.2	19	7	84	-12.3	5.2	0		85.9	1.9
		2	20		20.2	13.1	20	8	88	-10.9	4.9	0.1		90.0	2.0
		3	21		20.2	14.5	21	9	79	-5.3	5.8	5.3		75.6	3.4

август	VIII	1	22		19.3	10.7	22	10	0	-1.4	6.6	8.9	48.4	0.0		
		2	23		18.4	9.3	23	11			4.6	5.9			14.5	0.0
		3	24		16.3	9.3	24	12			8.6	10.0				
сентябрь	IX	1	25		14.5	4.6	25	13		10.9	9.7					
		2	26		12.1	8.1	26	14		13.6	9.2					
		3	27		8.8	8.7	27	15		14.7	10.7					
октябрь	X	1	28		6.3	7.3	28	16		16.6	15.3					
		2	29	.	3.9	7.3	29	17		19.5	8.9					
		3	30	.	1.1	9.2	30	18		20.6	15.6					
ноябрь	XI	1	31	.	-3.4	9.4	31	19		20.5	18.2					
		2	32	17	-6.6	7.8	32	20		20.2	13.1					
		3	33	20	-10.4	5.7	33	21		20.2	14.5					
декабрь	XII	1	34	26	-12.2	7.0	34	22		19.3	10.7					
		2	35	33	-13.2	7.5	35	23		18.4	9.3					
		3	36	42	-15.5	8.7	36	24		16.3	9.3					



kf = 0.52

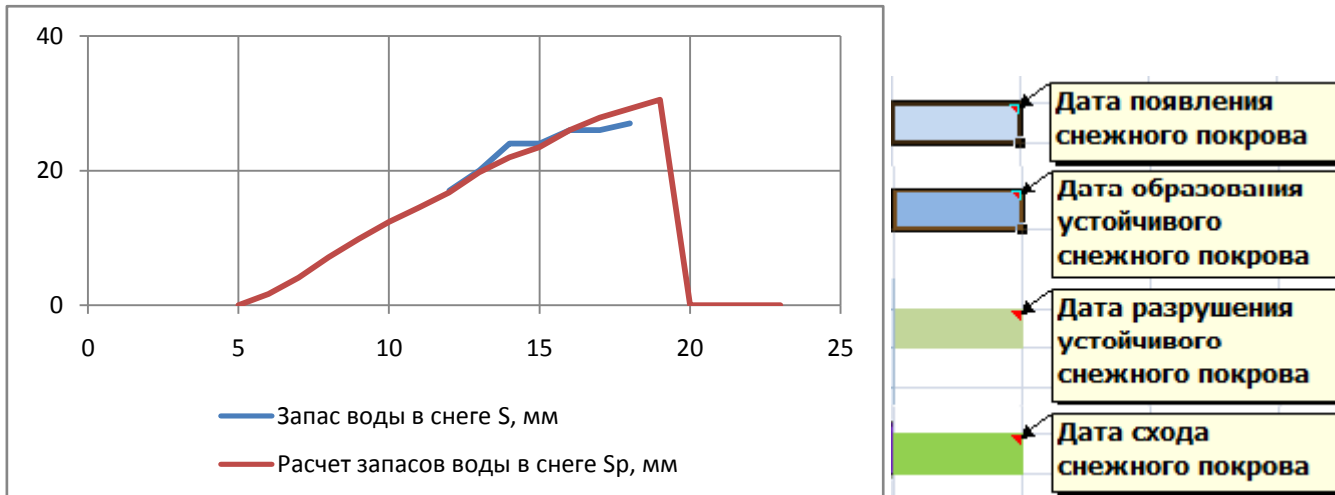
$\sum |\delta i| = 14$

kt = 7.50

**Балхаш**  
**Расчет запасов воды в снеге**

		декада		Запас воды в снеге S, мм	T, °C	X, мм	№	декада		Запас воды в снеге S, мм	T, °C	X, мм	Tмакс, °C	Расчет запасов воды в снеге Sp, мм	δi
январь	I	1	1	20	-12.4	5.7	1	25			18.0	0.6			
		2	2	24	-13.9	4.2	2	26			16.1	1.6			
		3	3	24	-15.0	2.9	3	27			12.9	1.1			
февраль	II	1	4	26	-12.4	4.8	4	28			10.1	2.7			
		2	5	26	-12.7	3.5	5	29			7.0	3.9	0	0	
		3	6	27	-11.1	2.5	6	30			4.4	3.2	0	1.7	
март	III	1	7	.	-8.0	2.5	7	31			1.8	4.6	0.0	4.1	
		2	8	.	-5.4	3.8	8	32	0		-1.5	5.8	0	7.1	7.1
		3	9	.	0.8	4.7	9	33			-5.4	5.2	0	9.8	
апрель	IV	1	10		4.3	3.9	10	34			-7.4	4.8	0	12.4	
		2	11		8.8	3.2	11	35			-9.5	4.0	0	14.5	
		3	12		11.6	3.8	12	36	17		-11.2	4.3	0	16.7	0.3
май	V	1	13		14.2	4.8	13	1	20		-12.4	5.7	0	19.7	0.3
		2	14		16.7	4.5	14	2	24		-13.9	4.2	0	21.9	2.1
		3	15		18.2	5.2	15	3	24		-15.0	2.9	0	23.5	0.5
июнь	VI	1	16		20.2	3.6	16	4	26		-12.4	4.8	0	26.0	0.0
		2	17		22.5	3.7	17	5	26		-12.7	3.5	0	27.9	1.9
		3	18		24.3	5.1	18	6	27		-11.1	2.5	0	29.2	2.2
июль	VII	1	19		24.6	3.4	19	7			-8.0	2.5	0	30.5	
		2	20		24.5	5.8	20	8	0		-5.4	3.8	5.2	0.0	0.0
		3	21		24.0	3.1	21	9			0.8	4.7	10.9	0.0	
август	VIII	1	22		23.6	3.3	22	10			4.3	3.9	14.2	0.0	
														50	

