



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 «Внутригодовое распределение
обеспеченных среднемесячных значений
гидрометеорологических характеристик»

Исполнитель Плиско Николай Васильевич
(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
(бакалаврская работа)

На тему «Внутригодовое распределение
обеспеченных среднемесячных значений
гидрометеорологических характеристик»

Исполнитель Плиско Николай Васильевич
(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

Введение.....	3
Глава 1. Физико-географическое описание района исследования.....	5
1.1. Географическое положение, рельеф и описание	5
1.2. Климат	9
1.3. Гидрография	12
1.4. Флора и фауна	19
1.5. Исходные данные	23
Глава 2. Оценка характеристик ряда.....	25
2.1. Разностные интегральные кривые	25
2.2. Оценка однородности	28
2.3. Корреляционный анализ.....	31
Глава 3. Результаты вычислений и их оценка.....	33
3.1. Выделение периодов водности	33
3.2. Оценка однородности рядов среднемесячных расходов	35
3.3. Анализ связей во внутригодовом распределении.....	36
3.4. Визуализация внутригодового распределения	38
Заключение	44
Список использованных источников	45
Приложения	47

Введение

Внутригодовое распределение стока рек является наиболее сложной задачей гидрологических исследований и занимает важное место в вопросе изучения и расчетов стока, как в практическом, так и в научном отношении, так как на его основе ведется планирование использования водных ресурсов для различных водохозяйственных целей, определяются основные параметры водохранилищ и гидротехнических сооружений. До настоящего времени вопрос внутригодового распределения стока является менее разработанным, так как на него влияет целый ряд физико-географических факторов. Кроме того, внутригодовое распределение стока для какого-либо пункта реки не остается постоянным, оно изменяется из года в год.

Основные факторы, определяющие внутригодовое распределение стока и его величину – это климатические факторы. Они определяют общий характер распределения стока в году того или иного географического района; территориальные изменения распределения стока следуют за изменением климата.

К факторам, влияющим на распределение стока в течении года относятся озерность, лесистость, заболоченность, размеры водосборов, характер почв и грунтов, глубина залегания грунтовых вод, и т.д., которые в определенной мере должны учитываться в расчетах как при отсутствии, так и при наличии материалов наблюдений

Исходными данными для расчета являются непрерывная гидрологическая база среднемесячных расходов воды рек Северного Ледовитого океана до 2000 года. Необходимо провести выборку станций по пяти бассейнам: бассейны Баренцева моря, рек Енисей, Обь, Лена, Анадырь и Колыма. Выборка должна быть выполнена по следующим критериям:

- непрерывные данные,
- максимальное число лет наблюдений не менее 50 лет.

Цели данной дипломной работы:

- оценить периоды водности и однородность рядов стока в Северный Ледовитый океан;
- построить гистограммы распределения внутригодичного речного стока;
- дать оценку внутригодичных изменений стока.

Глава 1. Физико-географическое описание района исследования

1.1. Географическое положение, рельеф и описание

Анадырь. Чукотка – один из самых отдаленных регионов России, суровый и прекрасный. Самой крупной в этом регионе является река Анадырь длиной приблизительно 1150 километров. Она делится на много протоков и рукавов, и, какой из них является главным, определить сложно. Река и ее берега это яркий пример красоты суровой и дикой дальневосточной природы. Она начинается в середине Анадырского плоскогорья, где течет по узкой долине на северо-запад. Потом описывает большую дугу и впадает в залив Онемен Берингова моря. Имеет множество рукавов и протоков.

Колыма – река в Якутии и Магаданской области России. Длина 2129 км, из них около 1400 км на территории Магаданской области, остальное – на территории Якутии. Площадь бассейна 643 тыс. км². Впадает в Колымский залив Восточно-Сибирского моря тремя главными протоками: Каменная Колыма – правая, судоходная, Походская Колыма и Чукочьа. Длина дельты 110 км, площадь 3000 кв. км.

Лена – крупнейшая река Средней Сибири, впадает в море Лаптевых Северного Ледовитого океана. Длина вместе с дельтой 4400 км. В некоторых случаях указывается длина 4294 км без учёта Быковской протоки (106 км) в дельте Лены. Площадь бассейна – 2490 тыс. км². Протекает по территории Иркутской области и Якутии, некоторые из её притоков относятся к Забайкальскому, Красноярскому, Хабаровскому краям, Бурятии и Амурской области. Лена – самая крупная из российских рек, чей бассейн целиком лежит в пределах страны. Также это крупнейшая река в мире, полностью протекающая в районе вечной мерзлоты. Замерзает в обратном вскрытию порядке – от низовьев к верховьям.

Река Лена делится на три участка, различаемых характером течения. Первый участок располагается от истока до места впадения Витима, второй – от места впадения Витима до устья Алдана, а третий – от устья Алдана до места впадения Лены в Море Лаптевых. Лена берет начало из небольшого озера,

расположенного в 12 км от Байкала на высоте 1470 м. Вся верхняя часть течения до устья Витима располагается в горном Предбайкалье.

Средняя часть течения расположена между местами впадения рек Витим и Алдан и имеет протяженность 1415 километров. Этот участок расположен на территории Якутии. После присоединения Витима Лена превращается в огромную реку. Ее глубина здесь достигает местами 12 метров, а русло значительно расширяется. В нем появляется множество островов. Также увеличивается долина реки. В этих местах она достигает размеров 20-30 километров. Сама долина имеет асимметричную форму, иными словами ее левый склон пологий, а правый – высокий, крутой. Последний является краем Приморского нагорья. Оба склона покрыты хвойными лесами, которые изредка сменяют луга.

Ниже по течению от Покровска долина Лены значительно расширяется, так как река выходит на равнину. Скорость ее течения здесь значительно снижается и не превышает значения 1,3 м/с, а в большинстве своем составляет не больше 0,7 м/с.

В нижнем течении в Лену впадают два ее основных притока: Вилюй и Алдан. На этом участке река является крупнейшим водным потоком. Даже в тех местах, где Лена идет в одно русло, ее ширина увеличивается до 10 километров, глубина же заходит за отметку 20 метров. На участках с большим количеством островов ширина реки становится равной 20-30 километрам. Дельта Лены очень обширна и начинается приблизительно в 150 километрах от устья.

Енисей – река в Сибири, одна из величайших рек мира и России. Впадает в Карское море Северного Ледовитого океана. Длина реки от места слияния Большого Енисея и Малого Енисея – 3487 км, от истоков Малого Енисея – 4287 км, от истоков Большого Енисея – 4092 (4123) км. По площади бассейна (2580 тыс. кв. км) Енисей занимает 2-е место среди рек России (после Оби) и 7-е место среди рек мира. Для бассейна Енисея характерна резкая асимметричность: его правобережная часть в 5,6 раза выше левобережной.

Енисей – граница между Западной и Восточной Сибирью. Левобережье Енисея заканчивает великие западносибирские равнины, а правобережье представляет царство горной тайги. От Саян до Северного Ледовитого океана Енисей проходит через все климатические зоны Сибири. В его верховьях живут верблюды, в низовьях – белые медведи.

Собственно Енисей начинается в городе Кызыле при слиянии Большого Енисея и Малого Енисея. На протяжении первых 188 км Енисей течёт под названием Верхний Енисей, в пределах северного борта Тувинской котловины на западе река разбивается на рукава, русло изобилует перекатами, ширина колеблется от 100 до 650 м; глубины на плёсах 4-12 метров, на перекатах не более одного метра. От Шагонара начинается Саяно-Шушенское водохранилище, образованное плотиной Саяно-Шушенской ГЭС. Приняв слева реку Хемчик, Енисей поворачивает на север и на протяжении 290 км прорывается через горы Западного Саяна и Минусинскую котловину. После пересечения Саяно-Шушенской ГЭС начинается небольшое Майнское водохранилище, заканчивающееся Майнской ГЭС. После впадения левого притока реки Абакан начинается Красноярское водохранилище (длина 360 км), образованное плотиной Красноярской ГЭС у города Дивногорска, в месте пересечения Енисеем отрогов Восточного Саяна, ширина долины здесь пять км, русла – более 500 метров. Между Красноярском и устьем Ангары долина Енисея вновь расширяется, река теряет горный характер. Ниже впадения Ангары характер долины и русла Енисея резко меняется. Правый берег остаётся гористым, левый становится низким, пойменным. Ширина долины Енисея у устья Нижней Тунгуски около 40 км, у Дудинки и Усть-Порта до 150 км, русла 2500-5000 м; минимальные глубины всего нижнего Енисея колеблются от 5 до 8,5 м. Ниже Дудинки преобладающие глубины 20-25 м, русло разбивается на рукава, острова достигают длины 20 км. От устья реки Курейки, где уже ощущаются приливные колебания уровня, начинается устьевой участок Енисея. За устьевой створ принят створ мыса Сопочная Карга. Ниже посёлка Усть-Порт начинается собственно дельта Енисея. Бреховскими

островами русло Енисея делится на множество протоков, из которых выделяются четыре основные рукава: Охотский Енисей, Каменный Енисей, Большой Енисей и Малый Енисей. Общая ширина русла здесь 50 км. Ниже Енисей течёт в одном русле, в «горле», образуя Енисейский залив Карского моря.

Обь – река в Западной Сибири. Река образуется на Алтае слиянием рек Бии и Катунь, длина Оби от их слияния составляет 3 650 км, а от истока Иртыша – 5 410 км. Обь с Иртышом – самая протяжённая река в России и четвёртая по протяжённости в Азии. На севере река впадает в Карское море, образуя залив (около 800 км длиной), который носит название Обская губа. Протекает по территории Алтайского края, Новосибирской области, Томской области, Ханты-Мансийского автономного округа и Ямало-Ненецкого автономного округа.

Исток реки Обь многие ученые соотносят с истоком реки Катунь, берущим начало у ледника Геблера на склонах горы Белуха. Между тем, Обь – типично равнинная река. Выйдя из предгорий Алтая, она на протяжении более 3000 км течет по Западно-Сибирской низменности. Ее течение проходит через разноплановые географические зоны: степь, лесостепь, тайгу, лесотундру, тундру.

Верхняя Обь. Рождаясь при слиянии стремительных алтайских рек, река Обь начинает свой извилистый путь среди холмистой равнины, зажатой с востока невысоким Салаирским кряжем, с запада – Приобским плато. Ширина долины 5-10 км, а ниже города Барнаул – до 20 км. На этом участке несколько раз резко меняет свое течение, продвигаясь то вдоль параллели, то вдоль меридиана. У города Камень-на-Оби русло расширяется, формируя крупное водохранилище.

Строительство Новосибирской ГЭС привело к затоплению больших территорий и образованию обширного Новосибирского водохранилища длиной около 215 км, наибольшей шириной 22 км и средней площадью 1072 км². За Новосибирском река вырывается на обширные пространства Васюганской

равнины. Крупные притоки реки Обь в верхнем течении: Чарых, Алей, Чумыш, Иня, Томь.

Средняя Обь течет по обширным заболоченным участкам Западно-Сибирской равнины, образуя многочисленные рукава, протоки и заводи, питая крупнейшие в мире болота. Типичный рельеф – таежная равнина среди низких берегов, в пойме много стариц и озер. Долина расширяется до 30-50 км. Русло реки делится на многочисленные рукава и протоки, ширина его постепенно увеличивается до 3 км. Крупные притоки реки Обь на среднем участке: Чулым, Чая, Кеть, Парабель, Васюган, Тым, Вах, Анар, Юган, Иртыш.

Нижняя Обь. До слияния с Иртышом река Обь течет многие сотни километров параллельно 60-му меридиану, а после поворачивает к северу. Характер местности все так же равнинный, только ближе к полярному кругу слева по течению «вырастают» Уральские горы. Безбрежная тайга сменяется лесотундрой, а затем тундрой. Среди притоков выделяются Казым, Сосьва, Полуй.

Обь после впадения Иртыша становится мощной, глубокой (до 30 м) рекой с широкой поймой, ширина русла 1,5-4 км. У поселка Перегребного Обь делится на 2 рукава: Большую Обь (правый) и Малую Обь (левый). Эти рукава текут самостоятельно около 450 км. Вблизи Салехарда они сливаются в один поток шириной порядка 20 км.

1.2. Климат

Климат бассейна реки Анадырь отличается продолжительной суровой снежной зимой и коротким, относительно прохладным летом. Зимой среднегодовая температура воздуха составляет – 9 °С. Понижение температуры начинается в августе, в октябре она уже отрицательная, а в ноябре возможны сильные морозы. В особенно холодные дни температура воздуха может быть от -45°С до -61°С. Морозы обычно устойчивы, температура воздуха в течение суток изменяется незначительно (на 2-3°С).

Наиболее тёплый месяц в году – июль, средняя месячная температура воздуха составляет 11-14 °С, при этом днем температура воздуха может повышаться до 32-33 °С, а ночью понижаться до -1, -3 °С. Переход средней суточной температуры через 0°С наступает в конце сентября. Продолжительность безморозного периода составляет 50-75 дней. Количество осадков в бассейне реки Анадырь составляет в среднем 330-400 мм за год.

Ветры в районе реки имеют муссонный характер, при этом их направление изменяется под влиянием рельефа местности, поэтому на отдельных участках бассейна отмечено различие в направлениях и силе ветра. Зимой преобладают северо-восточные и северные ветры, летом в основном восточные, а в нижнем течении реки - юго-восточные. Ветры со скоростью 15 м/с и более в бассейне реки Анадырь возможны повсеместно, в низовьях доходят до 60 м/с. Продолжительность штормовых ветров может доходить до четырёх суток.

Климат бассейна реки Колыма меняется от резко-континентального до субарктического. Климат суровый, постоянно дует холодный ветер. Летние муссоны приносят туманы и дожди, зимой мощный азиатский антициклон несет сильные морозы при ясной погоде. Самая низкая зафиксированная среднегодовая температура в бассейне Колымы: -14°С. Средняя температура воды: +12,5°С. Максимальная температура воды: +22°С (конец июля – начало августа). Река покрывается льдом в конце сентября – октябре.

Почти весь бассейн реки Лена находится в зоне распространения вечной мерзлоты. Глубина слоя вечной мерзлоты возрастает в направлении с юга на север и достигает местами 100 метров. Глубина поверхностного, то есть оттаивающего летом, слоя неодинакова и зависит от рельефа местности, растительного покрова и состава грунта. Глубина сезонного оттаивания поверхностного слоя грунта в русле реки и на отмелях примерно одинакова и составляет 2,2 – 2,5 метров.

Климат бассейна реки Лена резко континентальный с длительной и холодной зимой и коротким тёплым летом, быстрыми переходами от холодного

времени года к тёплому и наоборот. Отличительной чертой климата бассейна также являются заморозки в начале и конце лета.

Средняя годовая температура воздуха в бассейне реки Лена отрицательная и колеблется от $-5,4^{\circ}\text{C}$ в южных районах бассейна до $-17,1^{\circ}\text{C}$ в северных районах. Средняя температура января: от -25°C до -43°C . Средняя температура июля: от $+17^{\circ}\text{C}$ до $+30^{\circ}\text{C}$. Среднее количество осадков: около 200 мм.

Климат бассейна реки Енисей резко континентальный и в связи с большой протяженностью в меридиональном направлении очень неоднороден: характерны сильные колебания температур воздуха в течение года. Для центральных и южных районов, где проживает основная масса населения, зима продолжительна, а жаркое лето коротко. На территории бассейна выделяют три климатических пояса: арктический, субарктический и умеренный. В пределах каждого из них заметны изменения климатических особенностей не только с севера на юг, но и с запада на восток. Поэтому выделяются западные и восточные климатические области, граница которых проходит по долине реки Енисей. Длительность периода с температурой более 10°C на севере края составляет менее 40 дней, на юге — 110-120 дней.

Средняя температура января: -36°C (север) и -18°C (юг), июля – $+10^{\circ}\text{C}$ (север) и $+20^{\circ}\text{C}$ (юг). Среднегодовое количество осадков: от 223 мм (Кызыл) до 519 мм (Дудинка).

Объ. Большая площадь и относительная однородность рельефа стали причиной того, что Западно-Сибирская равнина включает большое количество природных и климатических зон, имеющих четкое распределение с севера на юг. В районах, прилегающих к Северному Ледовитому океану, доминирующий тип ландшафта – тундра с обширными заболоченными территориями. Южнее характер местности постепенно меняется. Тундру сменяет лесотундра с островками невысоких деревьев, южнее – тайга, состоящая из темнохвойных пород деревьев, еще южнее расположен пояс лиственных лесов.

Природные условия даже на одной широте здесь немного различаются. Это связано с тем, что Западно-Сибирская равнина, климат которой зависит от наличия природного барьера (Урала), защищающего от теплых западных ветров, лежит в области перехода от умеренно континентального климата к резко континентальному. И если разница между преобладающими летними и зимними температурами в регионах, прилегающих к Уралу, выражена более слабо, то левобережье Енисея – это уже территория, где царит полноценный резко континентальный климат.

Средняя температура января: -24°C . Средняя температура июля: $+16^{\circ}\text{C}$. Среднегодовое количество осадков: 600-800 мм.

1.3. Гидрография

Анадырь. Площадь бассейна – 191 тыс. км². Естественные границы бассейна на западе и северо-западе проходят по Анадырскому плоскогорью и Колымскому хребту, на севере и северо-востоке по Чукотскому хребту. С юга бассейн ограничен Корякским нагорьем, с юго-запада – Чуванским и Пенжинским хребтами. На востоке граница проходит в основном по Анадырской низменности и частично по Золотому хребту и Ушканьим горам.

В бассейне реки Анадырь имеется 23595 озёр с общей площадью водной поверхности 3231 км². Основная их часть находится на низменностях. Большинство озёр соединены между собой и с реками бассейна реки Анадырь густой сетью ручьёв и проток. Самое крупное в бассейне озеро Красное.

В реку Анадырь впадает множество притоков, среди которых есть реки длиной 150-482 км, главными из них являются: справа – Яблон, Еропол, Майн; слева – Чинейвеем, Белая, Танюрер, Убиенка. Большая часть рек длиной более 100 км в низовьях протекает в пределах низменностей, здесь они извилисты и образуют широкие долины, а уклоны и скорости их течений невелики. В среднем и верхнем течении реки преимущественно имеют горный характер и отличаются значительными уклонами и большими скоростями течений.

Отличительной особенностью водного режима рек бассейна реки Анадырь является преобладание стока за счёт весеннего снеготаяния (около 70 % годового стока), из-за чего отмечается высокое весеннее половодье. Средняя годовая величина колебаний уровня воды составляет 3-6 м, наибольшая - 8,8 м. Ледоход начинается в конце мая – начале июня и происходит очень бурно, в это время часто образуются ледовые заторы, из-за чего на отдельных участках в продолжение 2-3 дней уровень воды может повыситься на 1 м. Половодье в нижнем и среднем течении достигает своего пика в середине июня, в верховьях на 5-10 дней раньше. Продолжительность стояния высоких вод 5-8 дней. Половодье, как правило, проходит одной волной, изредка бывают небольшие понижения уровня при возврате холодов.

Во время весеннего половодья реки бассейна реки Анадырь разливаются, затопляя обширные низкие пространства своих долин. Затопление поймы обычно происходит один раз в 3-5 лет. Выходя из берегов, вода разливается на 5-20 км, при этом возможно подтопление близлежащих поселений. Разлив длится 5-10 дней, иногда около месяца. В тёплое время года характерна неустойчивая межень, прерываемая двумя-тремя небольшими дождевыми паводками. Наивысшие паводки возможны главным образом в августе, тогда уровень воды поднимается на 0,5-2 м, а иногда гораздо больше.

Река начинает замерзать в первой половине октября почти одновременно по всей длине. Сначала образуются забереги, сало и одновременно или чуть позже шуга и донный лёд. Ледоход продолжается 3-7 дней, окончательно река сковывается в нижнем течении в начале второй декады октября, а в верхнем спустя 10-12 дней. Во время ледостава образуются торосы, особенно большие у мыса Американская Кошка. Его продолжительность составляет в среднем 217-238 дней. Для бассейна реки Анадырь характерно промерзание до дна большинства рукавов и образование наледей в верховьях. В зимний период фиксируются очень низкие уровни воды вследствие малых запасов грунтовых вод в условиях вечной мерзлоты.

