

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

На правах рукописи

Задоя Дарья Сергеевна

**ВНУТРЕННЯЯ НЕОДНОРОДНОСТЬ ЗАКОНОВ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ
ГОДОВОГО СТОКА РЕК АРКТИЧЕСКОГО БАССЕЙНА СИБИРИ И
ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА**

Специальность 25.00.27 – Гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук

Научный руководитель
к.т.н., доц., Лобанов С.А.

Владивосток 2016

Оглавление

Введение.....	4
1 Законы рапределения гидрометеорологичеких характеристик для территории арктического бассейна Сибири и Дальнего Востока.....	9
1.1 Краткая физико-географическая характеристика территории арктического бассейна Сибири и Дальнего Востока.....	9
1.2 Особенности законов распределения гидрометеорологических характеристик для исследуемой территории 	17
2 Технология автоматизированной статистической обработки базы данных речного стока и определения степени поли-modalности законов распределения RarcticNet.....	24
2.1 Исходные данные 	24
2.1.1 Данные о речном стоке. База данных RArcticNet.....	24
2.1.2 Цифровая модель рельефа eToro2 	30
2.1.3 Календарь повторяемости типов атмосферной циркуляции 	31
2.1.4 Агроэкологический атлас России и сосредельных стран.....	31
2.2 Автоматизированная технология исследования поли-modalности.....	32
2.2.1 Программа Ordinate.....	32
2.2.2 Программа Polimod 	37
3 Выделенная поли-modalность законов распределения годового стока рек. 42	42
3.1 Оценка эффективности критериев согласия на основе численных экспериментов 	42
3.2 Расчет характеристик степени выделенной поли-modalности с использованием критериев согласия и анализ результатов.....	52

3.3	Зависимость степени полимодальности законов распределения годового стока рек Сибири и Дальнего Востока от физико-географических характеристик и статистических параметров стока	85
3.4	Обоснование двумодальности законов распределения годового стока рек на основе представлений, учитывающих региональные типы атмосферной циркуляции.....	93
3.4.1	Типы атмосферной циркуляции	95
3.4.2	Типы атмосферной циркуляции и внутренняя неоднородность годового стока.....	102
4	ГИС-проект для оценки пространственной изменчивости характеристик степени выделенной полимодальности законов распределения годового стока рек Сибири и Дальнего Востока.....	115
4.1	Картографирование характеристик выделенной полимодальности ...	116
4.2	Разработка карт расположения гидрологических постов	123
4.3	Автоматизированная модель корректировки карт.....	123
4.4	Автоматизированная модель для работы с данными АгроАтласа.....	133
	Заключение	138
	Список использованных источников	141
	ПРИЛОЖЕНИЕ А	150

ВВЕДЕНИЕ

Здания, промышленные и гражданские сооружения, объекты инфраструктуры населенных пунктов эксплуатируются в сильно изменяющихся во времени природных условиях. Поэтому при проектировании их параметры рассчитываются на экстремальные природные величины редкой повторяемости. Основу расчетов составляют одномодальные законы распределения (ЗР), закрепленные в нормативном документе СП 33-101-2003. Точность таких расчетов зависит не только от точности оценок статистических параметров законов распределения гидрометеорологических величин, но и от вида самих законов.

В практике гидрологических расчетов локальные расхождения между эмпирическими и аналитическими кривыми обеспеченности объясняются, как правило, недостаточностью данных наблюдений. Однако исследования последних лет показывают, что несоответствие является следствием их внутренней неоднородности, проявляющейся как полимодальность, которая не так редко встречается в природе. В данной работе исследуется такое проявление внутренней неоднородности ЗР, как чередование интервалов повышенной и пониженной плотности точек, что может интерпретироваться как полимодальность.

Цель данного диссертационного исследования: на основе критерия согласия Пирсона и критерия Лобанова оценить степень внутренней неоднородности эмпирических законов распределения годового стока рек арктического бассейна Сибири и Дальнего Востока, выявить пространственное распространение характеристик степени выделенной полимодальности и дать физическую интерпретацию двумодальности на основе региональных типов атмосферной циркуляции.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

1. Разработка автоматизированной системы исследования:

– Разработка приложений для автоматизированной статистической обработки базы данных годового стока рек арктического бассейна и оценки степени полимодальности;

– Проверка мощности критериев согласия Пирсона и Лобанова.