		2	23		22.8	2.8	23	11		8.8	3.2	18.4	0.0
		3	24		20.5	1.9	24	12		11.6	3.8		
сентябрь IX		1	25		18.0	0.6	25	13		14.2	4.8		
		2	26		16.1	1.6	26	14		16.7	4.5		
		3	27		12.9	1.1	27	15		18.2	5.2		
октябрь X		1	28		10.1	2.7	28	16		20.2	3.6		
		2	29		7.0	3.9	29	17		22.5	3.7		
		3	30		4.4	3.2	30	18		24.3	5.1		
ноябрь XI		1	31		1.8	4.6	31	19		24.6	3.4		
		2	32	.	-1.5	5.8	32	20		24.5	5.8		
		3	33	.	-5.4	5.2	33	21		24.0	3.1		
декабрь XII		1	34	.	-7.4	4.8	34	22		23.6	3.3		
		2	35	.	-9.5	4.0	35	23		22.8	2.8		
		3	36	17	-11.2	4.3	36	24		20.5	1.9		



kf = 0.48

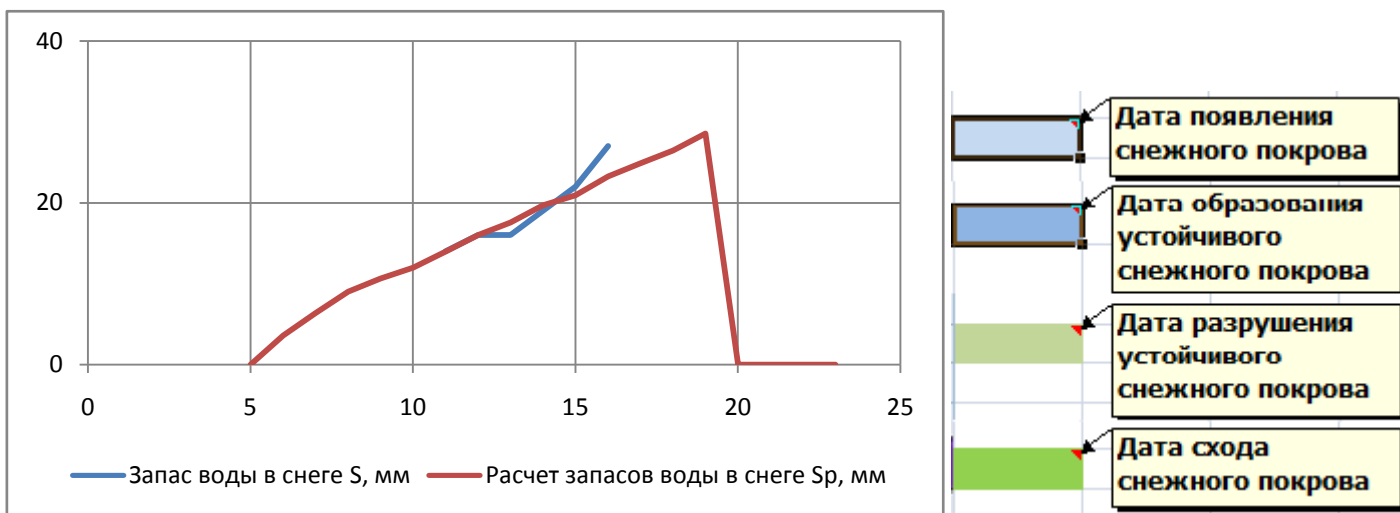
$\sum |\delta I| = 16$

kt = 3.87

**Жаркент**  
**Расчет декадных запасов воды в снеге**

		декада		Запас воды в снеге S, мм	T, °C	X, мм	№ декада	Запас воды в снеге S, мм	T, °C	X, мм	T <sub>макс</sub> , °C	Расчет запасов воды в снеге Sp, мм	δI	
январь	I	1	1	16	-5.7	3.3	1	25	16.3	5.4				
		2	2	19	-5.2	4.4	2	26	15.3	3.2				
		3	3	22	-4.0	2.6	3	27	13.0	4.4				
февраль	II	1	4	27	-2.2	4.9	4	28	9.7	5.0				
		2	5	.	0.1	3.4	5	29	6.8	3.2	0	0		
		3	6	.	2.0	3.3	6	30	4.4	7.5	0	3.6		
март	III	1	7	.	4.8	4.4	7	31	1.5	5.8	0.0	6.4		
		2	8	.	8.0	5.1	8	32	0.0	5.5	0	9.0	9.0	
		3	9	.	10.9	4.6	9	33	-3.0	3.4	0	10.7		
апрель	IV	1	10	.	13.9	6.3	10	34	-3.5	2.8	0	12.0		
		2	11	.	16.3	7.7	11	35	14	-5.3	4.1	0	14.0	0.0
		3	12	.	17.9	7.2	12	36	16	-5.5	4.3	0	16.0	0.0
май	V	1	13	.	18.8	6.4	13	1	16	-5.7	3.3	0	17.6	1.6
		2	14	.	20.5	8.5	14	2	19	-5.2	4.4	0	19.7	0.7
		3	15	.	21.5	6.6	15	3	22	-4.0	2.6	0	20.9	1.1
июнь	VI	1	16	.	22.6	8.9	16	4	27	-2.2	4.9	0	23.3	3.7
		2	17	.	23.3	10.6	17	5		0.1	3.4	0	24.9	
		3	18	.	24.8	5.9	18	6		2.0	3.3	0	26.5	
июль	VII	1	19	.	24.0	7.3	19	7		4.8	4.4	0	28.6	
		2	20	.	24.1	9.3	20	8	0	8.0	5.1	17.6	0.0	0.0
		3	21	.	23.3	6.2	21	9		10.9	4.6	20.3	0.0	