На колебания уровня воды в реке Анадырь от устья до мыса Верхний Утёс (181 км) оказывают влияние приливы Берингова моря. Их характер полусуточный, средняя величина прилива по мере удаления от устья реки уменьшается от 1 до 0,2 м.

Кроме приливов, на изменение уровня воды в реке влияют стонно-нагонные явления, которые наблюдаются в устье реки. Летом нагоны чаще всего отмечаются при юго-восточных и восточных ветрах, сгоны – при северо-западных и западных. Величина нагона составляет 0,2-3 м при продолжительности 5-7 дней.

Колыма. Питание реки смешанное: снеговое (47 %), дождевое (42 %) и подземное (11 %). Половодье с середины мая по сентябрь. Размах колебаний уровня до 14 м. Средний расход воды у Среднеколымска (641 км от устья) 2250 куб. м/с, наибольший - 25 100 куб. м/с (июнь), наименьший - 23,5 куб. м/с (апрель). Годовой сток в устье 123 км (3900 куб. м/с). Средний годовой сток наносов 5,5 млн т. В летнее время уровень воды в Колыме падает, и только в период дождей наблюдается подъём воды и образование кратковременных паводков. Температура воды в реке низкая – 10-15°, и только на спокойных участках в конце июля - начале августа достигает 20-22°. Замерзает в середине октября, реже в конце сентября. Перед ледоставом ледоход и шугоход продолжительностью от 2 суток до месяца, зажоры. Зимой наледи, русловые и обширные грунтовые. Вскрывается во второй половине мая – начале июня.

На реке находится Колымская ГЭС, которая обеспечивает электроэнергией большую часть Магаданской области и Магадана, строится Усть-Среднеканская ГЭС.

Река Лена, истоки которой находятся на Байкальском хребте, протекает до Моря Лаптевых, где имеет дельту, площадь которой составляет около 30 000 квадратных километров, что почти в два раза больше площади дельты Волги. В состав дельты входит 800 протоков и огромное количество островов разных размеров и форм.

Бассейн реки Лена является границей двух различных ландшафтов. На западной стороне лежит Среднесибирское плоскогорье, а на восточной – Верхоянский, Черский хребты, а также хребет Сунтар-Хаят.

Основные притоки Лены – это реки Олёкма, Витим, Вилюй и Алдан. Витим имеет протяженность 1820 км и водный режим, характерный для дальневосточных рек, то есть горный поток, проходящий через неширокую долину, а русло его содержит большое количество каменистых порогов. Олёкма имеет протяженность практически равную протяженности Витима, а именно 1810 км. Долина реки сжата горами, а в устье встречается множество порогов. Самым длинным притоком Лены является Алдан. Его протяженность 2240 км. В верхнем течении Алдана по обоим берегам плоскогорье, а в нижнем – межгорная равнина.

Бассейн реки имеет 12 водохранилищ общим объемом 36 200 млн. куб. м.

Лена является единственной рекой, протекающей в области, где формируются уникальные природные комплексы, в том числе и ледовый, которые обусловлены резким континентальным климатом и многолетней мерзлотой. Особенностью гидрологического режима реки является возникновение катастрофических весенних половодий.

Основным питанием реки и ее притоков являются дождевые и талые воды. Питание рек грунтовыми водами затруднено из-за абсолютного распространения вечной мерзлоты. Кроме весеннего половодья для Лены характерны несколько летних паводков, а также осенне-зимняя низкая межень.

К концу апреля в районе Киренска, что на верхнем течении Лены, начинается весенний разлив. Постепенно он смещается на север и доходит до низовья примерно к середине июня. В процессе разлива вода поднимается в среднем на 6-8 метров над уровнем межени. В области нижнего течения вода может подниматься до 10 метров.

Лена, половодье которой начинается от истока к устью, замерзает, наоборот, от устья к истоку. В конце октября огромная река обычно скована льдом.

По разным оценкам, годовой сток реки составляет от 489 до 542 км³, что соответствует среднегодовому расходу в устье от 15 500 до 17 175 м³/сек. Основное питание, так же как и почти всех притоков, составляют талые снеговые и дождевые воды. Повсеместное распространение вечной мерзлоты в пределах водосбора мешает питанию рек грунтовыми водами, исключением являются только геотермальные источники.

В связи с общим режимом осадков для Лены характерны весеннее половодье, несколько довольно высоких паводков летом и низкая осенне-зимняя межень до 366 м³/сек в устье. На время весеннего паводка в июне приходится 40 % стока, на период с июня по октябрь – 91 %. Наибольший среднемесячный расход воды в устье наблюдался в июне 1989 года и составлял 104 000 м³/сек, максимальный расход воды в устье во время паводка может превышать 200 000 м³/сек.

За зимний период на реке образуется 10-20 км³ льда или 3 % от её годового стока. Летом его поступление вместе с большими объёмами паводковой воды в мелкую южную часть моря Лаптевых приводит, как и в случае с другими крупными сибирскими реками, к явлению инверсии, то есть к локальному опреснению моря и к более позднему освобождению от льда его близлежащей акватории.

Минимальный годовой сток, зафиксированный в 1986 году, составлял 402 км³, изменения в течение 65 лет составляли 326 км³ или среднее значение, равное 516 км³, изменялось на 63 %. Как и для большинства крупных рек мира с большой площадью бассейна, для Лены характерны периодические изменения годового стока, которые следуют одиннадцатилетним циклам солнечной активности. Первый тип максимума имеет место примерно на следующий год после начала нового солнечного цикла и может быть объяснен интенсивным таянием наледей и мерзлоты, образовавшейся за прошедшие 2-3 года, а также развитием Арктической осцилляции и увеличением количества осадков в пределах бассейна в зимний период. Второй вид максимума менее выражен и имеет место в середине одиннадцатилетнего цикла, характеризуется меньшим

весенним паводком и достигается за счет большего количества осадков в летне-осенний период.

Основные притоки Лены: Большой Патом, Чая, Витим, Алдан, Кута, Олёкма, Вилюй, Киренга, Чуя, Молодо, Бирюк, Лунгха, Долгая. Наиболее крупным из них является река Алдан со средним расходом воды в устье 5060 м³/с и площадью бассейна 729 000 км².

Четыре главных притока Лены (в порядке вниз по течению мест их впадений) — Витим, Олёкма, Алдан и Вилюй — резко выделяются среди остальных своими размерами.

Енисей относится к типу рек смешанного питания с преобладанием снегового. Доля последнего немного менее 50 %, дождевого 36-38 %, подземного в верховьях до 16 %, к низовьям она уменьшается. Замерзание Енисея начинается в низовьях (начало октября). Для Енисея характерны интенсивное образование внутриводного льда, осенний ледоход. Ледостав в низовьях с конца октября, в середине ноября в среднем течении и у Красноярска и в конце ноября – декабре в горной части. На отдельных участках в русле возникают мощные наледи. Для большей части Енисея характерно растянутое весеннее половодье и летние паводки, зимой резкое сокращение стока (но уровни падают медленно из-за развития зажоров). Для верховьев характерно растянутое весенне-летнее половодье. Половодье на Енисее начинается в мае, иногда в апреле, на среднем Енисее несколько раньше, чем на верхнем, на нижнем в середине мая – начале июня. Весенний ледоход сопровождается заторами. Размах колебаний уровня Енисея в верховьях 5-7 м в расширениях и 15-16 м в сужениях, в нижнем течении он больше (28 м у Курейки), к устью уменьшается (11,7 м у Усть-Порта).

По величине стока (624 куб. км) Енисей занимает 1-е место среди рек России. Средний расход воды в устье 19 800 куб. м/с, максимальный расход у Игарки 154 000 куб. м/с.

Список наиболее значимых притоков Енисея включает в себя следующие реки: слева – Хемчик, Кантегир, Абакан, Кемь, Кас, Сым, Дубчес, Елогуй, Турухан, Малая Хета, Большая Хета, Танама, Грязнуха; справа – Ус, Кебеж, Туба, Сыда, Сисим, Мана, Кан, Ангара, Большой Пит, Подкаменная Тунгуска, Бахта, Нижняя Тунгуска, Курейка, Хантайка, Дудинка. Всего же в Енисей впадает около 500 более или менее значительных рек, причём общая длина их более 300 тысяч километров.

Правые притоки Енисея доминируют над левыми по количеству приносимой воды и по площади водосбора. Основным притоком является Ангара, но примерно один год из десяти лет другой крупный приток, Нижняя Тунгуска, превосходит её по годовому стоку.

Существует несколько причин, по которым современный Енисей ниже слияния с Ангарой на самом деле мог бы считаться Ангарой: 1) при слиянии с Енисеем Ангара несёт значительно больше воды – около посёлка Стрелка среднегодовой расход воды в Енисее составляет 3350 м³/с или примерно 104 км³ в год, а в устье Ангары – 4530 м³/с или примерно 143 км³ в год; 2) бассейн верхней части Енисея составляет менее 400 тыс. км², то есть значительно меньше площади водосбора Ангары – 1040 тыс. км²; 3) если смотреть по спутниковым снимкам, Ангара и Енисей после Стрелки составляют прямую линию, а верхний Енисей впадает в комплекс Ангара+Енисей почти под прямым углом.

Енисей считается главной рекой по причине более древнего геологического строения его речной долины и в силу исторически сложившейся традиции. Так же, если посмотреть на карту Енисея и Ангары целиком, то видно, что именно Енисей течёт практически по прямой с юга на север, а Ангара впадает в него справа почти под прямым углом.

Обь. По гидрографическим условиям и характеру водного режима реку делят на три части: Верхнюю – от точки слияния Катуня с Бией до устья реки Томь (около 1020 км), Среднюю – от устья Томи до устья реки Иртыш (около 1500 км), Нижнюю – от устья притока Иртыш до Обской губы (около 1160 км).

Бассейн реки Обь среди всех рек мира занимает 5-е место по площади водотока –2990 тыс. км² (вместе с внутренними бессточными пространствами, которые занимают 445 тыс. км²). Среднегодовой расход воды при измерении в районе устья составляет внушительные 12,7 тыс. м³/сек.

Питание реки преимущественно снеговое. За период весенне-летнего половодья река приносит основную часть годового стока. В верхнем течении половодье – с начала апреля, в среднем – со второй половины апреля, а в нижнем – с конца апреля-начала мая. Подъем уровней начинается ещё при ледоставе; при вскрытии реки в результате заторов – интенсивные кратковременные подьёмы уровней. Из-за этого у некоторых притоков возможно обращение направления течения. В верхнем течении половодье заканчивается в июле, летняя межень неустойчива, в сентябре-октябре дождевой паводок. В среднем и нижнем течении спад половодья с наплаивающимися дождевыми паводками продолжается до ледостава. В среднем река находится подо льдом от 180 до 220 дней в году, в зависимости от того, насколько сурова зима.

Основным притоком реки является Иртыш. Длина от его истока на границе Монголии и Китая до впадения слева в Обь равняется 4 248 км, что превышает длину самой Оби. Площадь бассейна составляет 1 643 тыс. кв. км, а средний расход воды в устье – 3 000 кв.м/с.

Другие значимые притоки: левые – Песчаная, Ануй, Чарыш, Алей, Барнаулка, Касмала, Шегарка, Чая, Парабель, Васюган, Большой Юган, Северная Сосьва, Щучья, Сыня; правые – Чумыш, Бердь, Иня, Томь, Чулым, Кеть, Тым, Киевский Ёган, Вах, Ватинский Еган, Тромъеган, Пим, Лямин, Казым, Полуй.

1.4. Флора и фауна

Анадырь. Почти на всей территории бассейна реки Анадырь господствует тундровая растительность. На низменных участках большое распространение получили осоково-пушицевые кочкарные тундры, также встречается

стелющийся или низкорослый кустарник, голубика и брусника, между кочками и на возвышенностях - мхи и лишайники. В пойме произрастают ивняк и ольховник. Лесов в бассейне реки нет, лишь редкие рощи лиственницы и чозении встречаются в верховьях.

Водная фауна Анадыря богата и разнообразна. Здесь обитает самая крупная на северо-востоке России популяция кеты. Кроме лососёвых, в большом количестве в реке водятся сиговые. Всего в бассейне Анадыря объектом промысла служат 27 видов рыб.

Колыма. Флора речных вод бассейна реки Колымы представлена 642 видами и разновидностями 7 отделов водорослей. Доминируют 230 видов и разновидностей диатомовых, 120 сине-зеленых, 148 зеленых и 54 золотистых водорослей. Флора озер представлена 533 таксонами, доминируют зеленые водоросли. В самой Колыме найдено 172 вида.

Озера значительно повышают биологическую продуктивность реки. Река Колыма богата такой рыбой как: сиг, налим, щука, окунь, карась, и ерш, а из полупроходных нельма, омуль и ряпушка. Всего в бассейне Колымы обитает 30 видов рыб.

Лена. Дельта реки Лена лежит в зоне тундр, по долине сюда проникают лесотундровые виды, а по Хараулахским горам (северная часть Верхоянского хребта) – горные виды. Здесь расположен один из крупнейших в России заповедников – Усть-Ленский, площадью 1433 тыс. га.

Флора дельты насчитывает около 370 видов высших растений, 106 видов мхов, 74 вида лишайников. Здесь встречается 36 видов рыб, в том числе уникальные сиговые рыбы. По мнению ряда ученых, дельта Лены является центром их происхождения. Среди наиболее интересных рыб – осетр, нельма, муксун, голец и другие.

В дельте Лены встречается 121 вид птиц, из которых 71 отмечен на гнездовании. Здесь постоянно обитает 17 видов млекопитающих, еще 8 видов периодически заходят. Среди постоянных обитателей тундр – сибирский и

копытный лемминги, северный олень, песец, изредка с севера сюда заходит белый медведь.

Енисей. Основными кормовыми ресурсами являются планктон, нектон и бентос. Последний наиболее значим на всем протяжении реки. Зоопланктон наименее заметен, так как он не может развиваться из-за большой скорости течения, а также повышенной мутности. По этой причине планктон появляется в губе и дельте реки, поскольку здесь течение слабее. Планктоном питаются муксуны, пеляди, омули и ряпушки. Он лучше всего развивается с середины июля до середины сентября. Хариусы, тугуны, ельцы в основном питаются воздушным кормом - насекомыми, которые летают над водой и падают в нее.

Основное русло реки не содержит высшей водной растительности. Она встречается в курьях, боковых притоках, старицах, дельте и заливах. Высшая водная растительность отсутствует в верхнем и частично среднем течении по той причине, что гидрологический режим реки довольно своеобразен. В этих местах преобладают каменисто-галечный грунт, низкие температуры и сильное течение. Низовье реки имеет илистый грунт, более спокойное течение. Это и есть благоприятные условия, где могут развиваться водоросли. Но их разрастание ограничено коротким периодом вегетации и значительным промерзанием береговой зоны. В верхнем и среднем течении в основном имеются водоросли обрастания.

Река Енисей, где обитает сегодня 46 видов и подвидов рыб, манит рыбаков. Кроме того, здесь встречается один вид рыбообразных. В основном в реке преобладают морские и солоноватоводные рыбы. Также в Енисее можно встретить полупроходные рыбы: нельму, осетра, омуля, ряпушку сибирскую, муксуна, корюшку азиатскую. Устье реки содержит пыжьян, хариуса, чир, щуку и налима.

Обь. Флора и ихтиофауна Оби заметно беднее южных рек, к коим можно причислить Волгу, Дон, Днепр. Для сравнения: в «жемчужине Сибири» обитают 52 вида рыб, в то время как в Волге их 76, а в самой «богатой» ихтиофауной Амазонке – более 2000.

Бассейн реки Обь заселен неравномерно. Меньше всего рыбы в верховьях, больше всего – в Обской губе, являющейся местом нагула (кормовой базой) ценных пород проходных и полупроходных видов. На реке издревле развит рыболовный промысел. Наиболее ценными обитателями считаются осетр, нельма, стерлядь, ряпушка, тугун, пелядь, омуль, минога, сиг, муксун, чир. В верховьях обитают таймень, ленок, хариус. Фактически повсеместно ловятся привычные щука, окунь, елец, язь, налим, плотва, карась: они являются основными объектами промысла.

1.5. Исходные данные

Исходные данные для расчета внутригодового распределения стока в Северный Ледовитый океан были взяты из официального источника – глобальной базы данных R-ArcticNET (Draft v3.0). Была произведена выборка станций по критериям, описанным выше, и создана непрерывная база данных среднемесячных расходов воды рек Северного Ледовитого океана не менее 50 лет до 2000 г.

Таблица 1.1. Список станций

№	Code	Name	Lat	Long	DArea	Min Of Year	Max Of Year	Count Of Year
Barents_Sea								
1	70091	Sukhona At Tot'ma	59.97	42.77	34800	1933	1999	67
2	70850	Pechora At Ust'-Tsilma	65.42	52.28	248000	1932	1998	67
3	71104	Kola At 1429 km Oktyabr'skoy zh/d	68.83	30.8	3780	1928	1992	65
4	70184	Vuchegda At Syktyvkar	61.72	50.82	66900	1924	1985	62
5	70401	Peza At Igumnovo	65.82	45.1	12000	1933	1994	62
6	70531	Pizhma At Borovaya	65.27	51.85	4890	1937	1998	62
7	71067	Pecha At Padun	68.56	31.7	1600	1932	1992	61
8	70414	Pechora At Troitsko-Pechorsk	62.72	56.22	35600	1938	1996	59
9	70378	Mezen At Makarib	63.63	49.45	6450	1931	1988	58
10	70299	Ust'ya At Shangaly	61.13	43.35	9730	1935	1988	54
11	70155	Yug At Gavrino	60.57	46.45	34800	1936	1988	53
12	71165	Ponoy At Krasnotshel'e	67.35	37.33	3810	1940	1992	53
Ob								
13	11801	Ob At Salekhard	66.63	66.6	2950000	1930	1999	70
14	11048	Irtish At Omsk	55.02	73.3	769000	1936	1999	64
15	12018	Tobol At Yalotorovsk	56.67	66.35	241000	1936	1999	64
16	11524	Konda At Bol'chary	59.82	68.8	65400	1936	1998	63
17	12014	Tobol At Kurgan	55.43	65.38	159000	1936	1989	54
18	12239	Tura At Turinsk	58.07	63.7	29000	1936	1989	54
Yenisei								
19	7047	Selenga At Novoselenginsk	51.1	106.67	360000	1932	1997	66
20	7156	Bol'shaya Rechka At Posol'skoye	51.95	106.35	565	1936	1999	64
21	9803	Yenisey At Igarka	67.43	86.48	2440000	1936	1999	64
22	7051	Selenga At Raz'ezd Mostovoy	52.03	107.48	440000	1936	1997	62
23	7102	Khilok At Khailastuy	51.2	106.97	38300	1936	1997	62
24	7172	Utulik At Utulik	51.53	104.07	959	1941	1999	59
25	7015	Verkhnyaya Angara At Verkhnyaya Zaimka	55.85	110.15	20600	1939	1997	59
26	7168	Khara-Murin At Murino	51.45	104.43	1130	1940	1997	58
27	8306	Uda At Ukar	54.07	99.25	17200	1936	1990	55
28	8331	Biryusa At Biryusinsk	55.97	97.78	24700	1936	1990	55
29	7096	Khilok At Khilok	51.35	110.47	15400	1945	1997	53
30	7022	Barguzin At Mogoito	54.38	110.42	9350	1948	1997	50

Lena

31	3036	Lena At Solyanka	60.48	120.7	770000	1933	1999	67
32	3271	Maya At Chabda	59.78	134.75	165000	1935	1999	65
33	3029	Lena at Krestovskoe	59.73	113.17	440000	1936	1999	64
34	3042	Lena At Tabaga	61.83	129.6	897000	1936	1999	64
35	3087	Kirenga At Shorokhovo	57.63	108.12	46500	1927	1990	64
36	3219	Aldan At Tommot	58.97	126.27	49500	1936	1999	64
37	3292	Amga At Amga	60.9	131.98	56800	1939	1999	61
38	3229	Aldan At Verkhoyanskiy Perevoz	63.32	132.02	696000	1942	1999	58
39	3489	Indigirka At Indigirskiy	64.53	143.12	83500	1944	1999	56
40	3518	Nera At Nerskaya Truda	64.43	144.37	22300	1944	1999	56
41	3003	Lena At Kachug	53.97	105.88	17400	1936	1990	55
42	3021	Lena At Zmeinovo	57.78	108.32	140000	1936	1990	55
43	3065	Tutura At Grekhova	54.87	105.45	7100	1936	1990	55
44	3273	Udoma At Kurung- Targuyak	59.23	135.28	43600	1944	1998	55
45	3277	Allakh-Yun' At Allakh	60.68	135.03	24200	1945	1999	55
46	3860	Yana At Dzhangky	69.77	135.23	216000	1938	1989	52

Anadyr_and_Kolyma

47	1010	Kolyma At Ust'-Srednekan	62.43	152.3	99400	1933	2000	68
48	1095	Kulu At Kulu	61.9	147.42	10300	1942	1994	53
49	1623	Srednekan (Srednikan) At Srednekan	62.33	152.33	1730	1936	1985	50

Глава 2. Оценка характеристик ряда

2.1. Разностные интегральные кривые

Метод разностных интегральных кривых для оценки циклических колебаний природных явлений впервые был предложен В.Г. Глушковым. В.Г.Андреянов первым начал производить сопоставительный анализ разнородного материала на основе нормирования разностных интегральных кривых модульных коэффициентов.