2. Разработка карт распределения степени полимодальности годового стока рек по территории Сибири и Дальнего Востока при помощи геоинформационных систем. Анализ зависимостей характеристик степени полимодальности от различных физико-географических характеристик и статистических параметров стока.

3. Анализ зависимостей степени неоднородности законов распределения годового стока рек от повторяемости различных типов атмосферной циркуляции на примере бассейнов рек Анадырь и Колыма.

Объектом исследования являются реки Арктического бассейна Сибири и Дальнего Востока.

Предметом исследования является внутренняя неоднородность эмпирических законов распределения годового стока рек арктического бассейна Сибири и Дальнего Востока.

Научная новизна работы:

1. При помощи численных экспериментов методом Монте-Карло показана высокая эффективность критериев Пирсона и Лобанова для оценки степени полимодальности законов распределения смоделированных рядов.

2. На основе богатого эмпирического материала (572 пункта наблюдений) с надежностью не менее 99,9% показано широкое распространение полимодальности законов распределения годового стока рек Сибири и Дальнего востока.

3. Впервые разработаны карты распределения характеристик степени полимодальности по территории Сибири и Дальнего Востока.

4. Предложен критерий для объяснения причин существования двумодальности для рек бассейнов Колымы и Анадырь.

Обоснованность и достоверность научных положений и выводов подтверждена непротиворечивостью полученных результатов данным, содержащимися в литературных источниках, корректным применением современных методов математико-статистической обработки данных, согласием с экспертными оценками.

Практическая значимость результатов работы

1. Разработана автоматизированная система для статистической обработки данных гидрологического стока, которая может быть использована для работы с базой данных RArcticNet, построения эмпирических и сглаживающих их аналитических кривых обеспеченностей, расчета критериев полимодальности закона распределения.

2. Разработанный ГИС-проект «Распространение характеристик полимодальности законов распределения годового стока рек арктического бассейна Сибири и Дальнего Востока» позволяет количественно оценить значения критериев полимодальности и выполнять различные виды пространственного анализа. Разработанная модель автоматизирует процесс построения карт и позволяет быстро корректировать карты распространения характеристик степени полимодальности при пополнении базы данных.

Личный вклад автора

В ходе исследования было разработано программное обеспечение для автоматизации статистической обработки массива данных и проведения численного эксперимента, разработан ГИС-проект в среде программного обеспечения ESRI ArcGIS 10.2, выполнен анализ зависимостей характеристик степени полимодальности от различных физико-географических факторов и статистических параметров стока. Все основные результаты исследования, а также их интерпретация, получены лично автором.

Апробация работы

Основные положения работы были обсуждены на VIII научном совещании географов Сибири и Дальнего Востока в институте географии им. В.В. Сочавы СО РАН (Иркутск, 2007), молодежных научно-практических конференциях

«Молодежь – Наука – Инновации» Морского государственного университета им. адм. Г.И. Невельского (Владивосток, 2008, 2009), научной конференции Дальневосточного государственного университета (Владивосток, 2009), заочной V общероссийской научно-практической конференции с международным участием (Красноярск, 2010), IX всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Молодежь и современные информационные технологии» (Томск, 2011). Всего по данной теме опубликовано 5 работ, в том числе 2 в журнале «Экологические системы и приборы», входящем в перечень ВАК.

Структура и объем работы

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы (86 наименований) и 1 приложения. Её содержание изложено на 140 страницах машинописного текста, в том числе 15 таблиц и 58 рисунков. Общий объем работы составляет 150 страниц.

На защиту выносятся:

1. Технология автоматизированной статистической обработки базы данных речного стока RArcticNet, определения степени полимодальности законов распределения и результаты её использования;

2. Положение: полимодальная структура законов распределения годового стока рек арктического бассейна Сибири и Дальнего Востока является статистически значимой;

3. Карты пространственного распространения характеристик степени полимодальности законов распределения годового стока рек для территории Сибири и Дальнего Востока, зависимости степени выделенной полимодальности от физико-географических характеристик и статистических параметров стока.