август	VIII	1	22	22.4	5.0	22	10	13.9	6.3	23.1	0.0
		2	23	20.9	3.2	23	11	16.3	7.7	25.3	0.0
		3	24	18.8	4.0	24	12	17.9	7.2		
сентябрь	IX	1	25	16.3	5.4	25	13	18.8	6.4		
		2	26	15.3	3.2	26	14	20.5	8.5		
		3	27	13.0	4.4	27	15	21.5	6.6		
октябрь	X	1	28	9.7	5.0	28	16	22.6	8.9		
		2	29	6.8	3.2	29	17	23.3	10.6		
		3	30	4.4	7.5	30	18	24.8	5.9		
ноябрь	XI	1	31	1.5	5.8	31	19	24.0	7.3		
		2	32	0.0	5.5	32	20	24.1	9.3		
		3	33	-3.0	3.4	33	21	23.3	6.2		
декабрь	XII	1	34	-3.5	2.8	34	22	22.4	5.0		
		2	35	14	-5.3	4.1	35	23	20.9	3.2	
		3	36	16	-5.5	4.3	36	24	18.8	4.0	



kf = 0.69

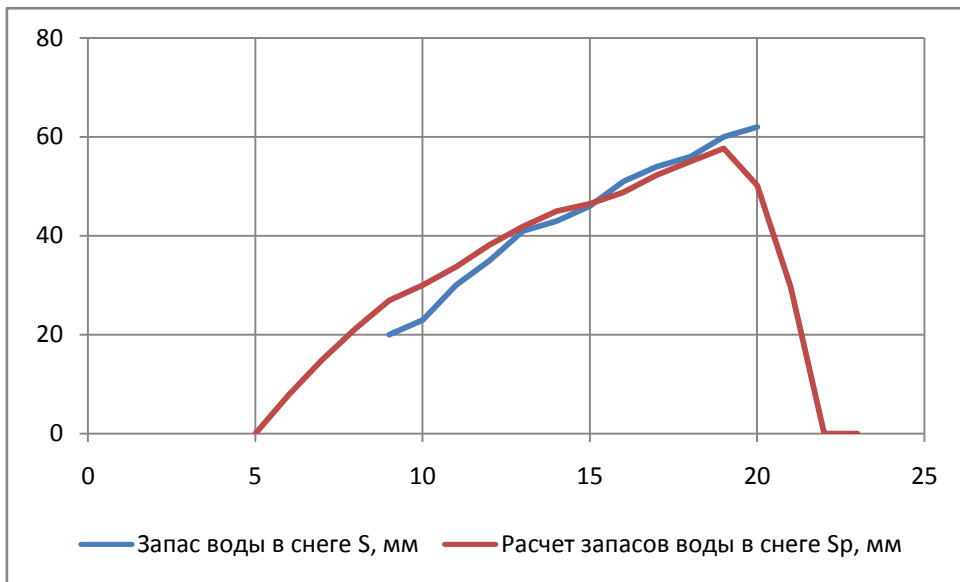
$\sum |\delta t| = 51$

kt = 2.66

**Зайсан**  
**Расчет запасов воды в снеге**

		декада		Запас воды в снеге S, мм	T, °C	X, мм	№	декада	Запас воды в снеге S, мм	T, °C	X, мм	T <sub>макс</sub> , оС	Расчет запасов воды в снеге Sp, мм	\delta t
январь	I	1	1	41	-15.5	5.4	1	25		18.0	10.5			
		2	2	43	-16.2	4.5	2	26		16.5	7.5			
		3	3	46	-17.7	2.2	3	27		13.3	11.1			
февраль	II	1	4	51	-14.7	3.4	4	28		10.4	10.4			
		2	5	54	-13.7	5.0	5	29		7.2	8.5	0	0	
		3	6	56	-12.1	4.0	6	30	0	4.0	11.5	0	7.9	7.9
март	III	1	7	60	-9.7	3.8	7	31		0.5	10.3	0.0	14.9	
		2	8	62	-6.7	4.4	8	32		-4.1	9.3	0	21.3	
		3	9	.	-0.6	7.5	9	33	20	-8.7	8.2	0	26.9	6.9
апрель	IV	1	10	.	3.9	10.1	10	34	23	-10.6	4.5	0	30.0	7.0
		2	11	.	8.9	8.6	11	35	30	-12.8	5.4	0	33.7	3.7
		3	12	.	11.6	7.9	12	36	35	-14.3	6.5	0	38.2	3.2
май	V	1	13	.	14.1	11.3	13	1	41	-15.5	5.4	0	41.8	0.8
		2	14	.	16.5	13.2	14	2	43	-16.2	4.5	0	45.0	2.0
		3	15	.	17.5	17.7	15	3	46	-17.7	2.2	0	46.5	0.5
июнь	VI	1	16	.	19.8	11.7	16	4	51	-14.7	3.4	0	48.8	2.2
		2	17	.	21.7	9.4	17	5	54	-13.7	5.0	0	52.2	1.8
		3	18	.	23.3	10.9	18	6	56	-12.1	4.0	0	55.0	1.0
июль	VII	1	19	.	23.5	16.6	19	7	60	-9.7	3.8	0	57.6	2.4
		2	20	.	24.1	12.6	20	8	62	-6.7	4.4	4.0	50.1	11.9
		3	21	.	23.0	19.5	21	9		-0.6	7.5	9.6	29.7	
август	VIII	1	22	.	23.1	7.9	22	10	0	3.9	10.1	13.8	0.0	0.0
		2	23	.	22.6	6.5	23	11		8.9	8.6	18.5	0.0	

сентябрь IX	3	24		20.5	9.2	24	12	11.6	7.9
	1	25		18.0	10.5	25	13	14.1	11.3
	2	26		16.5	7.5	26	14	16.5	13.2
октябрь X	3	27		13.3	11.1	27	15	17.5	17.7
	1	28		10.4	10.4	28	16	19.8	11.7
	2	29		7.2	8.5	29	17	21.7	9.4
ноябрь XI	3	30	.	4.0	11.5	30	18	23.3	10.9
	1	31	.	0.5	10.3	31	19	23.5	16.6
	2	32	.	-4.1	9.3	32	20	24.1	12.6
декабрь XII	3	33	20	-8.7	8.2	33	21	23.0	19.5
	1	34	23	-10.6	4.5	34	22	23.1	7.9
	2	35	30	-12.8	5.4	35	23	22.6	6.5
	3	36	35	-14.3	6.5	36	24	20.5	9.2