Интегральная кривая (или суммарная кривая отклонений годовых значений стока от среднего его значения за весь период наблюдения) является разновидностью суммарной кривой стока, характеризующая последовательность нарастания объемов воды, протекающих через рассматриваемый створ реки от некоторого начального момента времени. В отличие от суммарной кривой разностная интегральная кривая учитывает изменения стока за отдельные относительно короткие промежутки времени.

Разностная интегральная кривая строится путем суммирования отклонений модульных коэффициентов от среднего и вычисляется выражением:

$$\sum_1^i (K - 1) = f(i) \quad (2.1)$$

где K – модульные коэффициенты, которые вычисляются выражением:

$$K = Q_i / Q_{cp} \quad (2.2)$$

Таким образом, ординаты разностной интегральной кривой дают на конец каждого i -го года нарастающую сумму отклонений годовых модульных коэффициентов от нормы или среднего многолетнего значения.

Для сопоставления многолетних колебаний стока разных рек производится исключение влияния временной изменчивости стока, которая отражается коэффициентом вариации или изменчивости ряда наблюдений, и определяется выражением:

$$\Sigma (K - 1) / C_v \quad (2.3)$$

$$C_v = \sqrt{\frac{\sum_1^n (K-1)^2}{n-1}} \quad (2.4)$$

Разностные интегральные кривые позволяют определять водность отдельных периодов по отношению к среднему, поэтому используются при подборе рек - аналогов. В качестве рек - аналогов используются только реки с синхронными и синфазными колебаниями стока по отношению к расчетной реке.

Колебания стока во времени проявляются в форме последовательной смены многоводных и маловодных периодов, которые отличаются друг от друга по отклонению от среднего значения стока за весь период и по продолжительности той или иной группы лет. Эти группы образуют циклы разной продолжительности и разной амплитуды колебаний водности. Период времени, в течение которого наблюдается увеличение водности, называется многоводной фазой цикла (периодом), а при постоянном уменьшении – маловодной фазой цикла (маловодный период). Причиной циклических колебаний речного стока, прежде всего, являются климатические факторы, которые обусловлены влиянием астрофизических факторов.

Поскольку колебания стока на реках на обширных территориях происходят по-разному, то существуют такие понятия, как синхронность и асинхронность.

Синхронность – одинаковый ход водности отдельных лет на сравниваемых реках. Асинхронность – противоположный ход водности отдельных лет в течение всего или отдельного периода.

Синфазность – одинаковый ход колебания водности не отдельных лет, а целых фаз водности, т. е. маловодных, средних и многоводных групп лет той или иной продолжительности. Асинфазность – противоположный ход фаз водности.

Синхронные колебания стока свойственны обычно различным створам одной реки или речного бассейна средних размеров. Синфазные или асинфазные колебания при анализе многолетних колебаний стока наблюдаются

чаще. Синфазные колебания стока охватывают большие районы, но между собой эти районы будут асинфазными.

Явления синхронности и синфазности колебаний стока связаны с типом атмосферной циркуляции воздушных масс.

2.2. Оценка однородности

Статистический ряд гидрологических значений в конкретном створе реки является всего лишь частью всей совокупности данных, потому что длительность наблюдений исчисляется годами, десятилетиями и охватывает современную климатическую эпоху. Для этого необходимо оценить, насколько имеющийся ряд или выбранный расчетный период отражают типичные закономерности изменения стока во времени, другими словами, насколько данный для расчетов ряд наблюдений репрезентативен.

Репрезентативность ряда гидрологических данных определяется средней квадратичной погрешностью среднего значения ряда, которая показывает, насколько она отличается от нормы стока. Таким образом, репрезентативность зависит от длительности ряда наблюдений и от коэффициента изменчивости, то есть от того, в какой мере имеющийся ряд наблюдений за стоком включает в себя наиболее многоводные и маловодные годы и полные циклы водности, которые отмечались на данной территории. Как показала практика исследований, влияние полных циклов водности становится несущественным при продолжительности наблюдений 50-60 лет и более. В ином случае придется производить дополнительную обработку данных.

Если в качестве математической модели для описания статистической структуры гидрологических рядов рассматривают случайную величину, то статистические характеристики гидрологического ряда не должны изменяться, иначе говоря, все элементы данной выборки должны относиться к одной генеральной совокупности. Если статистические характеристики отдельных частей ряда значительно отличаются, то такой ряд является неоднородным или нестационарным. Перед проведением любых статистических расчетов необходимо проверять исходные гидрологические ряды на однородность.

Для проверки на однородность гидрологических рядов используются два критерия: параметрические и непараметрические. К числу параметрических видов относятся критерии Стьюдента и Фишера.

Критерий Стьюдента. Для проверки ряда на однородность по критерию Стьюдента ряд делится на две части (выборки). Если дата возможного нарушения стока не известна, ряд делится пополам. При этом предполагается, что если условия формирования стока не изменились, то разница двух выборочных средних должна быть незначимой. Уровень значимости обычно принимается $2\alpha = 5\%$.

После того, как ряд разделили на две части, определяется среднее значение, среднеквадратическое отклонение и дисперсия для первой и второй половины ряда.

Среднеквадратическое отклонение

$$\sigma_Q = C_v * \bar{Q} \quad (2.5)$$

Дисперсия

$$D = (\sigma_Q)^2 \quad (2.6)$$

Далее производится расчет эмпирического значения критерия Стьюдента (по среднему значению):

$$t^* = [(Q_1 - Q_2) / \frac{(n_1-1)}{n_1+n_2-2}] \frac{n_1 n_2}{n_1+n_2} \quad (2.7)$$

Эмпирическое значение критерия Стьюдента сравнивается с теоретическим t_r , которая определяется по таблице в зависимости от принятого уровня значимости и числа степеней свободы V :

$$V = n - 1 \quad (2.8)$$

Ряд считается однородным, если эмпирическое значение критерия Стьюдента меньше теоретического.

Критерий Стьюдента является стандартным критерием и рекомендуется в большинстве нормативных документов в качестве одного из официальных тестов на однородность.

Критерий Фишера. Этот критерий используется для проверки однородности гидрологических рядов по дисперсии. Исходный ряд делится на две части, далее вычисляются дисперсии для каждой из частей ряда и вычисляется эмпирическое значение критерия Фишера.

$$F^* = D_1/D_2 \quad (2.9)$$

Полученные значения сравниваются с теоретическим значением критерия Фишера, который находится по таблице в зависимости от принятого уровня значимости и числа степеней свободы V_1 и V_2 :

$$V_1 = n_1 - 1 \quad (2.10)$$

$$V_2 = n_2 - 1 \quad (2.11)$$

Ряд считается однородным, если эмпирическое значение критерия Фишера меньше теоретического.

Критерий Фишера, так же как и критерий Стьюдента относится к категории стандартных критериев и рекомендуется в большинстве нормативных документов в качестве официального теста на однородность.

2.3. Корреляционный анализ

При анализе гидрометеорологических явлений или процессов очень часто возникает необходимость установить между ними связь. Эта связь может быть трех типов: функциональной (детерминированной), стохастической (вероятностной) и случайной, которая характеризует полное отсутствие связи.

Если каждому значению одной переменной соответствует единственное значение другой переменной, то такая зависимость называется функциональной. Доверительная вероятность такой связи равна единице.

Отсутствие связи означает, что любому значению одной переменной соответствует практически любое значение другой переменной. Доверительная вероятность связи при этом равна нулю.

Если каждому значению одной переменной с вероятностью от 0 до 1 соответствует значение другой переменной, то такая зависимость называется стохастической.

Для описания стохастических связей обычно используется аппарат корреляционного анализа. При этом основной задачей корреляционного анализа является нахождение связи между переменными и оценкой ее тесноты.

Для оценки тесноты и направления связи между изучаемыми переменными используется показатель корреляции. Коэффициент корреляции r характеризуют степень тесноты линейной зависимости. Линейная зависимость двух случайных величин заключается в том, что при возрастании одной величины другая имеет тенденцию возрастать (убывать) по линейному закону.

Характер связи определяется по соотношению значений двух переменных. Если при возрастании одной величины другая имеет тенденцию возрастать – это прямая зависимость, когда $r > 0$. Если при возрастании одной величины другая имеет тенденцию убывать – это обратная зависимость, тогда $r < 0$.

$$r = \frac{\sum_{i=1}^N [(x_{1i} - \bar{x}_1)(x_{2i} - \bar{x}_2)]}{N\sigma_1\sigma_2} \quad (2.12)$$

Если необходимо рассчитать коэффициенты корреляции для нескольких переменных во всех сочетаниях друг с другом, то набор получившихся коэффициентов корреляции можно записать в виде матрицы, которая называется корреляционной.

Если связь стохастическая, то рассчитанная величина коэффициента корреляции может быть большой или маленькой, что отражает степень связи. Чтобы ее оценить, необходимо выполнить проверку коэффициента корреляции на значимость. Для проверки этой гипотезы выбирается критерий Стьюдента, выборочное значение которого рассчитывается по формуле:

$$t^* = \frac{|r|}{\sigma_r} \quad (2.13)$$

$$\sigma_r = \frac{1-r^2}{\sqrt{N-2}} \quad (2.14)$$

Далее определяется критическое значение $t_{кр}$, где уровень значимости принимается равным 5%, а число степеней свободы $V = N - 2$.

Если $t^* > t_{кр}$ гипотеза отвергается, коэффициент корреляции значим, т. е. между двумя переменными существует статистически значимая прямая связь. Если $t^* < t_{кр}$ предполагается, что нет оснований отвергнуть гипотезу, т. е. коэффициент корреляции незначим и между двумя переменными статистически значимая линейная связь отсутствует.

Глава 3. Результаты вычислений и их оценка

3.1. Выделение периодов водности

Разностные интегральные кривые используются для выделения периодов пониженной и повышенной водности. Для выявления фаз водности среднемесячного стока построены разностные интегральные кривые. На разностных интегральных кривых за 1936-1999 год (рисунок 3.1) ясно видно, что с 1942-1960 гг. наблюдался маловодный период, а с 1961-1975 гг. наблюдался многоводный период. На рисунке 3.1 представлены разностные интегральные кривые среднемесячных расходов воды на реке Большая Речка, пост Посольское (бассейн реки Енисей). На рисунке видно, что колебания стока имеют одинаковый ход колебания водности, т. е. синфазны.

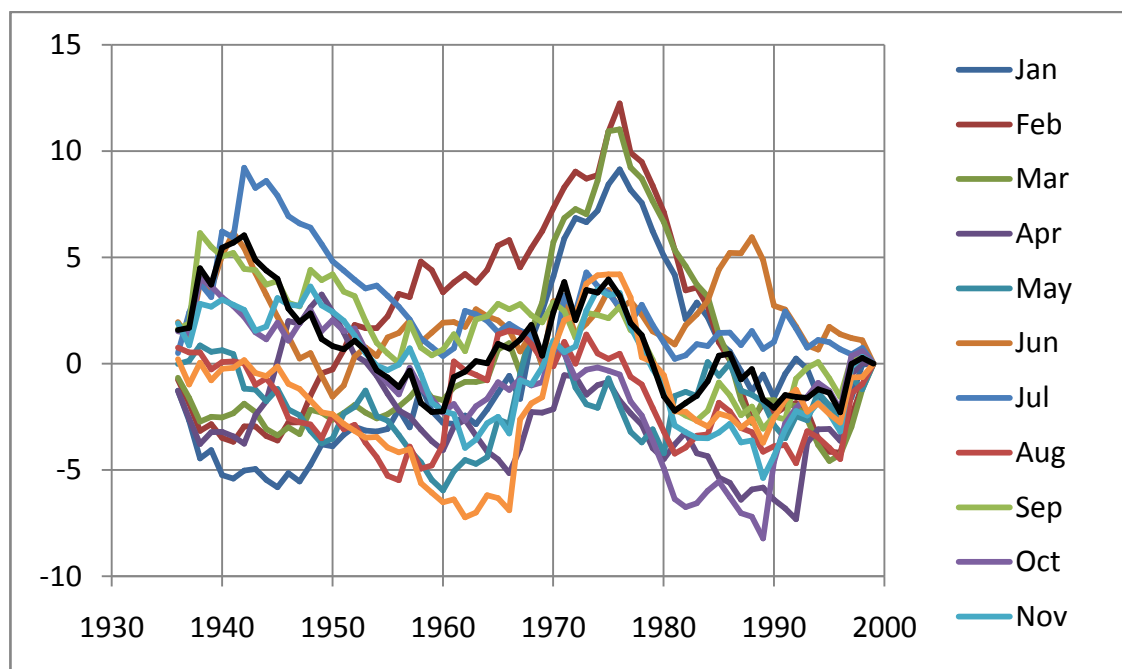


Рис. 3.1. Разностные интегральные кривые (Bol'shaya Rechka At Posol'skoye)

Приведем для примера разностные интегральные кривые среднемесячных расходов воды бассейна реки Лена (рисунок 3.2). На рисунке видно, что многоводные периоды наблюдались в основном с 1948 по 1954 гг. и с 1965 по 1970 гг., а маловодные периоды наблюдались с 1955-1959 и с 1978-1983 гг. Также на рисунке можно увидеть асинхронность в ряда различных месяцев.

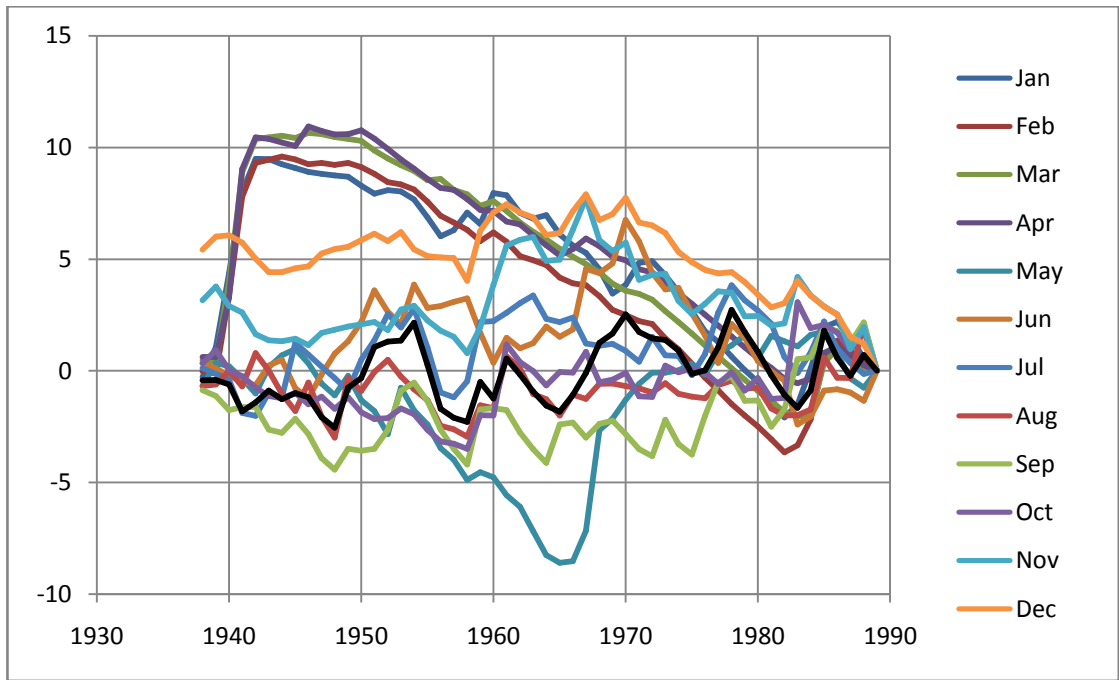


Рис. 3.2. Разностные интегральные кривые (Yana At Dzhangky)

3.2. Оценка однородности рядов среднемесячных расходов

Рассмотрим оценку однородности среднемесячных значений стока на примере реки Большая Речка (бассейн реки Енисей), пост Посольское. Была произведена проверка рядов на однородность по критериям Стьюдента и Фишера. Как видно из таблицы 3.1, при проверке на однородность по критерию Фишера, ряды были однородны только в феврале, марте, июле, августе и сентябре. Во все остальные месяцы наблюдается неоднородность рядов среднемесячных расходов воды. При проверке на однородность по критерию Стьюдента мы получили однородность по всем месяцам.

Таблица 3.1. Оценка однородности среднемесячных значений стока
(Bol'shaya Rechka At Posol'skoye)

месяц	Дисперсия		Среднее	
	F-тест	изменение	t-тест	изменение
Jan	НЕОДН	увеличение	ОДН	отсутствует
Feb	ОДН		ОДН	
Mar	ОДН		ОДН	
Apr	НЕОДН	увеличение	ОДН	
May	НЕОДН	увеличение	ОДН	
Jun	НЕОДН	увеличение	ОДН	
Jul	ОДН		ОДН	
Aug	ОДН		ОДН	
Sep	ОДН		ОДН	
Oct	НЕОДН	увеличение	ОДН	
Nov	НЕОДН	увеличение	ОДН	
Dec	НЕОДН	увеличение	ОДН	
Annual	НЕОДН	увеличение	ОДН	

3.3. Анализ связей во внутригодовом распределении

На основе большой выборки был проведен корреляционный анализ внутригодового распределения стока рек бассейна Северного Ледовитого океана. Установлена тесная стохастическая связь между расходами воды бассейна реки Енисей и бассейна реки Лена. В таблице 3.2 и в таблице 3.3 приведены оценки коэффициентов корреляции между среднемесячными расходами. Зеленым цветом в таблице показаны значения $r > 0,8$, которые можно, безусловно, использовать в качестве гидрологических аналогов. Желтым цветом показаны значения с условной возможностью использования $0,5 < r < 0,8$. Остальные значения r нельзя использовать для восстановления.