Основные положения диссертации изложены в следующих работах:

1. Особенности территориального распространения полимодальности законов распределения годового стока рек арктического бассейна Сибири и Дальнего Востока // Материалы VIII научного совещания географов Сибири и Дальнего Востока, институт географии В.В. Сочавы СО РАН, 2007г.

2. Полиmodalность годового стока рек как проявление нелинейности геосфер // Сборник докладов 57-й международной молодежной научно-технической конференции «Молодежь – наука – инновации», МГУ им. адм. Г.И. Невельского, 2009г.

3. Зависимость полиmodalности законов распределения годового стока рек от некоторых физико-географических характеристик их водосборов // Материалы V Общероссийской научно-практической конференции с международным участием. Вып. 2. / Под общей редакцией Я.А. Максимова– Красноярск: Научно-инновационный центр, 2010. – 376 с.

4. Разработка программного обеспечения для автоматизации статистического анализа гидрологических данных на примере базы данных RArcticNet // Сборник трудов IX Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Молодежь и современные информационные технологии». Томск, 11 - 13 мая 2011 г., ч.2. Томск: Изд-во СПб Графикс. с.188-189.

В том числе в изданиях, рекомендованных ВАК

1. Оценка мощности критерия полиmodalности законов распределения случайных величин методом Монте-Карло // Экологические системы и приборы, №11/2012, с. 65-68.

2. Картографирование характеристик полиmodalности законов распределения годового стока рек Сибири и Дальнего Востока Арктического бассейна // Экологические системы и приборы, №3/2013, с. 17-20.

На программы Polimod и Ordinati, разработанные для решения задач данного диссертационного исследования, получены свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ.

1. Задоя Д.С., Лобанов С.А. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ «Polymod» №2012660540 от 23 ноября 2012 г (рисунок А1).

2. Задоя Д.С., Лобанов С.А. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ «Ordinati» №2012618356 от 23 ноября 2012 г (рисунок А2).

1 ЗАКОНЫ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ДЛЯ ТЕРРИТОРИИ АРКТИЧЕСКОГО БАССЕЙНА СИБИРИ И ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА

1.1 Краткая физико-географическая характеристика территории арктического бассейна Сибири и Дальнего Востока

Как показано в следующих главах, физико-географические и климатические характеристики территории имеют значительное влияние на формирование полимодальной структуры законов распределения годового стока рек, поэтому их особенности необходимо учитывать.

Сибирь – географический регион, начинающийся от Урала на Западе и простирающийся до горных хребтов Тихоокеанского водораздела на Востоке, с Севера ограниченный берегами Северного Ледовитого океана и границей с Центральной Азией – на Юге. Площадь составляет около 10 млн. км² [8].

«Основными природными областями являются Западно-Сибирская равнина (средняя высота 120 м), Среднесибирское плоскогорье, горы Южной Сибири и система гор Северо-Восточной Сибири. В состав гор Южной Сибири входят Алтай, Западный Саян, Восточный Саян, горы республики Тува, Прибайкалья, Забайкалья. Горы Северо-Восточной Сибири обрамляются Верхоянским хребтом и Колымским нагорьем, образующими гигантскую дугу, внутри которой располагаются цепи горных хребтов, высоко приподнятые плоскогорья и обширные низменности (вдоль рек Яны, Индигирки, Колымы)» [8].

Рельеф

Западно-Сибирская равнина. «Поверхность равнинная, слаборасчленённая, с небольшими амплитудами высот» [8]. Высоты в северных и центральных районах не превышают 50-150 м, для западных, южных и восточных

окраин равнины небольшие возвышенности (до 220-300 м). «Речные долины образуют сравнительно негустую сеть и в верховьях чаще всего представляют собой неглубокие ложбины с плохо выраженными склонами. Только немногие наиболее крупные реки протекают в хорошо разработанных, глубоких (до 50–80 м) долинах, с крутым правым берегом и системой террас в левобережье» [8].