kf = 0.60

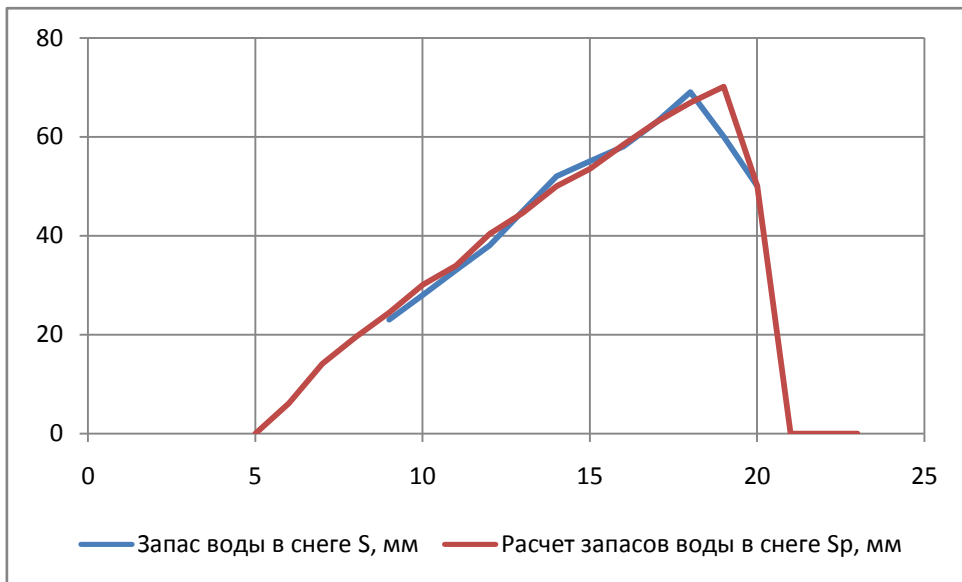
$\sum|\delta l| = 23$

kt = 8.82

**Караганда**  
**Расчет декадных запасов воды в снеге**

		декада		Запас воды в снеге S, мм	T, °C	X, мм	№	декада	Запас воды в снеге S, мм	T, °C	X, мм	Tмакс, оC	Расчет запасов воды в снеге Sp, мм	lδl
январь	I	1	1	45	-12.2	7.1	1	25		14.8	5.5			
		2	2	52	-13.5	9.0	2	26		12.8	7.4			
		3	3	55	-14.0	5.8	3	27		9.5	9.5			
февраль	II	1	4	58	-12.2	8.0	4	28		6.9	9.6			
		2	5	63	-13.2	7.6	5	29	0	4.4	8.9	0	0	0.0
		3	6	69	-12.1	6.4	6	30		1.9	10.1	0	6.1	
март	III	1	7	60	-9.4	5.4	7	31		-1.5	13.2	0.0	14.1	
		2	8	50	-8.0	6.5	8	32		-4.6	9.0	0	19.5	
		3	9	.	-2.2	7.3	9	33	23	-8.2	8.1	0	24.4	1.4
апрель	IV	1	10	.	1.2	7.0	10	34	28	-9.5	9.3	0	30.1	2.1
		2	11	.	6.4	9.9	11	35	33	-10.8	6.4	0	34.0	1.0
		3	12	.	9.1	9.2	12	36	38	-11.8	10.5	0	40.3	2.3
май	V	1	13		11.3	11.2	13	1	45	-12.2	7.1	0	44.6	0.4
		2	14		13.8	11.5	14	2	52	-13.5	9.0	0	50.0	2.0
		3	15		14.9	16.4	15	3	55	-14.0	5.8	0	53.5	1.5
июнь	VI	1	16		16.8	13.1	16	4	58	-12.2	8.0	0	58.4	0.4
		2	17		19.3	9.5	17	5	63	-13.2	7.6	0	63.0	0.0
		3	18		20.8	14.7	18	6	69	-12.1	6.4	0	66.9	2.1
июль	VII	1	19		20.9	11.3	19	7	60	-9.4	5.4	0	70.1	10.1
		2	20		20.5	21.5	20	8	50	-8.0	6.5	2.7	50.0	0.0
		3	21		20.1	15.8	21	9		-2.2	7.3	8.2	0.0	
август	VIII	1	22		19.9	12.2	22	10		1.2	7.0	11.3	0.0	
		2	23		19.0	7.5	23	11	0	6.4	9.9	16.1	0.0	0.0

сентябрь IX	3	24		16.5	8.0	24	12	9.1	9.2
	1	25		14.8	5.5	25	13	11.3	11.2
	2	26		12.8	7.4	26	14	13.8	11.5
октябрь X	3	27		9.5	9.5	27	15	14.9	16.4
	1	28		6.9	9.6	28	16	16.8	13.1
	2	29		4.4	8.9	29	17	19.3	9.5
ноябрь XI	3	30		1.9	10.1	30	18	20.8	14.7
	1	31	.	-1.5	13.2	31	19	20.9	11.3
	2	32	.	-4.6	9.0	32	20	20.5	21.5
декабрь XII	3	33	23	-8.2	8.1	33	21	20.1	15.8
	1	34	28	-9.5	9.3	34	22	19.9	12.2
	2	35	33	-10.8	6.4	35	23	19.0	7.5
	3	36	38	-11.8	10.5	36	24	16.5	8.0



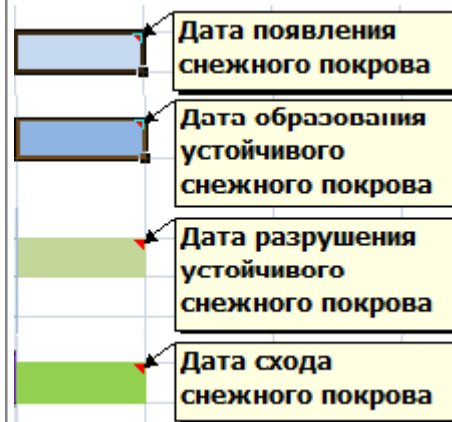
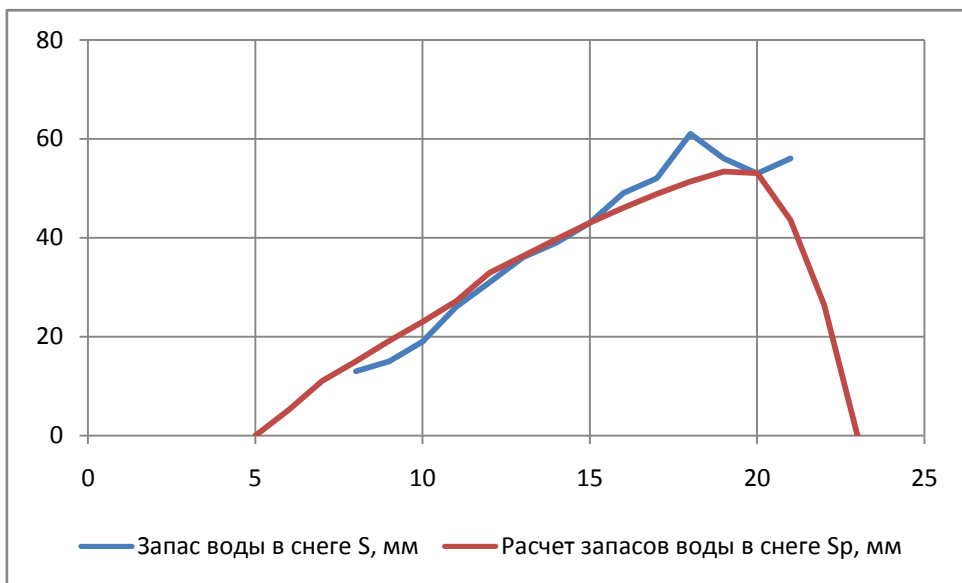
kf = 0.55     $\sum |\delta l| = 45$