Таблица 3.2. Коэффициент корреляции среднемесячных расходов воды (Bol'shaya Rechka At Posol'skoye)

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Annual
Jan	1	0,86	0,77	0,22	0,00	-0,14	-0,11	-0,05	-0,18	-0,06	0,01	0,06	-0,06
Feb	0,03	1	0,84	0,18	0,00	-0,17	-0,11	0,12	-0,05	0,06	0,09	0,06	0,01
Mar	0,05	0,04	1	0,24	0,12	0,04	-0,06	0,15	0,04	0,15	0,16	0,18	0,18
Apr	0,12	0,12	0,12	1	0,28	-0,22	-0,10	0,21	-0,01	0,07	0,17	0,18	0,10
May	0,13	0,13	0,12	0,12	1	0,12	-0,10	0,19	0,21	0,20	0,19	0,28	0,43
Jun	0,12	0,12	0,13	0,12	0,12	1	0,25	0,14	0,38	0,18	0,20	0,18	0,66
Jul	0,12	0,12	0,13	0,12	0,12	0,12	1	0,26	0,15	0,15	0,12	0,21	0,56
Aug	0,13	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	1	0,49	0,47	0,37	0,31	0,64
Sep	0,12	0,13	0,13	0,13	0,12	0,11	0,12	0,10	1	0,77	0,68	0,42	0,71
Oct	0,13	0,13	0,12	0,13	0,12	0,12	0,12	0,10	0,05	1	0,77	0,55	0,62
Nov	0,13	0,13	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,11	0,07	0,05	1	0,77	0,58
Dec	0,13	0,13	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,11	0,10	0,09	0,05	1	0,54
Annual	0,13	0,13	0,12	0,12	0,10	0,07	0,09	0,07	0,06	0,08	0,08	0,09	1

Таблица 3.3. Коэффициент корреляции среднемесячных расходов воды
(Yana At Dzhangky)

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Annual
Jan	1	0,90	0,84	0,78	-0,06	-0,01	-0,03	0,14	-0,01	-0,05	-0,06	-0,04	0,03
Feb	0,03	1	0,97	0,90	-0,07	0,06	-0,07	0,13	0,03	-0,09	-0,09	-0,03	0,05
Mar	0,04	0,01	1	0,95	-0,11	0,03	-0,13	0,09	-0,03	-0,14	-0,11	0,00	-0,03
Apr	0,06	0,03	0,01	1	-0,09	0,05	-0,17	0,07	-0,06	-0,12	-0,03	0,06	-0,05
May	0,14	0,14	0,14	0,14	1	0,14	0,08	0,07	0,14	-0,11	-0,14	-0,08	0,34
Jun	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	1	-0,02	-0,04	-0,37	-0,12	-0,03	0,01	0,38
Jul	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	1	0,21	0,32	0,03	0,14	0,11	0,62
Aug	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,13	1	0,46	0,34	0,15	0,04	0,70
Sep	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,12	0,13	0,11	1	0,53	0,35	0,15	0,47
Oct	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,12	0,10	1	0,68	0,41	0,27
Nov	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,12	0,08	1	0,79	0,21
Dec	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,12	0,05	1	0,12
Annual	0,14	0,14	0,14	0,14	0,12	0,12	0,09	0,07	0,11	0,13	0,13	0,14	1

3.4. Визуализация внутригодового распределения

На графиках частоты повторяемости среднемесячных расходов выявлены одномодальные и полимодальные распределения. Рассмотрим это на примере реки Большая речка (бассейн реки Енисей), пост Посольское. (рис.3.4) Одномодальные распределения выявлены для ряда месяцев: апрель, июль, август, сентябрь, ноябрь, декабрь. Полимодальные распределения выявлены для следующих месяцев: февраль, май, июнь. На рисунке 3.3 наглядно представлена частота повторяемости среднемесячных расходов для всех месяцев.

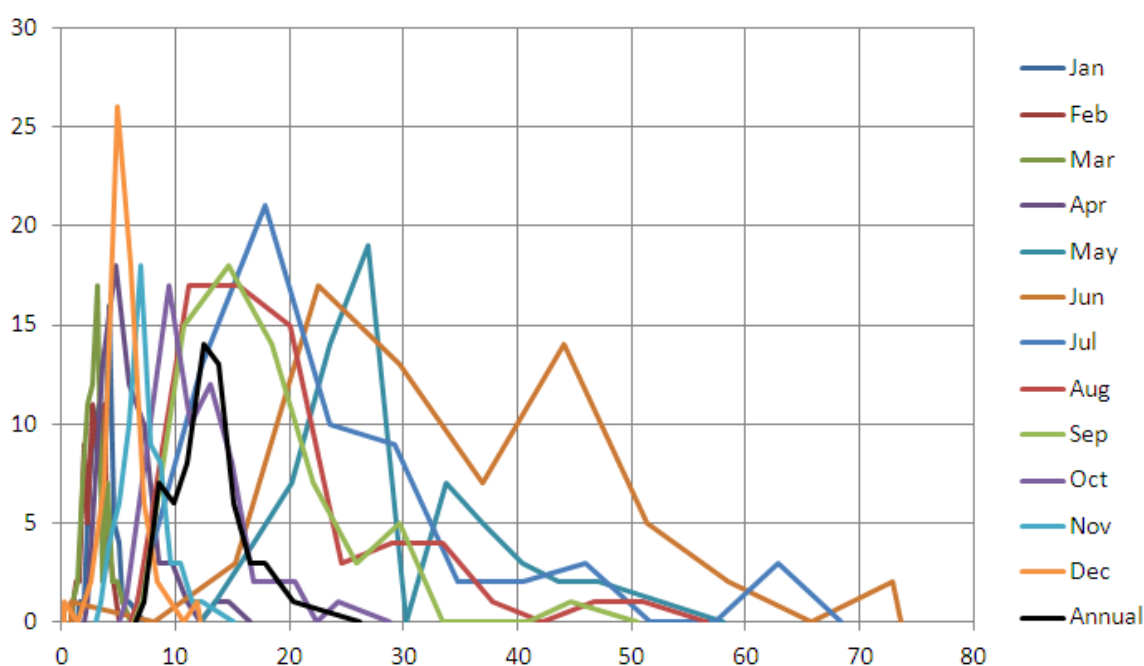
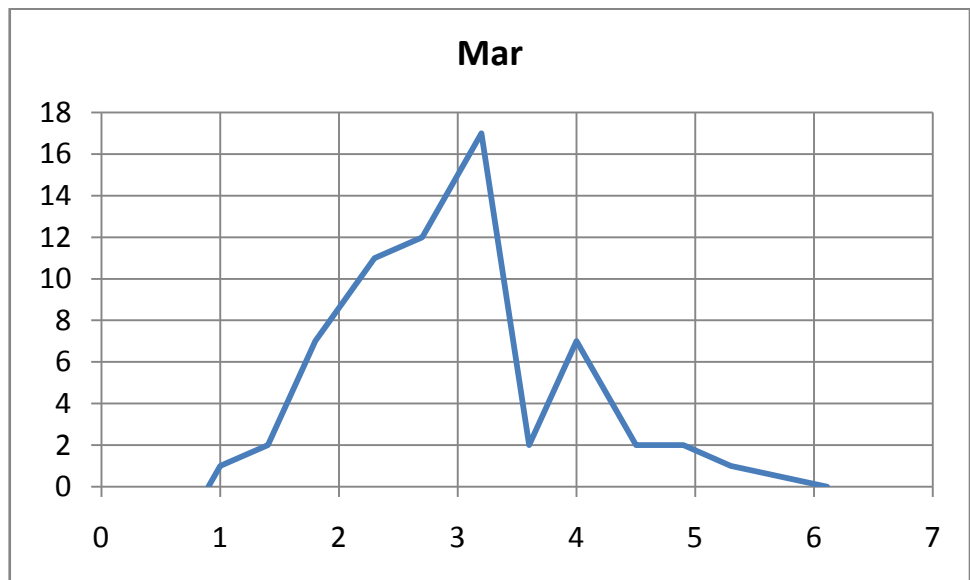
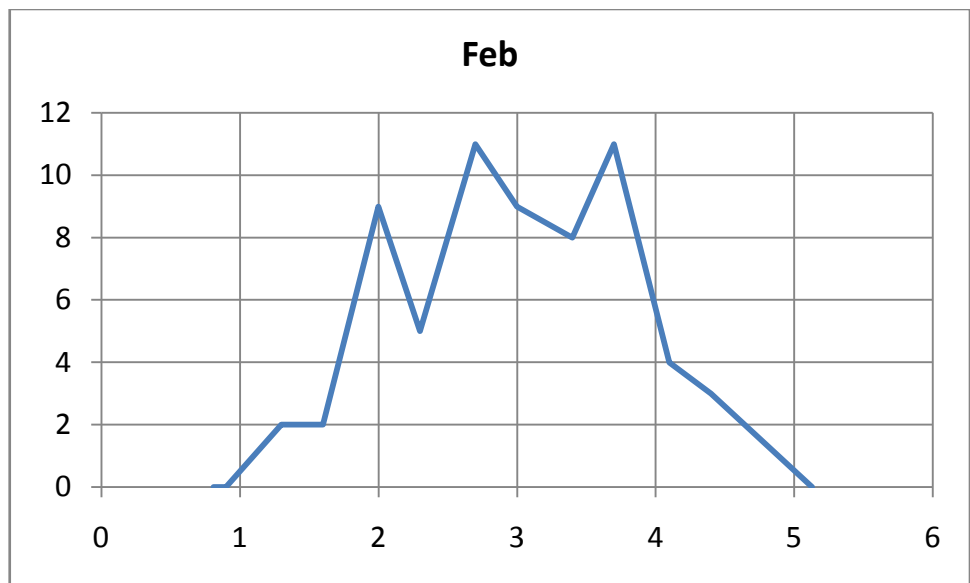
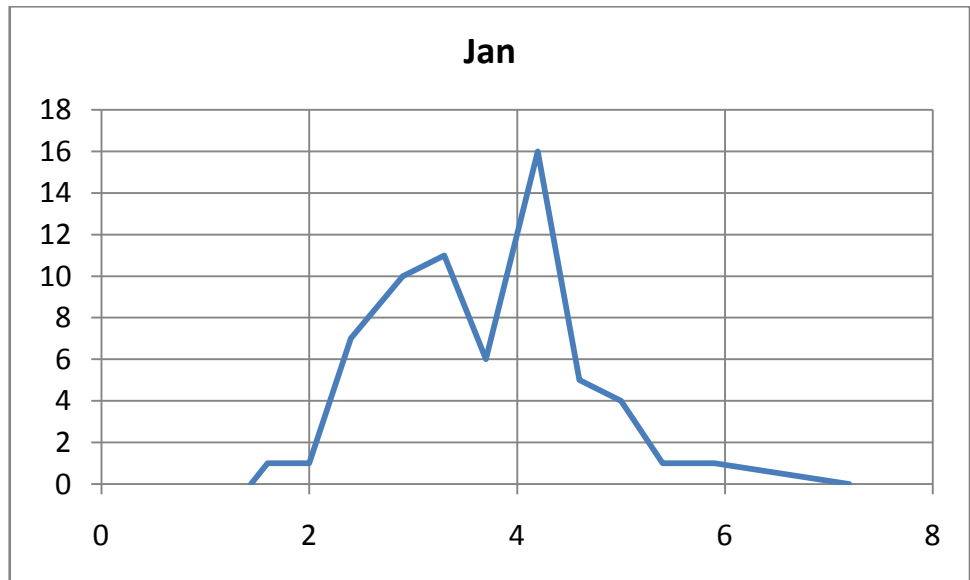
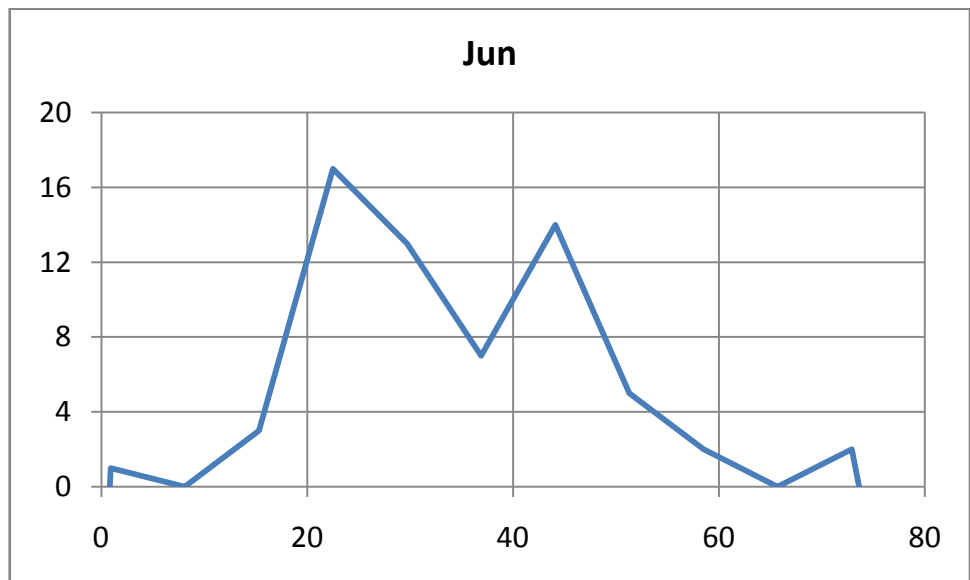
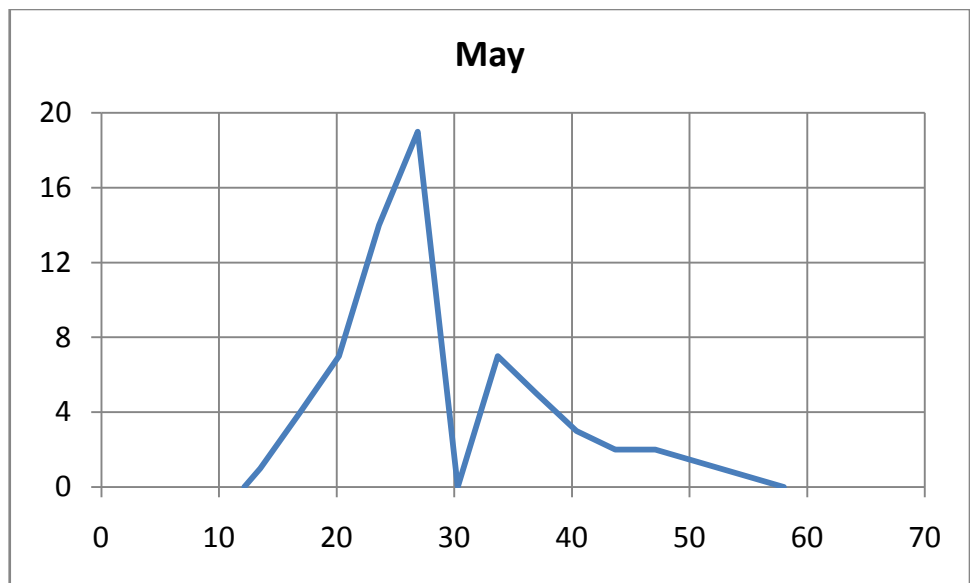
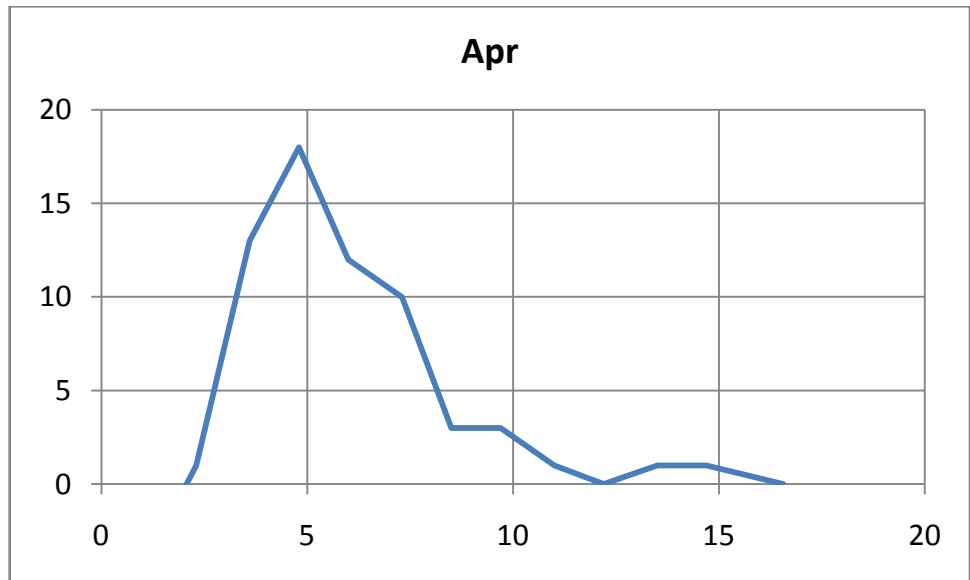
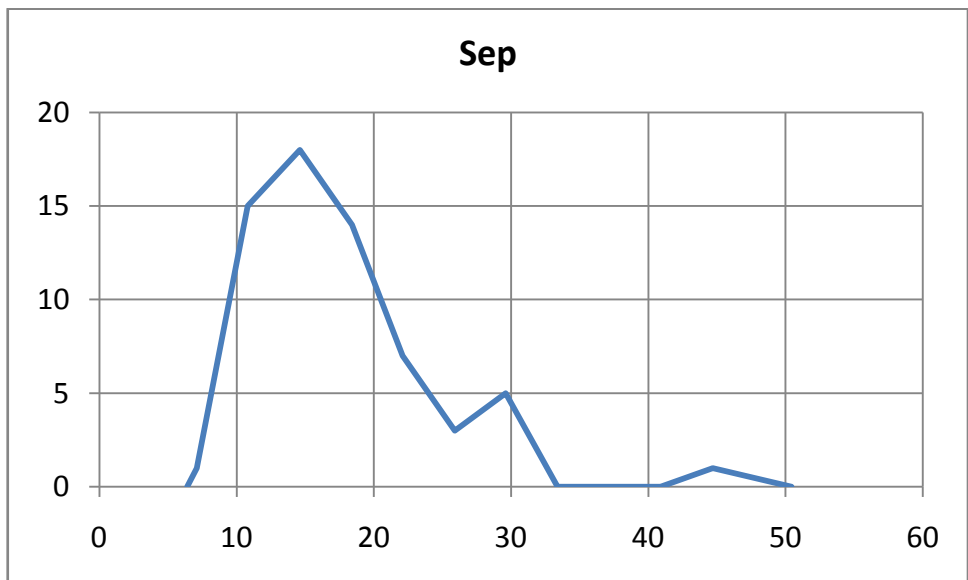
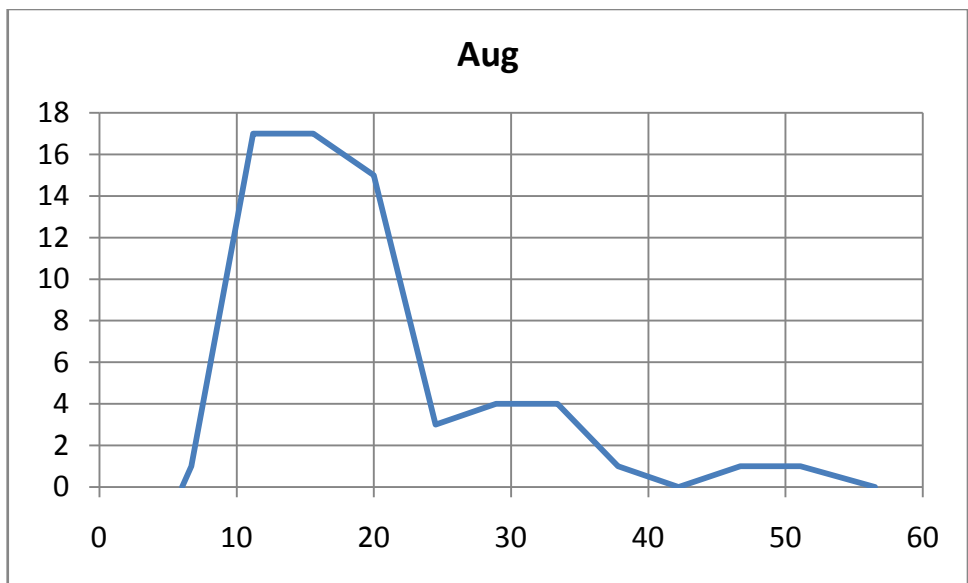
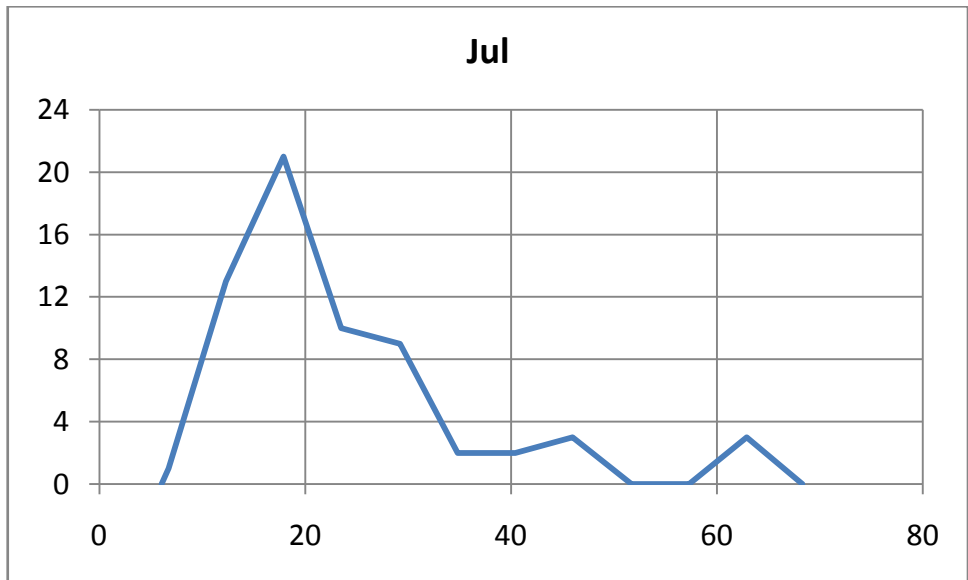
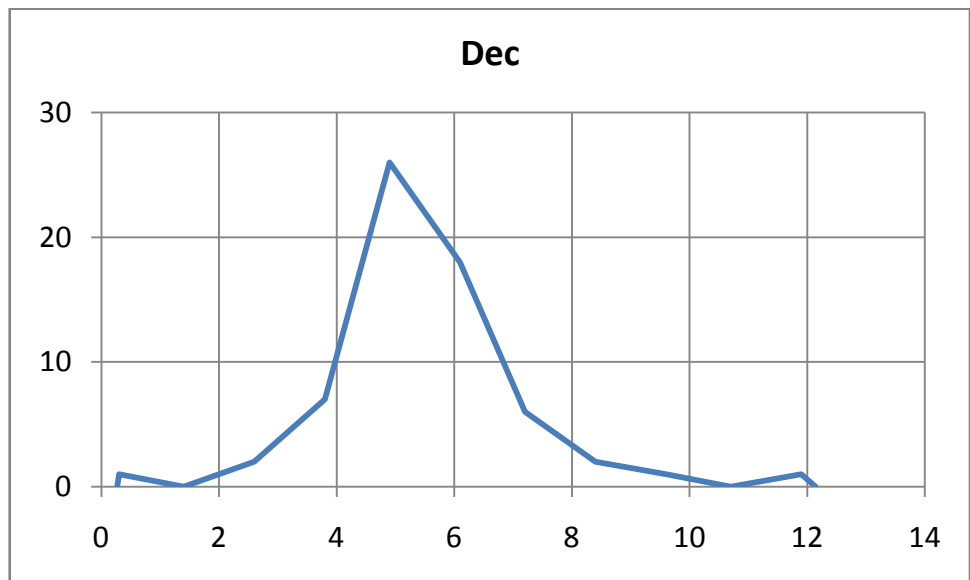
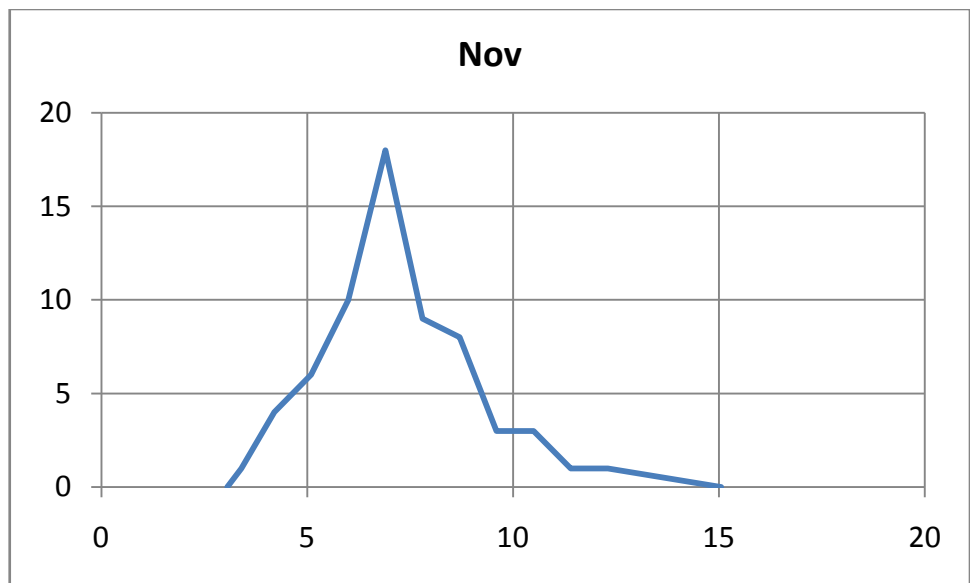
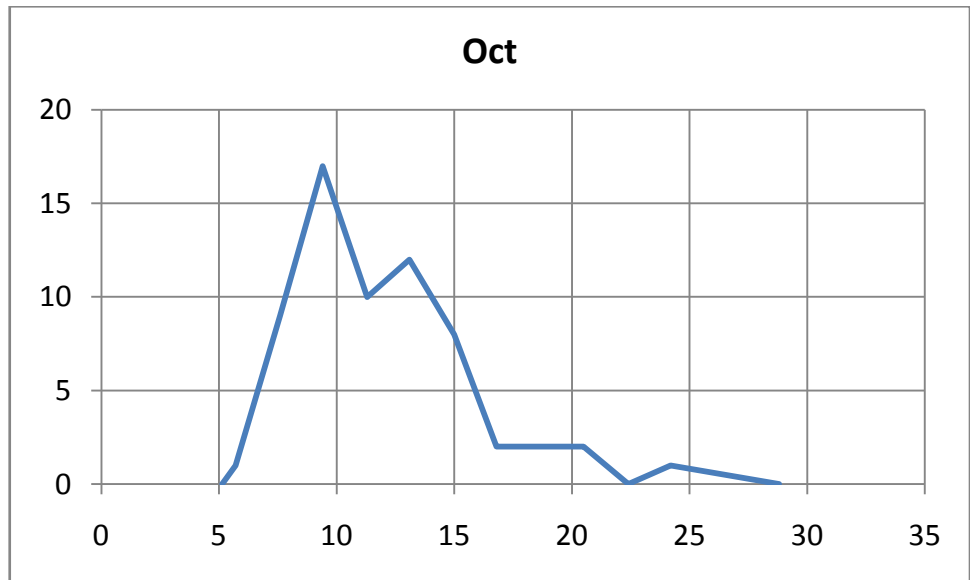