Среднесибирское плоскогорье. Средняя высота плоскогорья составляет 500-700 м. Большая часть плоскогорья имеет сглаженный рельеф, с большим количеством плоских и широких междуречий. Наиболее приподнятые участки располагаются на Северо-Западе, где массивы плато Путорана достигают высоты 1500-1700 м. Вилюйское плато и плоские междуречья в верховьях р. Лены – 900-1100 м [8].

Восточная Сибирь. Восточная Сибирь относится к горным районам, с преобладанием гор средней высоты и обширных плоскогорий, а низменности занимают незначительную часть территории [8].

Дальний Восток. Рельеф Дальнего Востока преимущественно гористый. Одно из наиболее значимых горных образований – Верхоянский хребет (преобладающие высоты 1000-2000м), расположенный вдоль среднего и нижнего течения р. Лена. На севере преобладают нагорья (Колымское, Чукотское) и плоскогорья (Анадырское) [8].

Климат

Сибирь располагается в средних и высоких широтах Северного полушария, в умеренном и холодном климатических поясах.

Климат **Западно-Сибирской равнины** континентальный, суровый. «Зимой над равниной преобладают массы холодного континентального воздуха умеренных широт, а в тёплое время года формируется область пониженного давления и сюда чаще поступают влажные массы воздуха с Северной Атлантики» [8]. Средние годовые температуры от $-10,5^{\circ}\text{C}$ на С. до $1-2^{\circ}\text{C}$ на Юге, средние температуры января от -28 до -16°C , июля от 4 до 22°C . Основная масса осадков приходится главным образом на июль и август и приносится воздушными

массами с Запада. Годовая сумма осадков составляет от 200–250 мм в тундровой и степной зонах до 500–600 мм в лесной зоне. Мощность снежного покрова от 20–30 см в степи до 70–100 см в тайге приенисейских районов [8].

Среднесибирское плоскогорье характеризуется резко континентальным климатом, с холодной и продолжительной зимой и тёплым летом. Сумма осадков составляет от 200–350 мм на востоке до 400–500 мм на западе [8].

Степень континентальности климата возрастает в направлении с Запада на Восток, по мере удаления от смягчающего влияния воздушных масс Атлантики.

Суровый климат Сибири способствует глубокому промерзанию грунтов и формированию многолетней мерзлоты. Область её распространения занимает в Сибири более 6 млн. км², а мощность мёрзлого слоя на Севере достигает 200–500 м [8].

В южной части **Дальнего Востока** климат муссонного типа с холодной зимой и влажным летом. «Зимой со стороны мощного Азиатского максимума к юго-востоку устремляются потоки холодного воздуха. На северо-востоке по окраине Алеутского минимума холодный континентальный воздух Восточной Сибири вступает во взаимодействие с тёплым морским воздухом. В результате часто возникают циклоны, с которыми связано большое количество осадков» [8].

Летом морские воздушные массы со стороны Тихого океана взаимодействуют с континентальными, что является причиной муссонных дождей над всей территории Дальнего Востока [8].

В **Западной Сибири** широко распространены болотные ландшафты, которые на Юге переходят в солонцы и солончаки. На севере равнины располагается тундровая зона, южнее идёт неширокая полоса лесотундры. Большая часть Западно-Сибирской равнины относится к лесной (лесоболотной) зоне [8].

Особенности формирования стока рек Сибири и Дальнего Востока

Условия формирования стока на территории Сибири и Дальнего Востока весьма разнообразны, поэтому целесообразно разделить всю территорию на несколько участков, характеризующихся более или менее однородными условиями формирования стока, и рассматривать их отдельно.

«Горный Алтай является областью интенсивного питания Оби - основной реки рассматриваемого района. На фоне примыкающих к нему равнин Алтай рельефно выделяется не только своим горным характером, но и густой речной сетью. Вследствие господствующего широтного направления хребтов, реки на значительных по длине участках имеют поперечные долины» [63].

Реки обладают высокой водностью благодаря большому количеству осадков и горному рельефу, которые в сумме создают благоприятный характер для поверхностного стока. «Особенно водоносными являются реки западной части Алтая, бассейны которых расположены на пути влагоносных ветров, дующих с запада. Относительная водоносность рек здесь достигает 15-25 л/сек км², а местами (верховья Катуня) - до 56 л/сек км². Реки центральных районов Алтая (плоскогорья Чулышманское и Укок) отличаются сравнительно низкой водностью» [63].