kt = 2.19

**Костанай**  
**Расчет декадных запасов воды в снеге**

		декада		Запас воды в снеге S, мм	T, °C	X, мм	№ декада	Запас воды в снеге S, мм	T, °C	X, мм	T <sub>макс</sub> , оС	Расчет запасов воды в снеге Sp, мм	lδl	
январь	I	1	1	36	-15.6	6.1	1	25	13.6	9.8				
		2	2	39	-15.6	6.2	2	26	11.5	9.8				
		3	3	43	-16.3	6.0	3	27	8.2	7.6				
февраль	II	1	4	49	-15.8	5.6	4	28	5.6	10.5				
		2	5	52	-15.7	5.0	5	29	0	3.9	9.2	0	0	0.0
		3	6	61	-13.9	4.6	6	30		1.3	9.5	0	5.2	
март	III	1	7	56	-12.3	3.6	7	31		-3.7	10.6	0.0	11.1	
		2	8	53	-9.8	3.8	8	32	13	-6.3	7.2	0	15.0	2.0
		3	9	56	-4.6	6.4	9	33	15	-10.3	7.4	0	19.1	4.1
апрель	IV	1	10	.	-0.6	7.0	10	34	19	-12.4	7.2	0	23.1	4.1
		2	11		4.6	9.8	11	35	26	-12.5	7.4	0	27.2	1.2
		3	12		8.1	8.3	12	36	31	-14.7	10.5	0	33.0	2.0
май	V	1	13		10.3	10.4	13	1	36	-15.6	6.1	0	36.3	0.3
		2	14		12.4	10.2	14	2	39	-15.6	6.2	0	39.7	0.7
		3	15		13.9	11.4	15	3	43	-16.3	6.0	0	43.0	0.0
июнь	VI	1	16		16.0	12.7	16	4	49	-15.8	5.6	0	46.1	2.9
		2	17		18.6	10.0	17	5	52	-15.7	5.0	0	48.9	3.1
		3	18		20.0	17.4	18	6	61	-13.9	4.6	0	51.4	9.6
июль	VII	1	19		19.7	24.4	19	7	56	-12.3	3.6	0	53.4	2.6
		2	20		19.1	15.3	20	8	53	-9.8	3.8	1.1	53.1	0.1
		3	21		19.4	14.7	21	9	56	-4.6	6.4	5.9	43.6	12.4
август	VIII	1	22		18.4	16.7	22	10		-0.6	7.0	9.6	26.4	
		2	23		17.2	9.7	23	11	0	4.6	9.8	14.5	0.0	0.0

сентябрь IX	3	24		15.6	10.7	24	12	8.1	8.3
	1	25		13.6	9.8	25	13	10.3	10.4
	2	26		11.5	9.8	26	14	12.4	10.2
октябрь X	3	27		8.2	7.6	27	15	13.9	11.4
	1	28	.	5.6	10.5	28	16	16.0	12.7
	2	29	.	3.9	9.2	29	17	18.6	10.0
ноябрь XI	3	30	.	1.3	9.5	30	18	20.0	17.4
	1	31	.	-3.7	10.6	31	19	19.7	24.4
	2	32	13	-6.3	7.2	32	20	19.1	15.3
декабрь XII	3	33	15	-10.3	7.4	33	21	19.4	14.7
	1	34	19	-12.4	7.2	34	22	18.4	16.7
	2	35	26	-12.5	7.4	35	23	17.2	9.7
	3	36	31	-14.7	10.5	36	24	15.6	10.7