Рис. 3.3. Частота повторяемости среднемесячных расходов воды
(Bol'shaya Rechka At Posol'skoye)









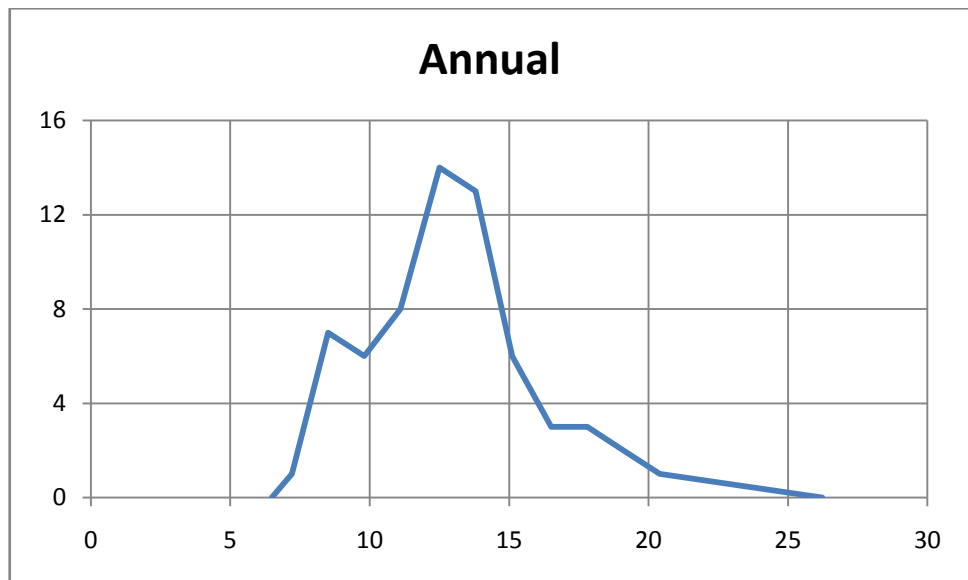


Рис. 3.4. Частота повторяемости характерных среднемесячных расходов воды (Bol'shaya Rechka At Posol'skoye)

Заключение

В данной дипломной работе для расчета использовалась непрерывная гидрологическая база среднемесячных расходов воды рек Северного Ледовитого океана до 2000 года. Была произведена выборка станций по пяти бассейнам: бассейны Баренцева моря, рек Енисей, Обь, Лена, Анадырь и Колыма. Выборка выполнена по следующим критериям:

- непрерывные данные;
- максимальное число лет наблюдений не менее 50 лет.

Для выявления фаз водности среднемесячного стока были построены разностные интегральные кривые. За рассматриваемый интервал времени выявлены периоды маловодности продолжительностью 5-10 лет и периоды многоводности продолжительностью 10-15 лет. Выявлена асинхронность в рядах различных месяцев, которая подтверждена корреляционным анализом. На основе большой выборки был проведен корреляционный анализ внутригодового распределения стока рек бассейна Северного Ледовитого океана. Установлена тесная стохастическая связь между расходами воды бассейна реки Енисей и бассейна реки Лена.

На графиках частоты повторяемости среднемесячных расходов выявлены полимодальные распределения для ряда месяцев (к примеру, май и июнь для реки Большая Речка, пост Посольское).

Эти особенности необходимо будет учесть при стохастическом моделировании внутригодового распределения стока рек бассейна Северного Ледовитого океана.

Таким образом, были выполнены цели данной дипломной работы:

- оценить периоды водности и однородность рядов стока в Северный Ледовитый океан;
- построить гистограммы распределения внутригодового речного стока;
- дать оценку внутригодовых изменений стока.

Список использованных источников

1. Гайдукова Е.В., Хаустов В.А., Дехтярев А.А., Голованова Е.Ю., Куасси М. Оценка долгосрочных изменений вероятностных характеристик максимального стока // // ученые записки рггму. – 2013, №16. – с. 60-64.
2. Георгиевский Ю.М., Шаночкин С.В. Гидрологические прогнозы // РГГМУ. – 2007. – 435 с.
3. Методы статистической обработки гидрометеорологической информации// РГГМУ. - 2007. – 278 с.
4. Земцов А.А., Мизеров Б.В., Николаев В.А. и др. Рельеф Западно – Сибирской равнины Новосибирск: Наука. Сиб.отд-ние, 1988. 192с.
5. Коваленко В.В. Моделирование гидрологических процессов. - СПб.: Гидрометеиздат, 1993. - 256 с.
6. Коваленко В.В., Викторова Н.В., Гайдукова Е.В. Моделирование гидрологических процессов: учеб. -изд. 2-е, испр. и доп. -СПб.: изд. РГГМУ, 2006. -559 с.
7. Евстигнеев В.М. Речной сток и гидрологические расчеты / В.М. Евстигнеев. М.: Изд-во МГУ, 1990. - 304 с.
8. Клибашев К.П. . Гидрологические расчеты / К.П. Клибашев, И.Ф. Горошков. - Л.: Гидрометеиздат, 1970. - 460 с.
9. Горошков И.Ф. Гидрологические расчёты / И.Ф. Горошков. Л.: Гидрометеиздат, 1979.- 431с.
10. Расчет стока рек и временных водотоков / под ред. А. Г. Курдова. - Воронеж: Изд - во ВГУ, 1979. - 200 с.
11. Владимиров А.М. Гидрологические расчеты: учеб. для вузов / А.М. Владимиров. - Л.: Гидрометеиздат. - 1990. - 364 с.
12. Владимиров А.М. Сборник задач и упражнений по гидрологическим расчетам / А.М. Владимиров, В.С. Дружинин. - Л.: Гидрометеиздат, 1992. - 208 с.

13. Горошков И.Ф. Гидрологические расчеты. – Л.: Гидрометеоиздат, 1979
14. Г.В. Железняков, Т.А. Неговская, Е.Е. Овчаров. Гидрология, гидрометрия и регулирование стока. – М.: колос, 1984. – 205 с.