Питание рек смешанное, в нем участвуют как осадки в виде снега и дождей, так и грунтовые воды и высокогорные ледники и снежники. Среди других видов питания преобладает снеговое, которое осуществляется преимущественно за счет таяния сезонных снегов [63]. «Только в самых высокогорных районах Алтая есть малые реки, которые имеют преимущественно ледниковое питание. С увеличением высоты бассейна, как правило, возрастает значение снегового и ледникового питания, а доля грунтового питания, наоборот, уменьшается» [63].

Для режима большинства рек Алтая характерны сравнительно невысокое весеннее половодье, растянутое до первой половины лета, дождевые паводки, накладывающийся на волну половодья и слабо выраженная, часто

прерывающаяся дождями, межень, а также наименьшая водность в зимний период [63].

«На реках предгорной зоны, бассейны которых расположены не выше 800 м над уровнем моря, весеннее половодье проходит в виде одной, более или менее высокой волны, а межень четко выражена. На реках высокогорной области, имеющих бассейны выше 2000 м, весеннее половодье сливается с летним, формирующимся за счет таяния вечных снегов и ледников; летняя межень у них не выражена. Таким образом, чем выше расположен бассейн, тем меньше доля весеннего стока и тем больше падает на летний сток. Максимум стока в предгорной зоне проходит весной (в мае), а в высокогорной – летом (в июле)» [63].

Наибольшее влияние на развитие ледовых явлений оказывают скорости течения рек и уклоны. Климатические условия в сочетании с особенностями характера течения рек являются причиной значительных различий в сроках появления ледовых явлений. Зажоры часто имеют место во время интенсивного шугохода, который обычно наблюдается до ледостава и продолжается около полутора месяцев [63].

Физико-географические условия **Западно-Сибирской низменности** в значительной степени изменяются в соответствии с ландшафтными зонами: лесостепь, степь, тайга и тундра. Соответственно им изменяются и качественные и количественные характеристики вод [63].

Речная сеть степной и лесостепной зоны слабо развита и представлена в основном временными водотоками, поверхностный сток мал. Центральная часть Ишимской степи и междуречье Tobol-Иртыш почти лишены местной активной речной сети. Характерной чертой степей и лесостепей Западной Сибири является обилие озер, преимущественно соленых, заполняющих многочисленные блюдцеобразные впадины [63].

Правобережные притоки Оби – Касмала и Барнаулка – относятся к группе рек Обь-Иртышского междуречья. «Примечательно, что русла почти всех более или менее значительных рек этой группы почти строго параллельны между собой;

древние ледниковые ложбины, по которым они протекают, вытянуты в направлении с северо-востока на юго-запад» [63].

К группе водотоков Ишим-Иртышского междуречья относятся реки Чидерты, Уленты, Селеты и Кальчакты, которые берут начало в пределах Казахского мелкосопочника. Эти реки гидрографически тяготеют к Иртышу и «являются как бы его левобережными притоками, однако до него не доходят, так как заканчиваются в озерах почти сразу после выхода в пределы Западно-Сибирской низменности» [64].

Обе группы рек составляют внутреннюю бессточную область бассейна Иртыша, они имеют малые уклоны и отличаются слабым течением. Русла плоские, очень слабо врезанные, водоносность их незначительна – средние годовые модули стока составляют не более 0,5 л/сек км². Питание рек осуществляется почти полностью талыми водами. Характеризуются высоким и коротким весенним половодьем и пересыханием в летнее время [64].

Гидрография **таежной зоны** резко отличается от примыкающей к ней с юга лесостепной зоны, что связано в первую очередь с другим соотношением элементов водного баланса. Происходит увеличение атмосферных осадков и уменьшение их потерь на испарение, за счет этого возрастает поверхностный сток. «Коэффициент стока от 0,1 и менее, свойственный лесостепной зоне, в таежной увеличивается до 0,4-0,5. Поэтому для гидрографии последней характерна довольно развитая речная сеть постоянно действующих водотоков» [63].