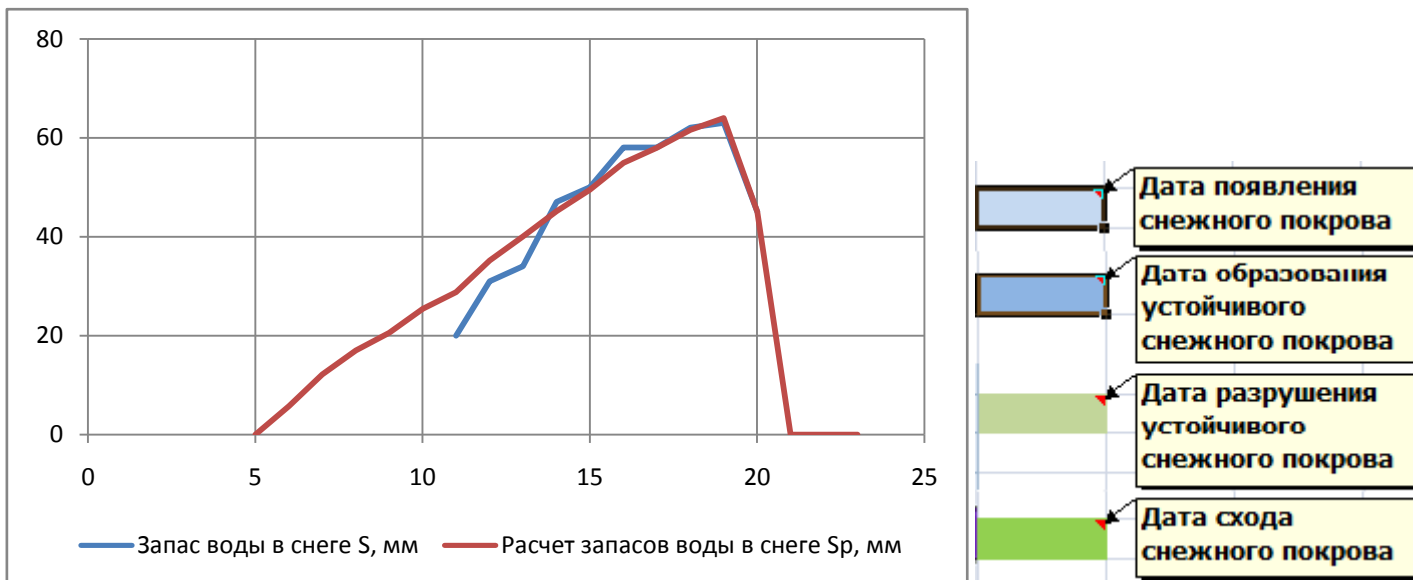
kf = 0.97     $\sum |\delta t| = 38$

kt = 7.90

**Кызыл жар**  
**Расчет декадных запасов воды в снеге**

		декада		Запас воды в снеге S, мм	T, °C	X, мм	№ декада	Запас воды в снеге S, мм	T, °C	X, мм	Tмакс, оC	Расчет запасов воды в снеге Sp, мм	δt	
январь	I	1	1	34	-13.2	5.0	1	25	17.0	1.5				
		2	2	47	-15.4	5.3	2	26	14.9	2.8				
		3	3	50	-15.8	4.4	3	27	11.4	1.9				
февраль	II	1	4	58	-13.1	5.7	4	28	8.2	4.1				
		2	5	58	-15.0	3.2	5	29	5.5	3.5	0	0		
		3	6	62	-13.1	3.7	6	30	3.0	6.0	0	5.8		
март	III	1	7	63	-10.5	2.5	7	31	0.1	6.6	0.0	12.1	12.1	
		2	8	45	-7.9	3.5	8	32	-3.1	5.0	0	17.0		
		3	9	.	-1.7	4.8	9	33	-7.4	3.7	0	20.6		
апрель	IV	1	10	.	3.1	3.8	10	34	-9.0	5.0	0	25.4		
		2	11	.	8.9	5.4	11	35	20	-11.6	3.5	0	28.8	8.8
		3	12	.	11.8	4.5	12	36	31	-12.7	6.6	0	35.2	4.2
май	V	1	13	.	13.8	5.3	13	1	34	-13.2	5.0	0	40.0	6.0
		2	14	.	16.0	7.6	14	2	47	-15.4	5.3	0	45.2	1.8
		3	15	.	17.6	7.7	15	3	50	-15.8	4.4	0	49.5	0.5
июнь	VI	1	16	.	19.6	6.4	16	4	58	-13.1	5.7	0	55.0	3.0
		2	17	.	22.1	5.6	17	5	58	-15.0	3.2	0	58.0	0.0
		3	18	.	23.7	7.0	18	6	62	-13.1	3.7	0	61.6	0.4
июль	VII	1	19	.	23.9	6.7	19	7	63	-10.5	2.5	0	64.0	1.0
		2	20	.	23.6	6.6	20	8	45	-7.9	3.5	2.8	45.0	0.0
		3	21	.	23.3	4.9	21	9		-1.7	4.8	8.6	0.0	
август	VIII	1	22	.	22.9	5.4	22	10	0	3.1	3.8	13.1	0.0	0.0
		2	23	.	21.8	4.2	23	11		8.9	5.4	18.5	0.0	
		3	24	.	19.2	3.1	24	12		11.8	4.5			

сентябрь IX	1	25		17.0	1.5	25	13	13.8	5.3
	2	26		14.9	2.8	26	14	16.0	7.6
	3	27		11.4	1.9	27	15	17.6	7.7
октябрь X	1	28		8.2	4.1	28	16	19.6	6.4
	2	29		5.5	3.5	29	17	22.1	5.6
	3	30		3.0	6.0	30	18	23.7	7.0
ноябрь XI	1	31	.	0.1	6.6	31	19	23.9	6.7
	2	32	.	-3.1	5.0	32	20	23.6	6.6
	3	33	.	-7.4	3.7	33	21	23.3	4.9
декабрь XII	1	34	.	-9.0	5.0	34	22	22.9	5.4
	2	35	20	-11.6	3.5	35	23	21.8	4.2
	3	36	31	-12.7	6.6	36	24	19.2	3.1