**Разностные интегральные кривые среднемесячных расходов воды
(бассейн Баренцева моря)**

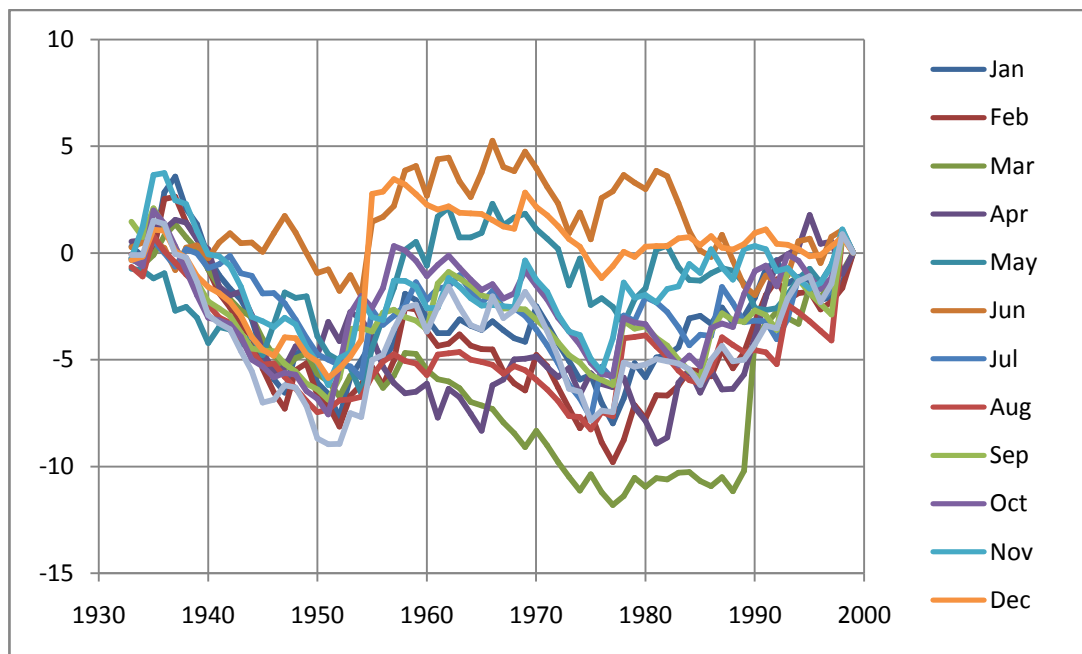


Рис. 1. Sukhona At Tot'ma

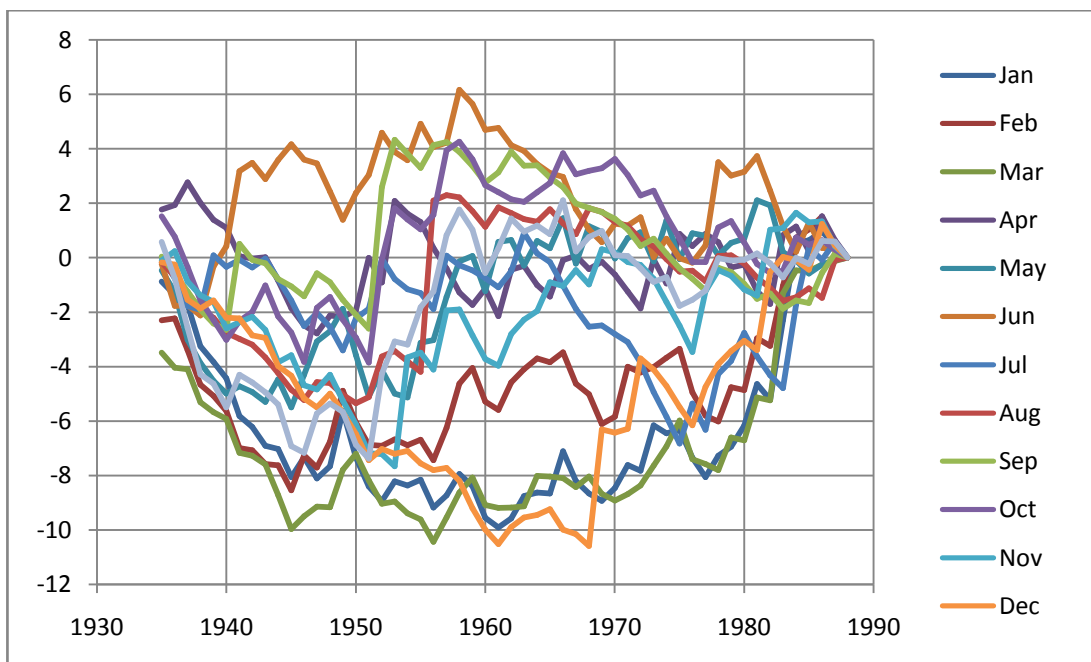


Рис. 2. Ust'ya At Shangaly

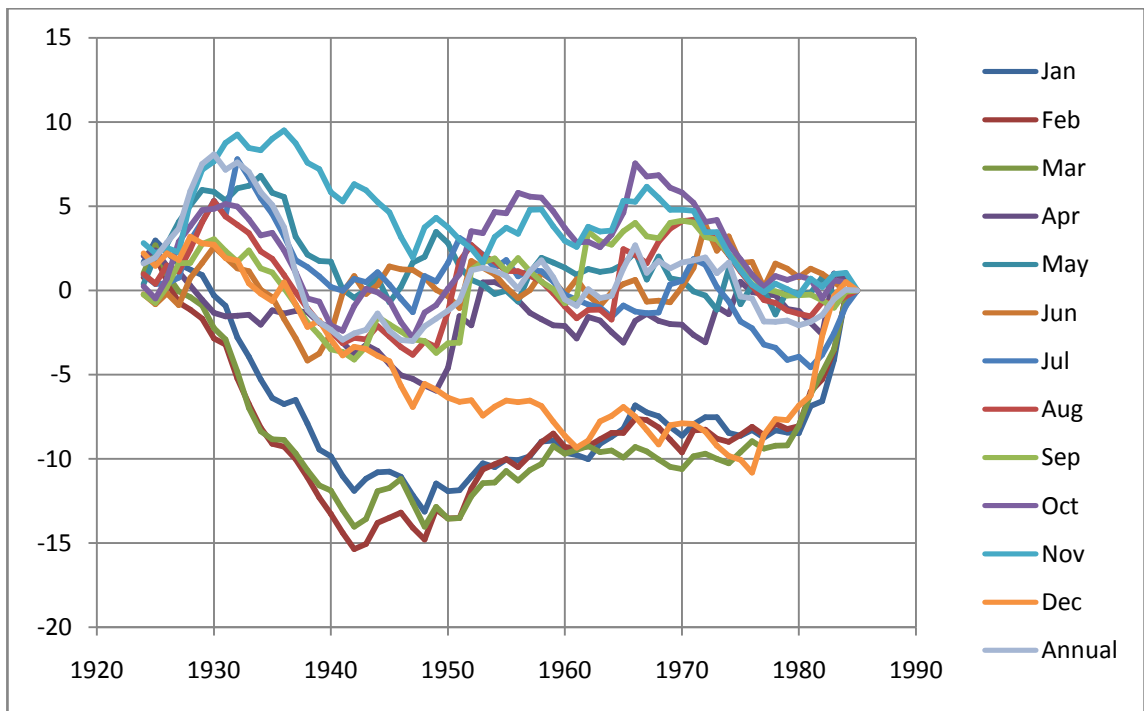


Рис. 3. Vuchegda At Syktyvkar

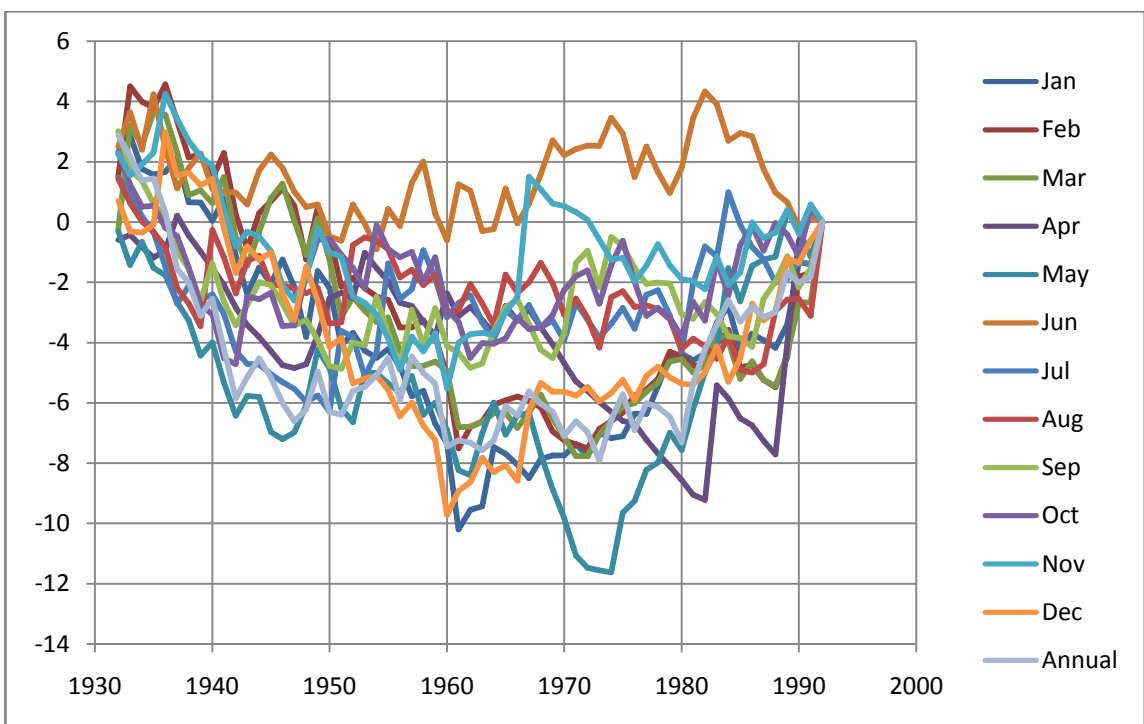


Рис. 4. Pecha At Padun

**Разностные интегральные кривые среднемесячных расходов воды
(бассейн рек Анадырь и Колыма)**

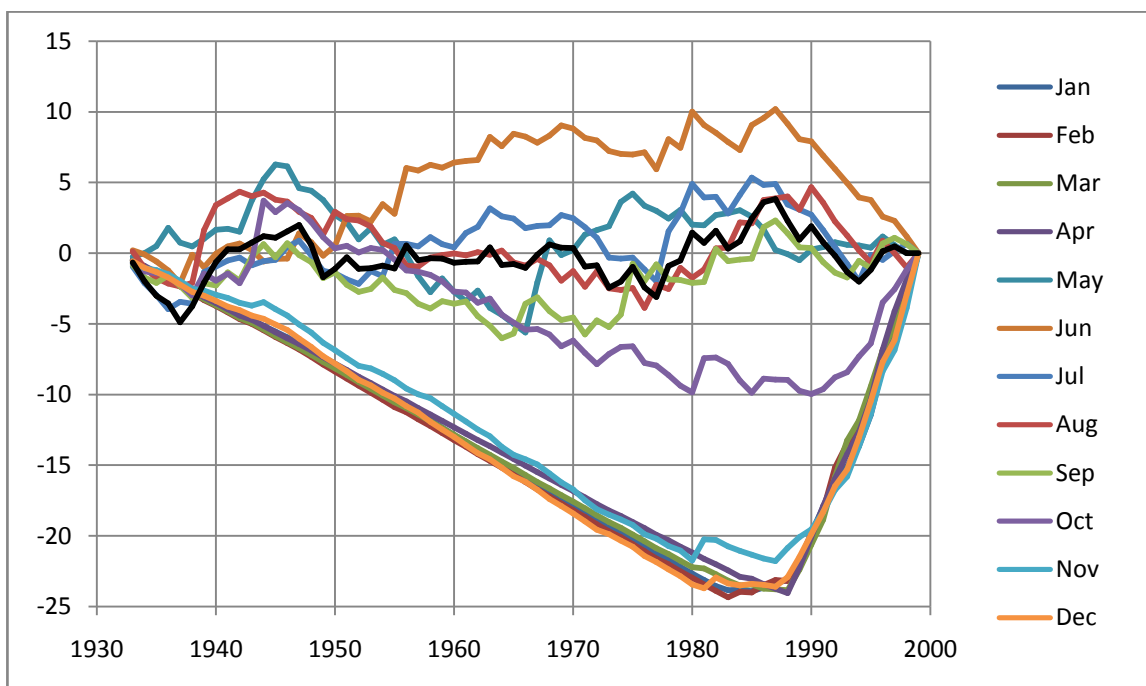


Рис. 5. Kolyma At Ust'-Srednekan

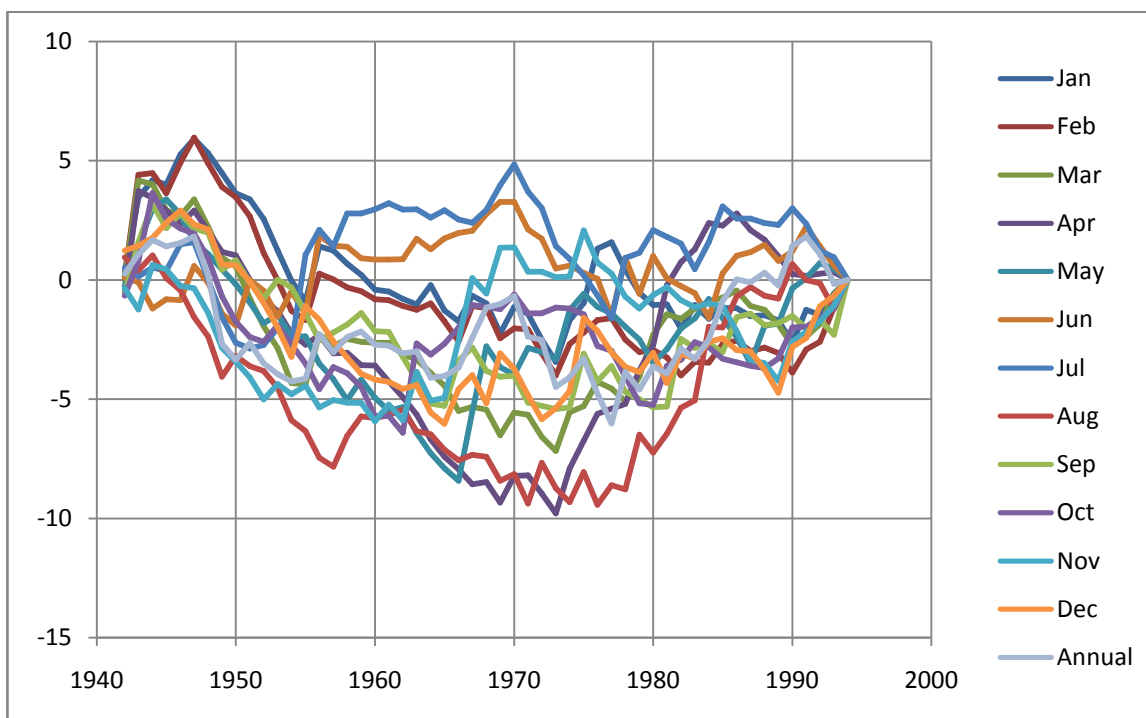


Рис. 6. Kulu At Kulu

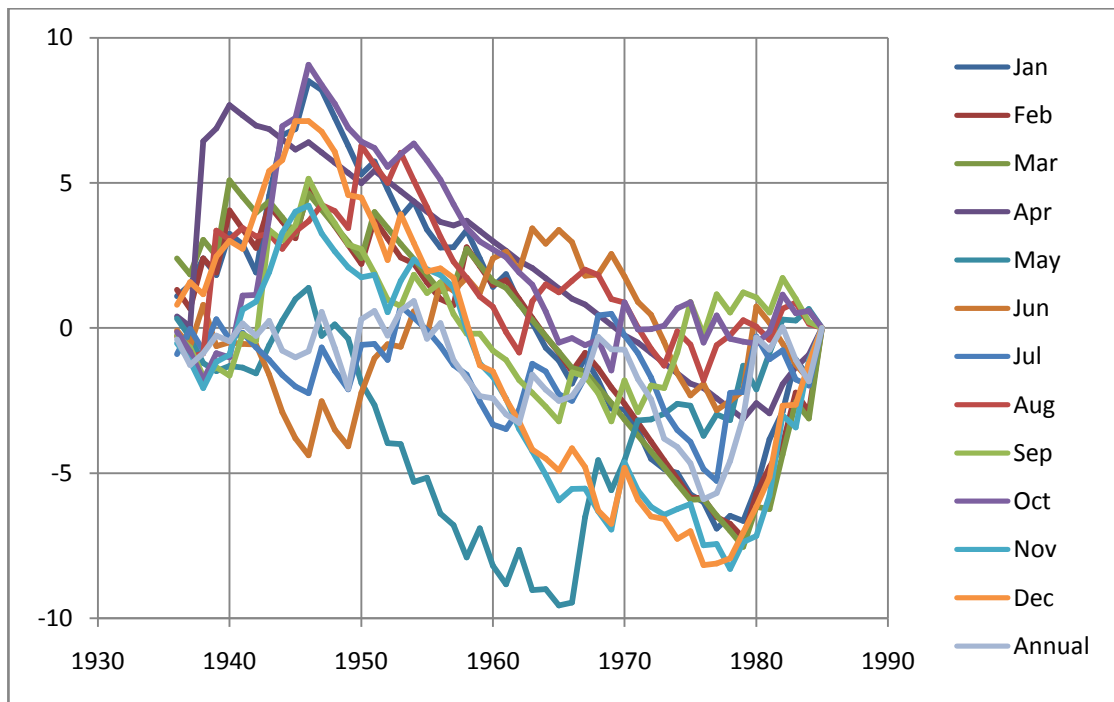


Рис. 7. Srednekan (Srednikan) At Srednekan

**Разностные интегральные кривые среднемесячных расходов воды
(бассейн реки Енисей)**

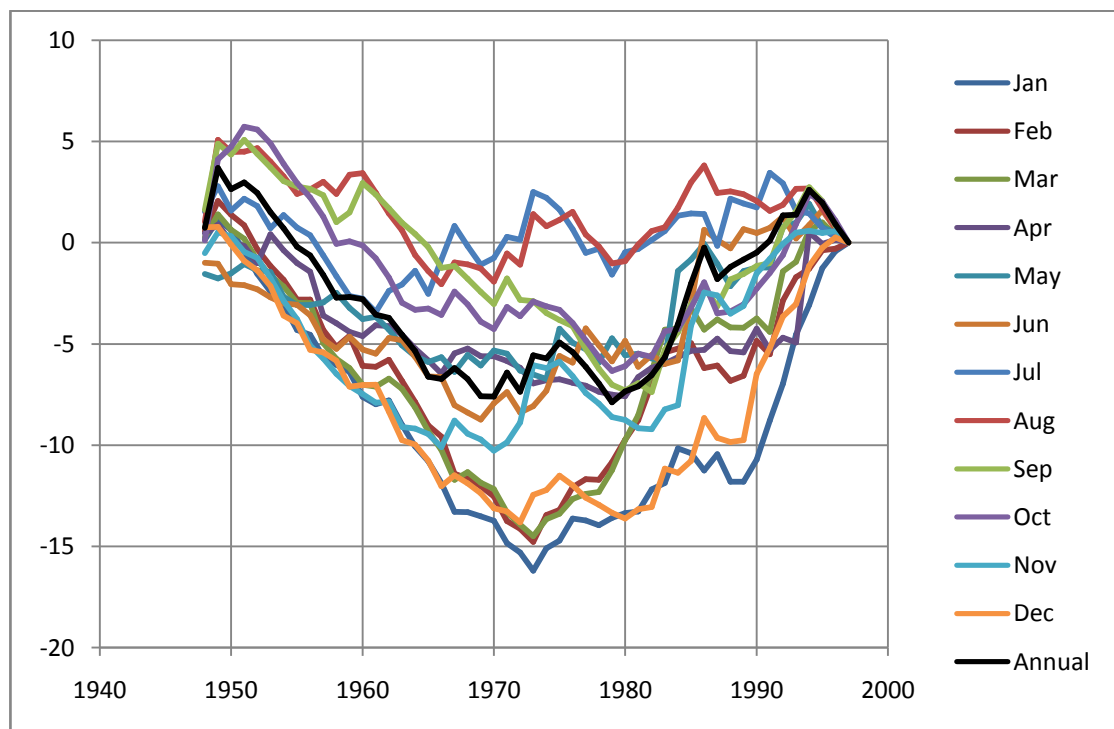


Рис. 8. Barguzin At Mogoito

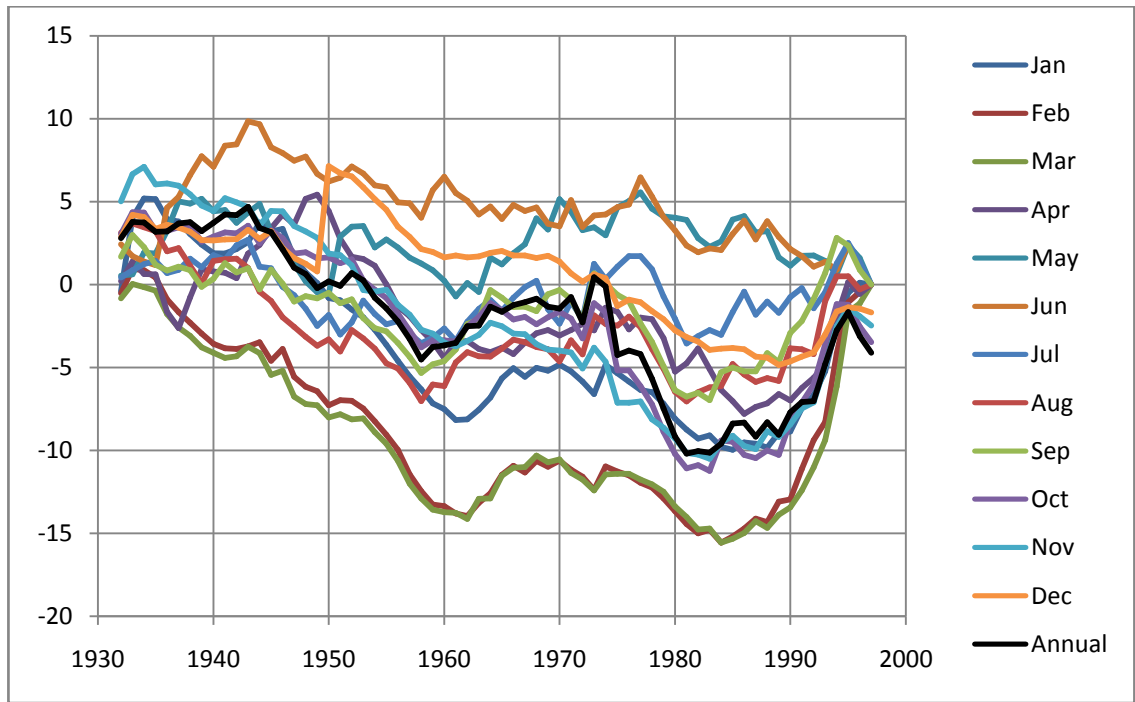


Рис. 9. Selenga At Novoselenginsk

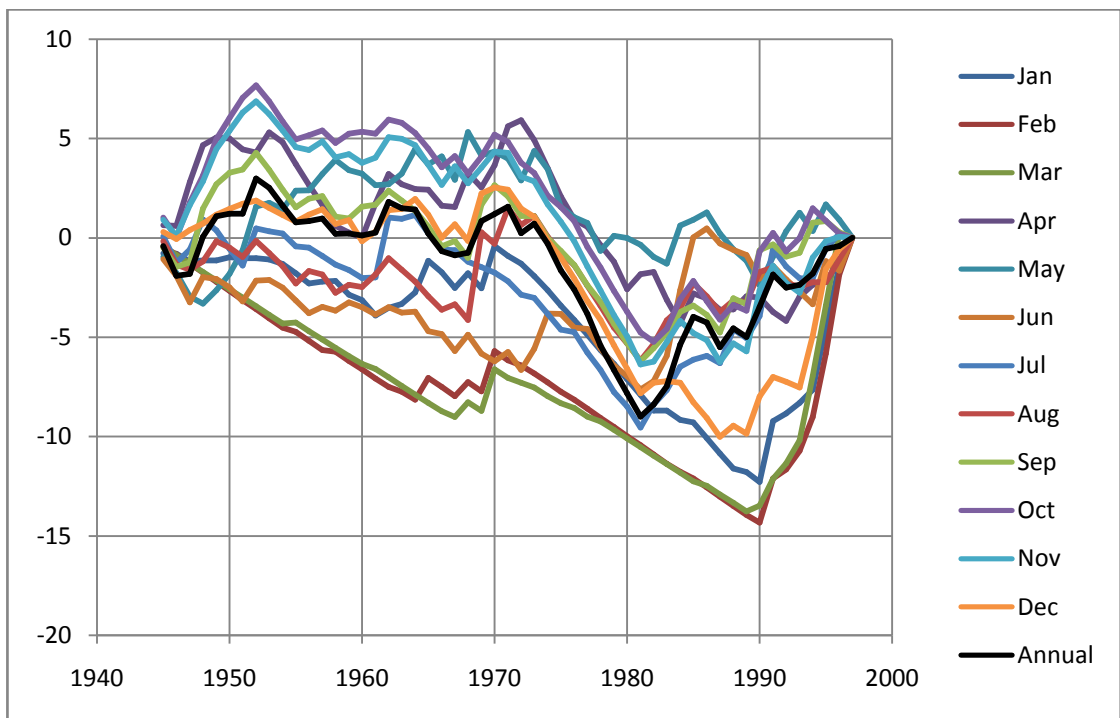


Рис.10. Khilok At Khilok

**Разностные интегральные кривые среднемесячных расходов воды
(бассейн реки Обь)**

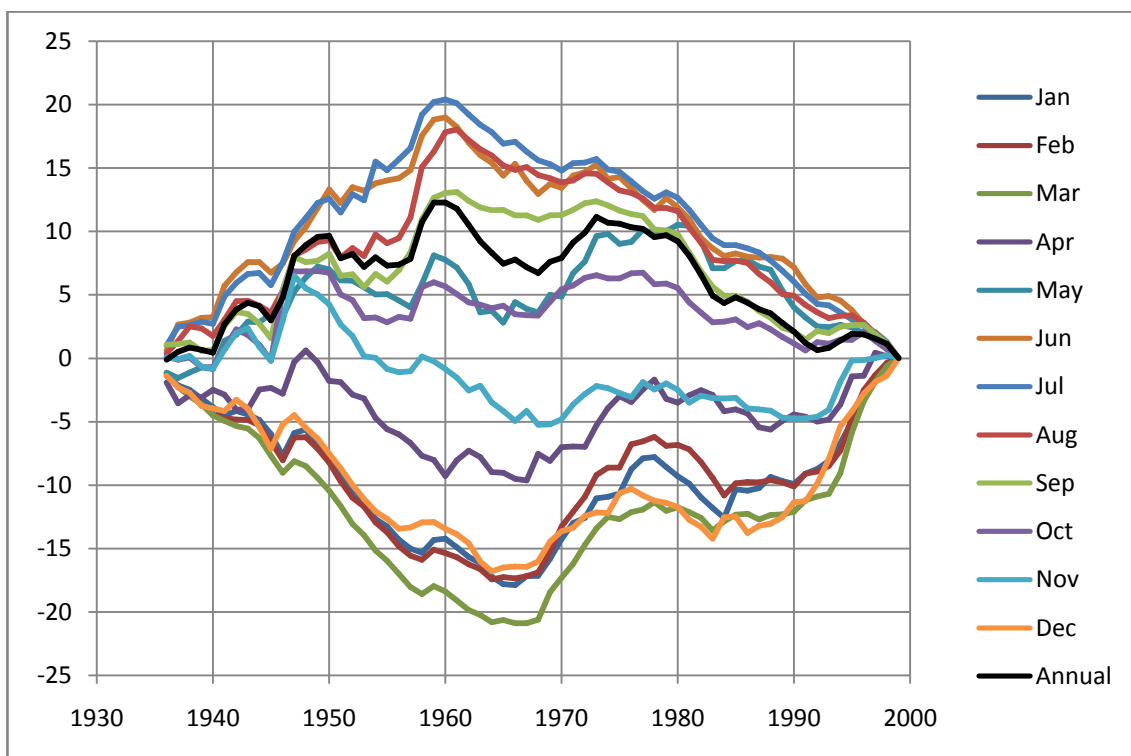


Рис. 11. Irtysh At Omsk

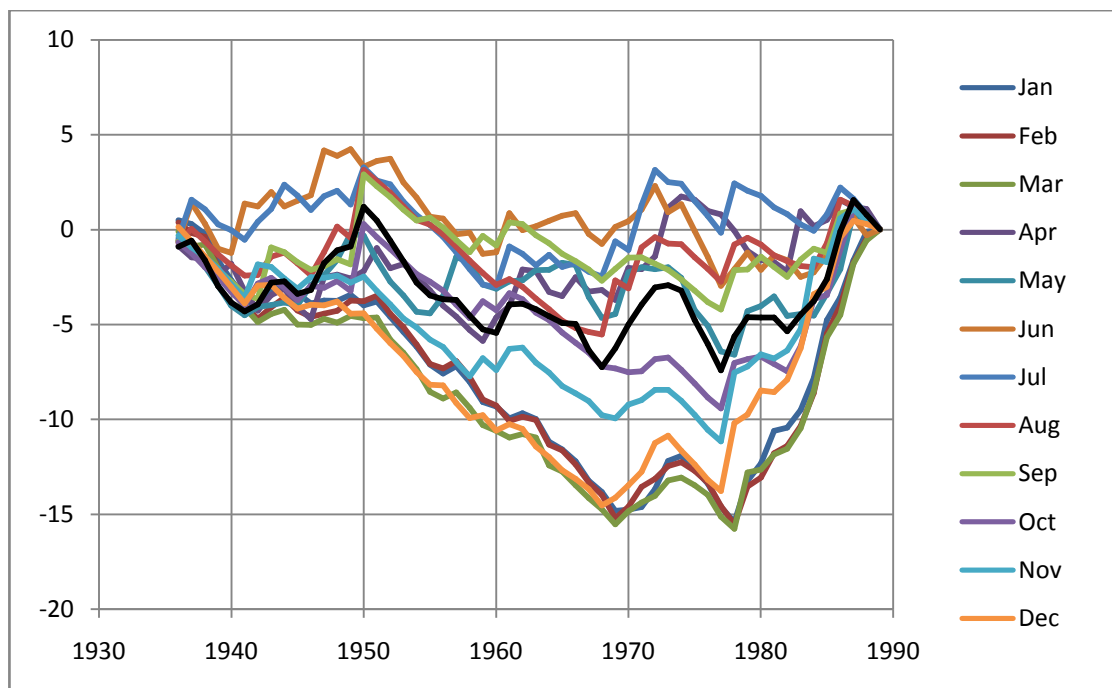


Рис. 12. Tura At Turinsk

Разностные интегральные кривые среднемесячных расходов воды (бассейн реки Лена)

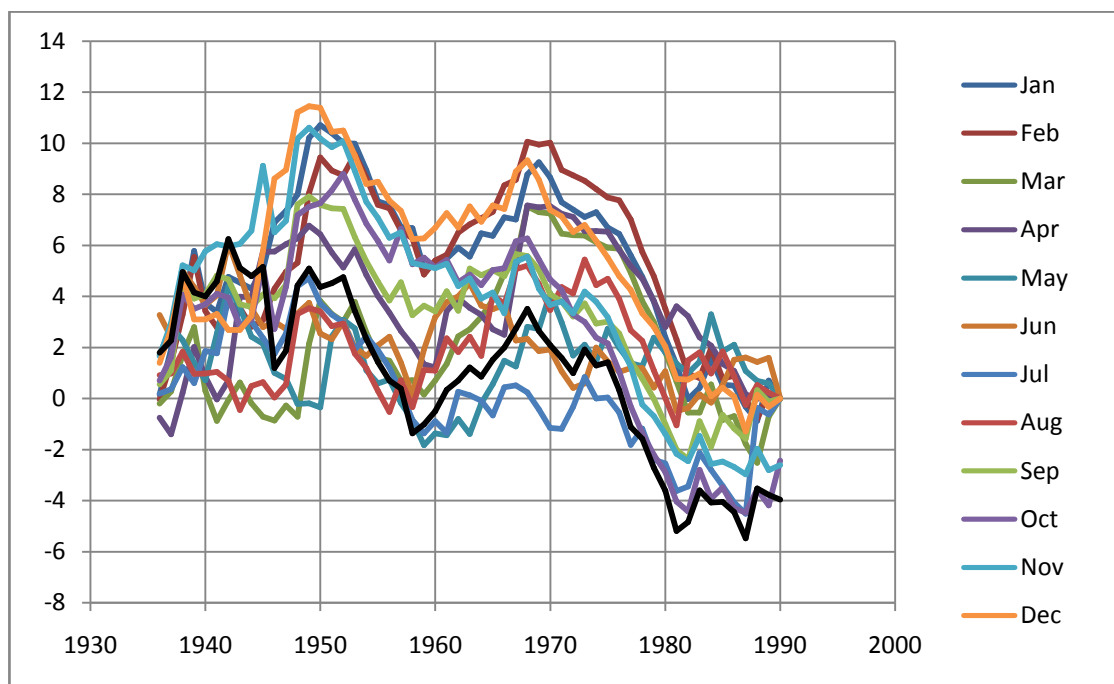


Рис. 13. Lena At Kachug

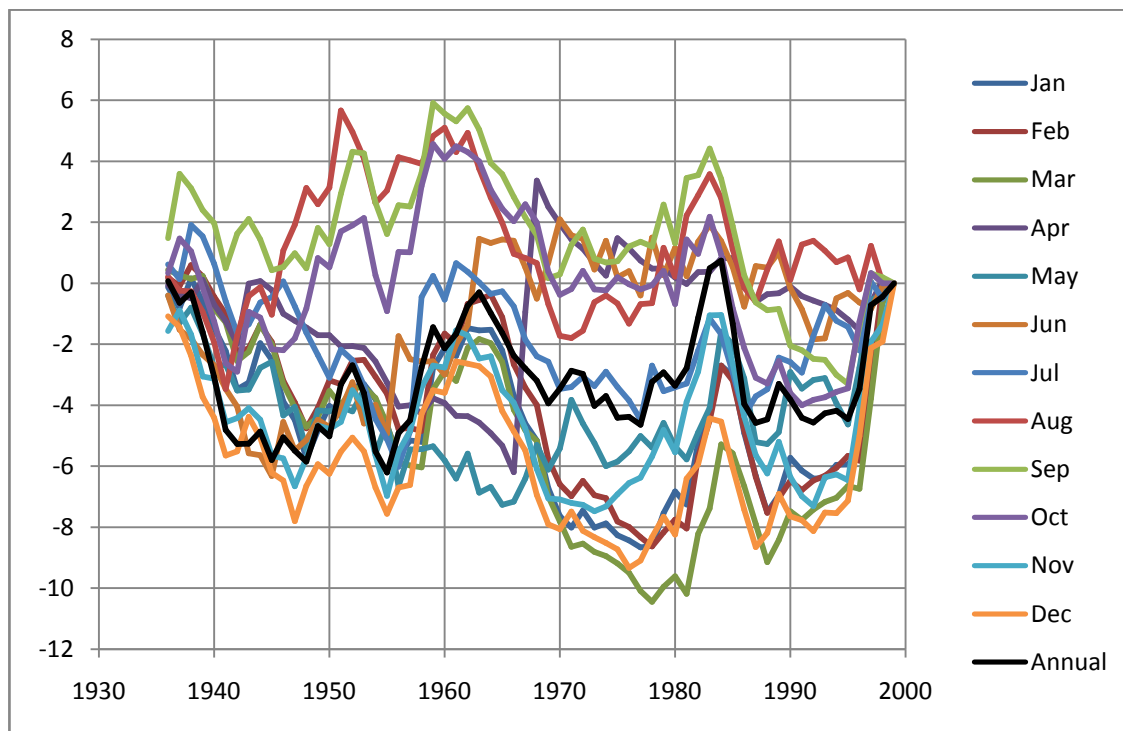


Рис. 14. Aldan At Tommot

**Коэффициент корреляции среднемесячных расходов воды
(бассейн Баренцева моря)**

Таблица 1. Sukhona At Tot'ma

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Annual
Jan	1	0,97	0,59	0,30	0,08	0,05	0,11	0,09	0,08	0,19	0,14	0,18	0,34
Feb	0,01	1	0,68	0,30	0,11	0,07	0,14	0,11	0,08	0,21	0,14	0,17	0,37
Mar	0,08	0,07	1	0,41	-0,05	0,00	0,06	0,07	0,09	0,22	0,08	0,12	0,29
Apr	0,11	0,11	0,10	1	-0,35	-0,17	-0,18	-0,15	-0,04	0,08	0,05	-0,03	0,15
May	0,12	0,12	0,12	0,11	1	0,12	0,42	0,28	0,22	0,17	0,13	0,33	0,62
Jun	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	1	0,65	0,30	0,22	0,14	0,10	0,45	0,69
Jul	0,12	0,12	0,12	0,12	0,10	0,07	1	0,72	0,50	0,36	0,23	0,43	0,70
Aug	0,12	0,12	0,12	0,12	0,11	0,11	0,06	1	0,84	0,66	0,45	0,28	0,68
Sep	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,09	0,04	1	0,79	0,49	0,21	0,65
Oct	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,11	0,07	0,05	1	0,77	0,33	0,68
Nov	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,10	0,09	0,05	1	0,37	0,56
Dec	0,12	0,12	0,12	0,12	0,11	0,10	0,10	0,11	0,12	0,11	0,11	1	0,59
Annual	0,11	0,11	0,11	0,12	0,08	0,06	0,06	0,07	0,07	0,07	0,08	0,08	1

Таблица 2. Ust'ya At Shangaly

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Annual
Jan	1	0,82	0,66	0,29	0,14	-0,21	0,05	-0,14	-0,09	0,15	0,06	0,05	0,23
Feb	0,04	1	0,76	0,03	0,33	-0,16	0,00	-0,12	-0,09	0,07	0,06	0,00	0,23
Mar	0,08	0,06	1	0,10	0,09	-0,21	-0,09	-0,12	-0,18	-0,05	-0,01	0,02	0,01
Apr	0,13	0,14	0,14	1	-0,50	-0,40	-0,16	-0,20	-0,04	0,10	-0,04	0,03	-0,05
May	0,13	0,12	0,14	0,10	1	0,14	-0,02	0,14	0,17	0,20	0,03	-0,02	0,65
Jun	0,13	0,13	0,13	0,12	0,13	1	0,38	0,01	0,29	0,14	-0,03	-0,08	0,32
Jul	0,14	0,14	0,14	0,13	0,14	0,12	1	0,15	0,30	0,38	0,10	0,05	0,36
Aug	0,13	0,14	0,14	0,13	0,13	0,14	0,13	1	0,38	0,34	-0,06	-0,03	0,35
Sep	0,14	0,14	0,13	0,14	0,13	0,13	0,13	0,12	1	0,70	0,06	0,13	0,66
Oct	0,13	0,14	0,14	0,14	0,13	0,13	0,12	0,12	0,07	1	0,27	0,15	0,75
Nov	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,13	1	0,56	0,25
Dec	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,13	0,13	0,09	1	0,18
Annual	0,13	0,13	0,14	0,14	0,08	0,12	0,12	0,12	0,08	0,06	0,13	0,13	1

Таблица 3. Vuchegda At Syktyvkar

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Annual
Jan	1	0,91	0,84	0,27	0,06	0,02	0,09	0,12	0,15	0,20	0,13	0,29	0,32
Feb	0,02	1	0,93	0,18	0,07	0,08	0,03	0,05	0,19	0,11	0,07	0,25	0,28
Mar	0,04	0,02	1	0,18	0,08	0,02	0,01	0,00	0,15	-0,01	-0,01	0,25	0,22
Apr	0,12	0,12	0,12	1	-0,32	-0,42	0,03	0,09	0,04	0,15	0,03	0,07	0,00
May	0,13	0,13	0,13	0,11	1	0,13	0,12	0,07	0,03	0,04	0,09	0,01	0,55