Широкое распространение болот (заболоченность достигает местами 70% и охватывает в том числе часть таёжной зоны) и заболоченных земель обуславливается особенностями речной сети рассматриваемой зоны: небольшие уклоны не позволяют ей быстро отводить талые и дождевые воды, а дренирующее действие проявляется слабо [64].

Таежные реки отличаются очень малыми падениями (менее 0,1 м/км) и исключительно слабым течением, берега низкие, болотистые, поймы широкие, с многочисленными озерами; русла летом сильно зарастают [64].

«Водоносность таежных рек довольно высока: средний годовой модуль стока их достигает 4-6 л/сек км². Питаются реки преимущественно талыми снеговыми водами, но существенную роль играет также дождевое и грунтовое питание, поддерживающее относительно высокую водность в течение всего года. Обычное соотношение источников питания примерно таково: снеговое - 55 %, дождевое - 25 %, грунтовое - 20 %» [63].

Водный режим таёжных рек характеризуется низким весенне-летним половодьем, растянутым на несколько месяцев и захватывающим весну и первую половину лета, и устойчивыми высокими уровнями и расходами воды в остальное время года, спад половодья иногда затягивается до поздней осени. Летние дожди также способствуют увеличению продолжительности половодья. Западносибирский тип режима (по классификации Зайкова) свойственен не всем рекам Западной Сибири, а именно рекам таежной зоны. «Замерзают реки в первых числах ноября, а вскрываются в конце апреля или начале мая; ледостав характеризуется устойчивостью, а ледяной покров большой мощностью» [64].

Реки **Восточной Сибири** относятся преимущественно к типу горных по характеру русла. Характер течения меняется от горного в верховьях до равнинного – в нижнем течении [63].

На реках, протекающих в районах платообразных возвышенностей, наблюдается другая последовательность. В верхнем течении реки плоскогорий по характеру долины и русла приближаются к равнинным водотокам, в среднем течении реки приобретают вид горных потоков с узкой, глубокой долиной и порожистым руслом, а в нижнем течении вновь становятся равнинными водотоками [64].

Большинство водотоков района получает преимущественно снеговое питание (более 50% годового стока), дожди как источник питания играют второстепенную роль, грунтовое питание очень скудное (1-2% от общего годового стока). Основной сток на реках Восточной Сибири приходится на тёплый период года, зимний сток составляет несколько процентов от общего годового его объема [63].

В целом режим рек Восточной Сибири характеризуется высоким весенним половодьем, следующими за ним несколькими летними дождевыми паводками (по высоте значительно уступающим весеннему половодью) и низким стоком в зимний период, вплоть до полного его прекращения [64].

Водный режим рек **Дальнего Востока** значительно отличается от режима рек других районов РФ. «Для них характерно сравнительно невысокое весеннее половодье, мощные летние паводки от ливневых осадков и исключительно низкая зимняя межень. Основное питание (около 70%) реки района получают за счет летних дождей ливневого характера; снеговое питание играет второстепенную роль, а грунтовое при наличии вечной мерзлоты является исключительно бедным» [63].

Реки **северной части Дальнего востока** принадлежат бассейнам морей Тихого (Берингово море) и Северного Ледовитого (Восточно-Сибирское море) океанов. С точки зрения административно-территориального деления рассматриваемая область относится, в основном, к Магаданской области, а также восточной части республики Саха (Якутия). Большая часть рассматриваемого района находится в пределах зон субполярного и арктического климата, спецификой района является почти повсеместное распространение вечной мерзлоты.

Колыма – самая большая река северо-восточной части Сибири. «Река берет начало на склонах южных отрогов хребта Черского; на части своего верхнего течения имеет юго-восточное направление, а в остальном - северо-восточное и северное. Ниже с. Кресты она впадает в Восточно-Сибирское море, образуя обширную дельту» [63]. Водный режим характеризуется высоким летним половодьем, частыми летними паводками и низкой зимней меженью. Ледостав образуется в начале октября, вскрытие происходит в конце мая - начале июня. Колыма, как и большинство рек рассматриваемого района, имеет преимущественно снеговое питание, его доля превышает 50% годового стока. Дождевое питание играет второстепенную роль, а грунтовое составляет 1-2%, что обусловлено наличием вечной мерзлоты.