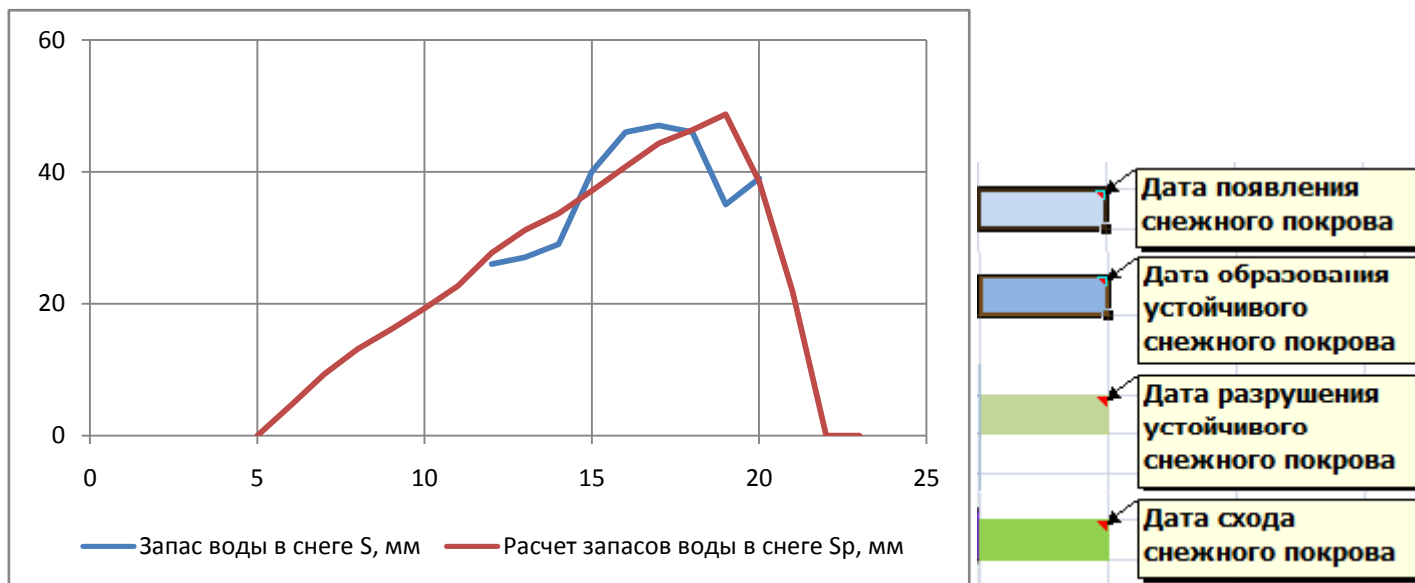
kf = 0.62     $\sum |\delta I| = 49$

kt = 1.61

**Тайпак**  
**Расчет запасов воды в снеге**

		декада		Запас воды в снеге S, мм	T, °C	X, мм	№	декада	Запас воды в снеге S, мм	T, °C	X, мм	Tмакс, оС	Расчет запасов воды в снеге Sp, мм	δI
январь	I	1	1	27	-8.5	5.5	1	25		19.8	2.0			
		2	2	29	-9.1	4.1	2	26		16.3	5.6			
		3	3	40	-10.1	5.6	3	27		13.8	5.6			
февраль	II	1	4	46	-9.9	5.9	4	28		10.5	4.7			
		2	5	47	-9.7	5.8	5	29		8.2	4.7	0	0	
		3	6	46	-7.9	3.2	6	30		5.0	7.5	0	4.6	
март	III	1	7	35	-5.1	3.9	7	31		1.9	7.6	0.0	9.3	
		2	8	39	-2.6	3.5	8	32	0	-0.6	6.2	0	13.2	13.2
		3	9	.	2.0	4.4	9	33		-3.2	4.8	0	16.1	
апрель	IV	1	10		6.6	7.0	10	34		-5.4	5.2	0	19.3	
		2	11		10.3	6.0	11	35		-6.5	5.5	0	22.7	
		3	12		12.9	7.3	12	36	26	-8.2	8.1	0	27.7	1.7
май	V	1	13		15.0	6.5	13	1	27	-8.5	5.5	0	31.1	4.1
		2	14		17.3	5.3	14	2	29	-9.1	4.1	0	33.7	4.7
		3	15		19.8	4.1	15	3	40	-10.1	5.6	0	37.1	2.9
июнь	VI	1	16		21.6	7.0	16	4	46	-9.9	5.9	0	40.7	5.3
		2	17		24.0	4.0	17	5	47	-9.7	5.8	0	44.3	2.7
		3	18		24.4	6.1	18	6	46	-7.9	3.2	0	46.3	0.3
июль	VII	1	19		25.1	6.0	19	7	35	-5.1	3.9	0	48.7	13.7
		2	20		25.7	4.0	20	8	39	-2.6	3.5	7.7	38.5	0.5
		3	21		26.1	4.8	21	9		2.0	4.4	12.1	21.8	
август	VIII	1	22		24.9	6.7	22	10	0	6.6	7.0	16.3	0.0	0.0
		2	23		23.6	3.6	23	11		10.3	6.0	19.8	0.0	

сентябрь IX	3	24	22.0	4.1	24	12	12.9	7.3
	1	25	19.8	2.0	25	13	15.0	6.5
	2	26	16.3	5.6	26	14	17.3	5.3
октябрь X	3	27	13.8	5.6	27	15	19.8	4.1
	1	28	10.5	4.7	28	16	21.6	7.0
	2	29	8.2	4.7	29	17	24.0	4.0
ноябрь XI	3	30	5.0	7.5	30	18	24.4	6.1
	1	31	1.9	7.6	31	19	25.1	6.0
	2	32	-0.6	6.2	32	20	25.7	4.0
декабрь XII	3	33	-3.2	4.8	33	21	26.1	4.8
	1	34	-5.4	5.2	34	22	24.9	6.7
	2	35	-6.5	5.5	35	23	23.6	3.6
	3	36	-8.2	8.1	36	24	22.0	4.1