Jun	0,13	0,13	0,13	0,11	0,13	1	0,17	0,21	0,23	0,17	0,04	-0,02	0,48
Jul	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,12	1	0,58	0,16	0,30	0,40	0,40	0,58
Aug	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,12	0,08	1	0,45	0,47	0,37	0,30	0,63
Sep	0,13	0,12	0,13	0,13	0,13	0,12	0,12	0,10	1	0,52	0,12	0,08	0,51
Oct	0,12	0,13	0,13	0,12	0,13	0,12	0,12	0,10	0,09	1	0,47	0,24	0,61
Nov	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,11	0,11	0,13	0,10	1	0,48	0,47
Dec	0,12	0,12	0,12	0,13	0,13	0,13	0,11	0,12	0,13	0,12	0,10	1	0,33
Annual	0,12	0,12	0,12	0,13	0,09	0,10	0,09	0,08	0,09	0,08	0,10	0,11	1

Таблица 4. Pecha At Padun

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Annual
Jan	1	0,83	0,68	0,27	0,24	0,03	0,10	0,14	0,06	-0,04	-0,01	-0,10	0,25
Feb	0,04	1	0,87	0,28	0,23	0,08	0,13	0,18	0,05	-0,11	0,05	0,01	0,28
Mar	0,07	0,03	1	0,25	0,17	0,15	0,03	0,20	-0,04	-0,15	0,01	0,05	0,24
Apr	0,12	0,12	0,12	1	0,14	-0,20	-0,06	-0,04	-0,14	0,01	0,12	0,10	0,06
May	0,12	0,12	0,13	0,13	1	0,12	0,12	0,26	0,17	0,14	0,21	0,20	0,49
Jun	0,13	0,13	0,13	0,12	0,13	1	0,41	0,14	0,11	0,09	0,17	0,10	0,47
Jul	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,11	1	0,38	0,21	0,02	0,09	0,09	0,62
Aug	0,13	0,12	0,12	0,13	0,12	0,13	0,11	1	0,56	0,15	0,15	0,22	0,67
Sep	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,12	0,09	1	0,52	0,25	0,27	0,62
Oct	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,09	1	0,43	0,36	0,45
Nov	0,13	0,13	0,13	0,13	0,12	0,13	0,13	0,13	0,12	0,11	1	0,74	0,48
Dec	0,13	0,13	0,13	0,13	0,12	0,13	0,13	0,12	0,12	0,11	0,06	1	0,43
Annual	0,12	0,12	0,12	0,13	0,10	0,10	0,08	0,07	0,08	0,10	0,10	0,10	1

**Коэффициент корреляции среднемесячных расходов воды
(бассейн рек Анадырь и Колыма)**

Таблица 5. Kolyma At Ust'-Srednekan

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Annual
Jan	1	0,97	0,95	0,97	0,00	-0,34	-0,10	-0,05	0,01	0,43	0,89	0,94	0,01
Feb	0,01	1	0,97	0,95	0,00	-0,34	-0,12	-0,07	-0,01	0,42	0,87	0,93	-0,01
Mar	0,01	0,01	1	0,95	0,00	-0,36	-0,14	-0,13	-0,06	0,40	0,89	0,94	-0,06
Apr	0,01	0,01	0,01	1	0,01	-0,34	-0,10	-0,12	-0,01	0,41	0,85	0,93	-0,02
May	0,12	0,12	0,12	0,12	1	0,12	-0,08	0,16	0,20	0,26	0,04	0,02	0,12
Jun	0,11	0,11	0,11	0,11	0,12	1	0,39	-0,14	-0,11	-0,34	-0,44	-0,40	0,61
Jul	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,10	1	0,21	-0,01	-0,04	-0,13	-0,10	0,66
Aug	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	1	0,41	0,16	0,00	-0,05	0,43
Sep	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,10	1	0,40	0,06	0,04	0,40
Oct	0,10	0,10	0,10	0,10	0,11	0,11	0,12	0,12	0,10	1	0,60	0,46	0,17
Nov	0,02	0,03	0,03	0,03	0,12	0,10	0,12	0,12	0,12	0,08	1	0,94	-0,04
Dec	0,01	0,02	0,01	0,02	0,12	0,10	0,12	0,12	0,12	0,10	0,01	1	-0,02
Annual	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,08	0,07	0,10	0,10	0,12	0,12	0,12	1

Таблица 6. Srednekan (Srednikan) At Srednekan

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Annual
Jan	1	0,79	0,68	0,33	0,17	-0,01	0,00	-0,07	0,22	0,39	0,33	0,34	0,14
Feb	0,05	1	0,93	0,52	-0,02	0,24	0,03	-0,08	0,03	0,03	0,10	0,16	0,21
Mar	0,08	0,02	1	0,49	-0,05	0,24	0,02	-0,06	-0,03	-0,01	0,12	0,22	0,18
Apr	0,13	0,10	0,11	1	-0,12	0,24	-0,05	0,07	-0,14	-0,11	0,01	0,09	0,14
May	0,14	0,14	0,14	0,14	1	0,14	-0,08	0,01	0,27	0,38	0,35	0,21	-0,08
Jun	0,14	0,13	0,13	0,13	0,14	1	0,39	-0,06	-0,28	-0,39	-0,23	-0,14	0,60
Jul	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,12	1	0,42	-0,11	-0,06	0,04	0,14	0,76
Aug	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,12	1	0,25	0,24	0,24	0,32	0,52
Sep	0,14	0,14	0,14	0,14	0,13	0,13	0,14	0,13	1	0,71	0,51	0,40	0,22
Oct	0,12	0,14	0,14	0,14	0,12	0,12	0,14	0,13	0,07	1	0,72	0,48	0,13
Nov	0,13	0,14	0,14	0,14	0,13	0,14	0,14	0,13	0,11	0,07	1	0,78	0,23
Dec	0,13	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,13	0,12	0,11	0,06	1	0,27
Annual	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,09	0,06	0,10	0,14	0,14	0,14	0,13	1

**Коэффициент корреляции среднемесячных расходов воды
(бассейн реки Енисей)**

Таблица 7. Barguzin At Mogoito.