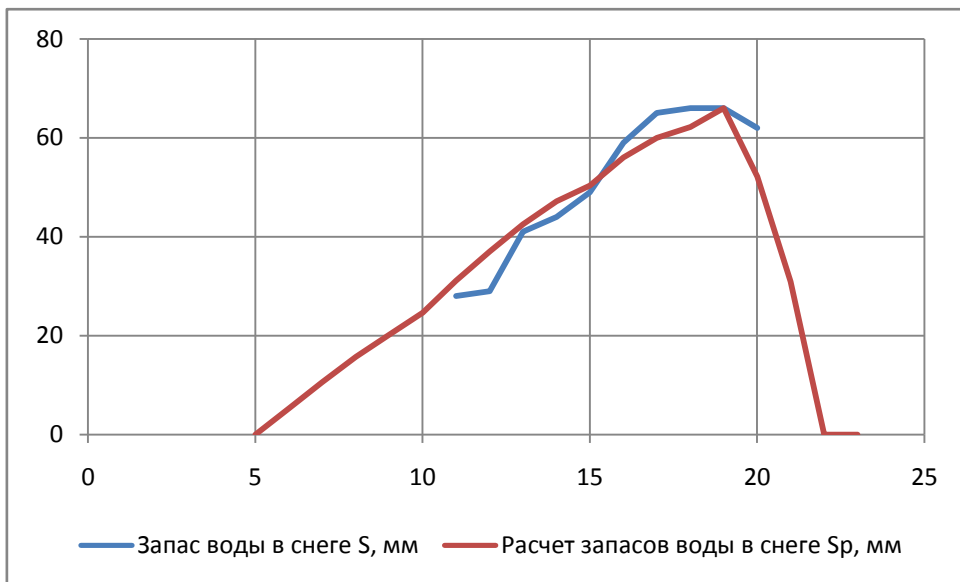
kf = 0.61     $\sum |\delta I| = 49$

kt = 2.41

**Уральск**  
**Расчет декадных запасов воды в снеге**

		декада		Запас воды в снеге S, мм	T, °C	X, мм	№ декада	Запас воды в снеге S, мм	T, °C	X, мм	Tмакс, оС	Расчет запасов воды в снеге Sp, мм	δI	
январь	I	1	1	41	-10.4	9.1	1	25	18.3	4.9				
		2	2	44	-10.7	7.7	2	26	15.0	9.0				
		3	3	49	-12.1	5.3	3	27	12.1	9.4				
февраль	II	1	4	59	-11.0	9.4	4	28	9.3	7.3				
		2	5	65	-10.8	6.5	5	29	7.3	12.3	0	0		
		3	6	66	-8.5	3.6	6	30	4.3	8.7	0	5.3		
март	III	1	7	66	-6.3	6.3	7	31	0.9	8.7	0.0	10.6	10.6	
		2	8	62	-3.8	3.8	8	32	-1.5	8.5	0	15.7		
		3	9	.	0.5	7.2	9	33	-4.8	7.3	0	20.2		
апрель	IV	1	10	.	4.5	6.1	10	34	-6.7	7.4	0	24.6		
		2	11	.	9.1	8.1	11	35	28	-8.1	10.7	0	31.1	3.1
		3	12	.	12.5	5.4	12	36	29	-9.5	9.7	0	37.0	8.0
май	V	1	13	.	14.8	7.5	13	1	41	-10.4	9.1	0	42.5	1.5
		2	14	.	16.7	7.6	14	2	44	-10.7	7.7	0	47.2	3.2
		3	15	.	18.9	7.5	15	3	49	-12.1	5.3	0	50.4	1.4
июнь	VI	1	16	.	20.3	10.4	16	4	59	-11.0	9.4	0	56.1	2.9
		2	17	.	22.6	9.7	17	5	65	-10.8	6.5	0	60.0	5.0
		3	18	.	23.0	11.6	18	6	66	-8.5	3.6	0	62.2	3.8
июль	VII	1	19	.	23.5	12.2	19	7	66	-6.3	6.3	0	66.0	0.0
		2	20	.	23.7	11.1	20	8	62	-3.8	3.8	6.7	52.2	9.8
		3	21	.	24.0	10.4	21	9		0.5	7.2	10.7	30.9	
август	VIII	1	22	.	23.4	8.9	22	10	0	4.5	6.1	14.4	0.0	0.0
		2	23	.	21.8	6.8	23	11		9.1	8.1	18.7	0.0	
		3	24	.	20.3	6.9	24	12		12.5	5.4			

сентябрь IX	1	25		18.3	4.9	25	13	14.8	7.5
	2	26		15.0	9.0	26	14	16.7	7.6
	3	27		12.1	9.4	27	15	18.9	7.5
октябрь X	1	28		9.3	7.3	28	16	20.3	10.4
	2	29		7.3	12.3	29	17	22.6	9.7
	3	30		4.3	8.7	30	18	23.0	11.6
ноябрь XI	1	31		0.9	8.7	31	19	23.5	12.2
	2	32		-1.5	8.5	32	20	23.7	11.1
	3	33		-4.8	7.3	33	21	24.0	10.4
декабрь XII	1	34		-6.7	7.4	34	22	23.4	8.9
	2	35	28	-8.1	10.7	35	23	21.8	6.8
	3	36	29	-9.5	9.7	36	24	20.3	6.9



kf = 0.37     $\sum |\delta i| = 30$

kt = 7.91

**Учарал**  
**Расчет декадных запасов воды в снеге**

		декада		Запас воды в снеге S, мм	T, °C	X, мм	№ декада	Запас воды в снеге S, мм	T, °C	X, мм	Tмакс, оС	Расчет запасов воды в снеге Sp, мм	δi	
январь	I	1	1	34	-12.5	6.2	1	25	16.4	3.6				
		2	2	35	-11.1	7.1	2	26	15.0	4.1				
		3	3	39	-10.7	7.4	3	27	11.7	8.4				
февраль	II	1	4	40	-8.8	8.4	4	28	8.7	8.0				
		2	5	40	-7.1	6.5	5	29	6.4	9.1	0	0		
		3	6	36	-5.8	6.3	6	30	3.5	8.7	0	3.2		
март	III	1	7	.	-1.4	6.8	7	31	0.4	12.1	0.0	7.7		
		2	8	.	2.1	7.8	8	32	0	-2.8	12.7	0	12.4	12.4
		3	9	.	6.6	8.0	9	33	0	-5.1	10.3	0	16.2	
апрель	IV	1	10		9.3	9.6	10	34	0	-5.9	13.5	0	21.2	
		2	11		13.0	9.8	11	35	0	-8.8	12.5	0	25.8	
		3	12		15.0	12.3	12	36	28	-11.0	9.4	0	29.2	1.2
май	V	1	13		17.1	7.5	13	1	34	-12.5	6.2	0	31.5	2.5
		2	14		19.0	7.1	14	2	35	-11.1	7.1	0	34.2	0.8
		3	15		20.4	6.6	15	3	39	-10.7	7.4	0	36.9	2.1
июнь	VI	1	16		22.2	11.1	16	4	40	-8.8	8.4	0	40.0	0.0
		2	17		23.4	8.1	17	5	40	-7.1	6.5	0	42.4	2.4
		3	18		24.6	10.2	18	6	36	-5.8	6.3	0	44.7	8.7
июль	VII	1	19		24.3	8.7	19	7		-1.4	6.8	0	47.2	
		2	20		25.1	6.3	20	8		2.1	7.8	12.2	0.0	
		3	21		23.8	6.5	21	9	0	6.6	8.0	16.3	0.0	0.0
август	VIII	1	22		22.5	4.0	22	10		9.3	9.6	18.8	0.0	
		2	23		21.7	2.7	23	11		13.0	9.8	22.2	0.0	
		3	24		19.5	2.8	24	12		15.0	12.3			

сентябрь IX	1	25	16.4	3.6	25	13	17.1	7.5
	2	26	15.0	4.1	26	14	19.0	7.1
	3	27	11.7	8.4	27	15	20.4	6.6
октябрь X	1	28	8.7	8.0	28	16	22.2	11.1
	2	29	6.4	9.1	29	17	23.4	8.1
	3	30	3.5	8.7	30	18	24.6	10.2
ноябрь XI	1	31	0.4	12.1	31	19	24.3	8.7
	2	32	-2.8	12.7	32	20	25.1	6.3
	3	33	-5.1	10.3	33	21	23.8	6.5
декабрь XII	1	34	-5.9	13.5	34	22	22.5	4.0
	2	35	-8.8	12.5	35	23	21.7	2.7
	3	36	28	-11.0	9.4	36	24	19.5