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Annual
Jan	1	0,77	0,66	0,33	0,30	0,10	-0,19	0,06	0,17	0,23	0,17	0,42	0,22
Feb	0,06	1	0,90	0,32	0,16	0,14	-0,13	0,16	0,28	0,26	0,15	0,35	0,29
Mar	0,08	0,03	1	0,47	0,21	0,21	-0,05	0,16	0,35	0,28	0,18	0,34	0,36
Apr	0,13	0,13	0,11	1	0,21	0,13	-0,03	0,09	0,28	0,31	0,15	0,40	0,30
May	0,13	0,14	0,14	0,14	1	0,14	-0,13	0,15	0,18	0,20	0,19	0,23	0,36
Jun	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	1	0,07	0,15	0,17	0,20	0,41	0,25	0,50
Jul	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	1	0,41	0,36	0,37	0,28	0,15	0,57
Aug	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,12	1	0,72	0,75	0,50	0,29	0,81
Sep	0,14	0,13	0,13	0,13	0,14	0,14	0,12	0,07	1	0,81	0,41	0,46	0,80
Oct	0,14	0,13	0,13	0,13	0,14	0,14	0,12	0,06	0,05	1	0,58	0,52	0,81
Nov	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,12	0,13	0,11	0,12	0,09	1	0,63	0,65
Dec	0,12	0,13	0,13	0,12	0,14	0,13	0,14	0,13	0,11	0,10	0,09	1	0,53
Annual	0,14	0,13	0,12	0,13	0,12	0,11	0,10	0,05	0,05	0,05	0,08	0,10	1

Таблица 8. Khilok At Khilok

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Annual
Jan	1	0,91	0,76	0,25	0,29	0,20	0,35	0,04	0,05	0,08	0,23	0,45	0,29
Feb	0,02	1	0,89	0,24	0,12	0,13	0,24	0,07	0,01	0,00	0,16	0,45	0,19
Mar	0,06	0,03	1	0,22	0,12	0,05	0,22	0,05	0,12	0,09	0,25	0,54	0,21
Apr	0,13	0,13	0,13	1	-0,09	0,02	0,19	0,22	0,19	0,27	0,25	0,22	0,30
May	0,13	0,14	0,14	0,14	1	0,14	0,16	-0,12	-0,04	0,00	0,01	-0,02	0,32
Jun	0,13	0,14	0,14	0,14	0,14	1	0,38	0,22	0,13	0,07	0,08	0,06	0,53
Jul	0,12	0,13	0,13	0,13	0,13	0,12	1	0,42	0,52	0,46	0,60	0,53	0,76
Aug	0,14	0,14	0,14	0,13	0,14	0,13	0,11	1	0,71	0,54	0,57	0,60	0,74
Sep	0,14	0,14	0,14	0,13	0,14	0,14	0,10	0,07	1	0,84	0,82	0,65	0,82
Oct	0,14	0,14	0,14	0,13	0,14	0,14	0,11	0,10	0,04	1	0,90	0,57	0,74
Nov	0,13	0,14	0,13	0,13	0,14	0,14	0,09	0,09	0,05	0,03	1	0,78	0,77
Dec	0,11	0,11	0,10	0,13	0,14	0,14	0,10	0,09	0,08	0,09	0,05	1	0,65
Annual	0,13	0,13	0,13	0,13	0,12	0,10	0,06	0,06	0,05	0,06	0,06	0,08	1

**Коэффициент корреляции среднемесячных расходов воды
(бассейн реки Обь)**

Таблица 9. Irtysh At Omsk

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Annual
Jan	1	0,93	0,84	0,45	0,31	-0,12	-0,19	-0,04	0,03	0,12	0,37	0,55	0,27
Feb	0,02	1	0,91	0,52	0,32	-0,14	-0,18	-0,05	0,06	0,14	0,36	0,54	0,28
Mar	0,04	0,02	1	0,47	0,22	-0,25	-0,30	-0,16	-0,04	0,08	0,35	0,64	0,16
Apr	0,10	0,09	0,10	1	0,11	-0,34	-0,29	-0,21	-0,15	-0,09	0,18	0,23	0,02
May	0,11	0,11	0,12	0,12	1	0,12	0,49	0,50	0,43	0,33	0,30	0,08	0,75
Jun	0,12	0,12	0,12	0,11	0,12	1	0,87	0,74	0,63	0,45	0,28	-0,08	0,81
Jul	0,12	0,12	0,11	0,12	0,10	0,03	1	0,87	0,77	0,55	0,38	-0,10	0,83
Aug	0,13	0,13	0,12	0,12	0,09	0,06	0,03	1	0,85	0,63	0,50	0,06	0,84
Sep	0,13	0,13	0,13	0,12	0,10	0,08	0,05	0,04	1	0,86	0,66	0,28	0,84
Oct	0,12	0,12	0,13	0,13	0,11	0,10	0,09	0,08	0,03	1	0,71	0,48	0,71
Nov	0,11	0,11	0,11	0,12	0,11	0,12	0,11	0,09	0,07	0,06	1	0,55	0,64
Dec	0,09	0,09	0,08	0,12	0,13	0,13	0,12	0,13	0,12	0,10	0,09	1	0,28
Annual	0,12	0,12	0,12	0,13	0,06	0,04	0,04	0,04	0,04	0,06	0,07	0,12	1

Таблица 10. Tura At Turinsk

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Annual
Jan	1	0,96	0,93	0,30	0,54	0,22	0,04	0,15	0,11	0,29	0,26	0,41	0,48
Feb	0,01	1	0,96	0,28	0,59	0,21	0,04	0,20	0,14	0,33	0,27	0,42	0,51
Mar	0,02	0,01	1	0,26	0,61	0,21	0,01	0,18	0,16	0,38	0,33	0,44	0,52
Apr	0,13	0,13	0,13	1	0,11	-0,02	0,10	0,14	0,22	0,12	0,06	0,13	0,35
May	0,10	0,09	0,09	0,14	1	0,13	0,13	0,21	0,20	0,34	0,26	0,32	0,68
Jun	0,13	0,13	0,13	0,14	0,13	1	0,49	0,34	0,11	0,17	0,20	0,22	0,56
Jul	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,10	1	0,82	0,54	0,48	0,41	0,45	0,68
Aug	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,12	0,04	1	0,73	0,60	0,39	0,47	0,75
Sep	0,14	0,13	0,13	0,13	0,13	0,14	0,10	0,06	1	0,79	0,53	0,51	0,70
Oct	0,13	0,12	0,12	0,14	0,12	0,13	0,11	0,09	0,05	1	0,82	0,78	0,75
Nov	0,13	0,13	0,12	0,14	0,13	0,13	0,11	0,12	0,10	0,05	1	0,93	0,62
Dec	0,11	0,11	0,11	0,14	0,12	0,13	0,11	0,11	0,10	0,05	0,02	1	0,67
Annual	0,11	0,10	0,10	0,12	0,07	0,09	0,07	0,06	0,07	0,06	0,08	0,08	1

**Коэффициент корреляции среднемесячных расходов воды
(бассейн реки Лена)**

Таблица 11. Lena At Качуг

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Annual
Jan	1	0,93	0,79	0,45	0,27	0,13	0,08	-0,06	0,16	0,21	0,21	0,27	0,34
Feb	0,02	1	0,90	0,47	0,26	0,12	0,04	-0,05	0,15	0,19	0,17	0,23	0,31
Mar	0,05	0,03	1	0,51	0,28	0,06	0,01	-0,03	0,06	0,09	0,03	0,09	0,24
Apr	0,11	0,11	0,10	1	-0,04	-0,12	-0,04	0,05	0,12	0,14	0,30	0,24	0,18
May	0,13	0,13	0,13	0,14	1	0,14	0,05	-0,09	-0,05	0,01	-0,04	-0,08	0,28
Jun	0,13	0,13	0,14	0,13	0,13	1	0,23	0,19	0,35	0,18	0,22	0,24	0,56
Jul	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,13	1	0,36	0,50	0,40	0,38	0,31	0,68
Aug	0,14	0,14	0,14	0,14	0,13	0,13	0,12	1	0,68	0,64	0,63	0,57	0,69
Sep	0,13	0,13	0,14	0,13	0,14	0,12	0,10	0,07	1	0,85	0,80	0,72	0,84
Oct	0,13	0,13	0,13	0,13	0,14	0,13	0,11	0,08	0,04	1	0,85	0,79	0,75
Nov	0,13	0,13	0,14	0,12	0,14	0,13	0,12	0,08	0,05	0,04	1	0,89	0,75
Dec	0,13	0,13	0,13	0,13	0,14	0,13	0,12	0,09	0,07	0,05	0,03	1	0,75
Annual	0,12	0,12	0,13	0,13	0,13	0,09	0,07	0,07	0,04	0,06	0,06	0,06	1

Таблица 12. Aldan At Томмот

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Annual
Jan	1	0,96	0,93	0,17	0,53	0,03	0,30	0,06	0,29	0,23	0,42	0,37	0,53
Feb	0,01	1	0,97	0,18	0,49	0,02	0,30	0,10	0,30	0,22	0,39	0,37	0,52
Mar	0,02	0,01	1	0,24	0,46	-0,02	0,26	0,05	0,23	0,18	0,34	0,34	0,44
Apr	0,12	0,12	0,12	1	0,33	-0,29	-0,04	0,05	-0,01	0,14	-0,06	-0,03	0,05
May	0,09	0,10	0,10	0,11	1	0,13	0,15	-0,01	0,20	0,15	0,24	0,26	0,37
Jun	0,13	0,13	0,13	0,12	0,12	1	0,16	-0,03	0,01	0,05	0,22	0,18	0,43
Jul	0,11	0,11	0,12	0,13	0,12	0,12	1	0,25	0,27	0,37	0,37	0,47	0,63
Aug	0,13	0,12	0,13	0,13	0,13	0,13	0,12	1	0,53	0,53	0,38	0,45	0,49
Sep	0,12	0,11	0,12	0,13	0,12	0,13	0,12	0,09	1	0,82	0,67	0,62	0,66
Oct	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,13	0,11	0,09	0,04	1	0,76	0,76	0,68
Nov	0,10	0,11	0,11	0,13	0,12	0,12	0,11	0,11	0,07	0,05	1	0,90	0,74
Dec	0,11	0,11	0,11	0,13	0,12	0,12	0,10	0,10	0,08	0,05	0,02	1	0,76
Annual	0,09	0,09	0,10	0,13	0,11	0,10	0,08	0,10	0,07	0,07	0,06	0,05	1

**Частота повторяемости среднемесячных расходов воды
(бассейн Баренцева моря)**

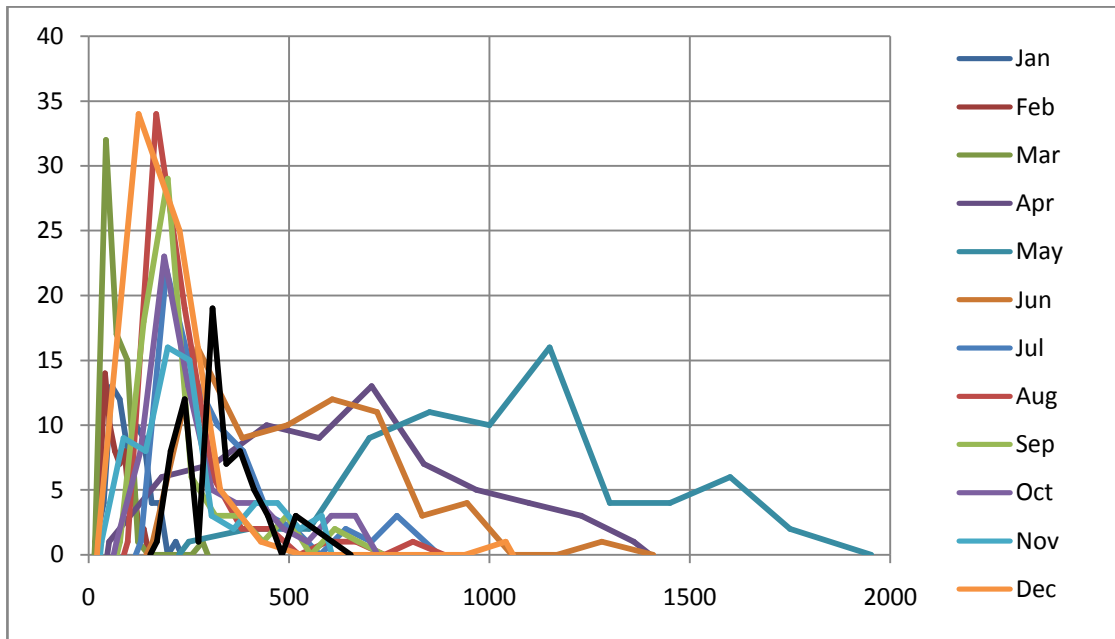


Рис. 15. Sukhona At Tot'ma

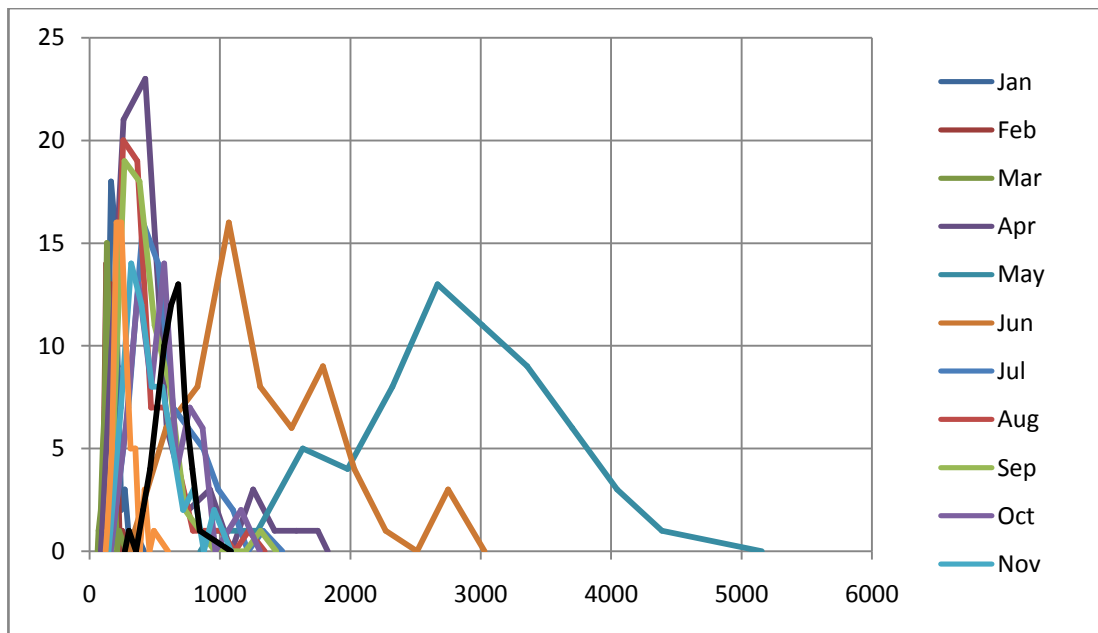


Рис. 16. Vuchegda At Syktyvkar

**Частота повторяемости среднемесячных расходов воды
(бассейн рек Анадырь и Колыма)**

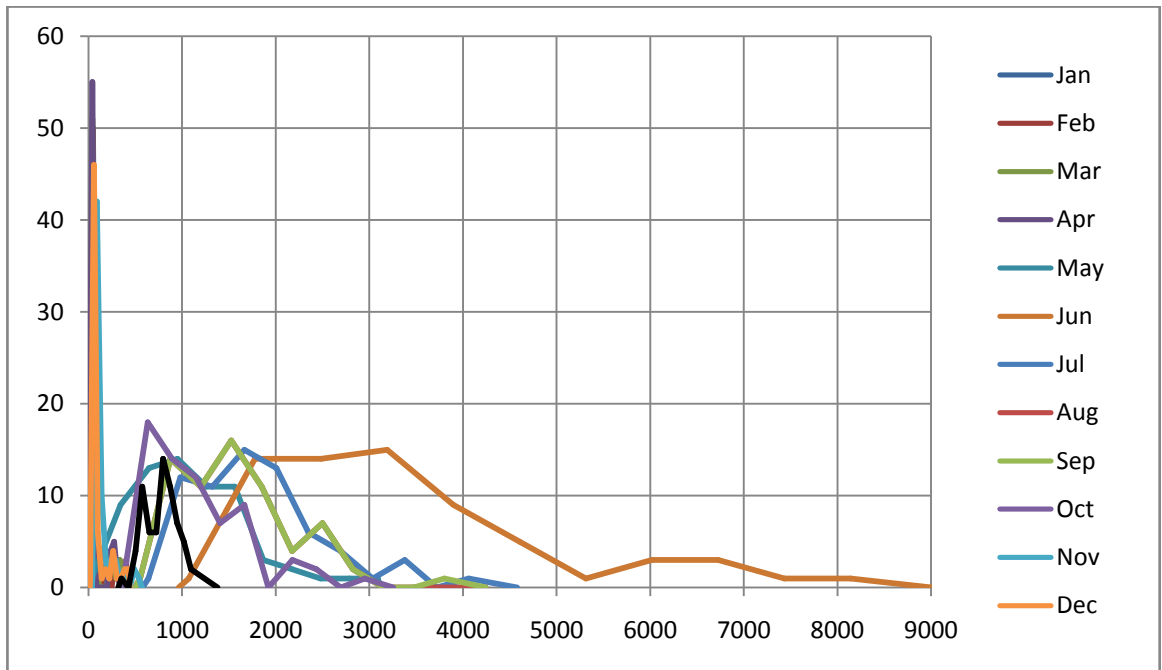


Рис. 17. Колыма At Ust'-Srednekan

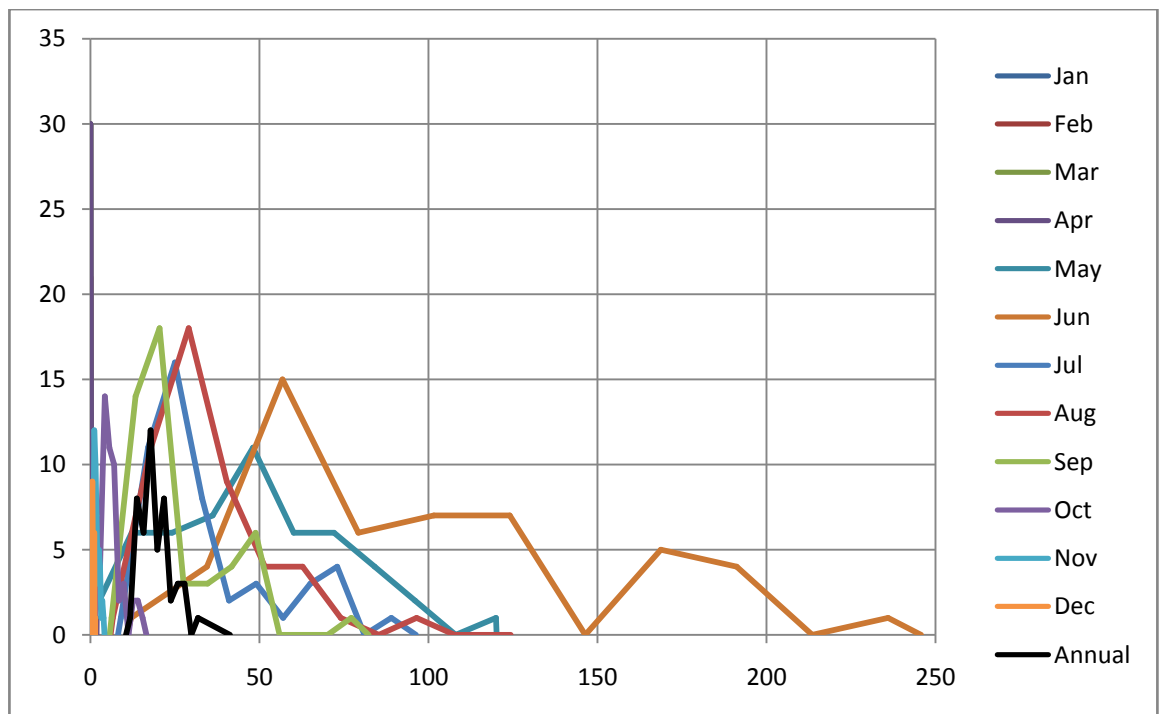


Рис. 18. Srednekan (Srednikan) At Srednekan

**Частота повторяемости среднемесячных расходов воды
(бассейн реки Енисей)**