Анадырь – крупнейшая река крайнего северо-востока России. Она берет начало на восточных склонах Колымского хребта и впадает в Анадырский залив Берингова моря. В верхнем течении река носит горный характер, а в нижнем выходит на равнину, где русло ее расчленяется, образуя сложную сеть рукавов и проток [63].

Отличительной особенностью водного режима рек бассейна реки Анадырь является большая доля стока за счет весеннего снеготаяния при значительном вкладе дождевого питания. Снеговое питание составляет 60-80 % годового стока. Вследствие преобладания снегового питания на реках бассейна реки Анадырь наблюдается высокое весеннее половодье. Средняя дата начала половодья — последние числа мая, пика — середина июня, окончания — первая половина июля. Наибольший объем стока и наивысший подъем уровня воды чаще наблюдается в июне.

Летне-осенний период характеризуется неустойчивой меженью, прерываемой двумя-тремя дождевыми паводками. Паводки небольшие; наивысшие паводки наблюдаются главным образом в августе. Зимой наблюдаются очень низкие уровни воды [46].

1.2 Особенности законов распределения гидрометеорологических характеристик для исследуемой территории

В практике гидрологических расчетов широко используются статистические методы исследования. Они закреплены в Своде правил по определению основных расчетных гидрологических характеристик СП 33-101-203 [66]. СП рекомендует для сглаживания и экстраполяции эмпирических кривых распределения ежегодных вероятностей превышения применять

трехпараметрические распределения Крицкого-Менкеля (при любом отношении C_s/C_v), распределение Пирсона III типа (биномиальную кривую) при $C_s/C_v \geq 2$, лог-нормальное распределение и др. Все эти кривые распределения являются одномодальными, т.е. имеют одну моду – величину, имеющую наибольшую вероятность появления.

При этом несоответствия между эмпирическими и сглаживающими их аналитическими кривыми обеспеченности объясняются, как правило, недостаточностью данных наблюдения [66]. Подразумевается, что они будут уменьшаться с увеличением длины выборки, и «лесенки», возникающие «случайно» на эмпирических кривых, будут распадаться. Однако исследования последних лет показывают, что полимодальность законов распределения гидрометеорологических величин и, в частности, речного стока, не так редко встречаются в природе [42] и не может быть объяснена только короткими рядами наблюдений.

Например, Конаржевский Л.М., исследуя эмпирические кривые распределения слоя весеннего стока рек степной зоны, в своей работе [32] показал, что 68% случаев "... характеризуется меньшей по сравнению с кривой Пирсона III типа крутизной правой и особенно левой ветвей и увеличенной крутизной средней части в зоне 20-70 %" [32].

Две моды отчетливо видны на гистограмме колебаний уровня Каспийского моря: одна соответствует уровню 28,22м (высокий уровень), другая – уровню 25,58м (низкий уровень) [54].

В практике метеорологических исследований также накоплен ряд примеров, указывающих на неоднородность и полимодальность законов распределения метеорологических элементов.

В работе [22] авторами исследован дифференциальный ЗР индекса зональной циркуляции, введенный Блиновой Е.Н. и используемый авторами для количественной оценки зональной циркуляции. Индекс представляет собой отношение угловой скорости ω вращения атмосферы относительно Земли к угловой скорости Ω вращения Земли, умноженное на 1000. Авторы исследовали

гистограмму распределения по градациям числа случаев различных значений индекса циркуляции – дифференциальный закон распределения. При этом авторы анализировали отклонения от сглаженных кривых распределения, исходя из идеи о том, что такие отклонения могут отражать специфику процессов.

В результате проведенного исследования авторами показано, что в отклонении ординат эмпирического закона распределения индекса зональной циркуляции атмосферы L от нормального закона распределения существуют пики δ_i , расстояние между которыми кратно некоторому минимальному расстоянию δL .

В работе [25] показана двувершинность распределения метеорологических величин (например, высоты облаков) в областях с муссонным климатом, где один максимум формируется под влиянием радиационного режима, а другой – под влиянием адвективных процессов. Также несколько максимумов наблюдается в распределении интенсивности осадков: один из максимумов повторяемости (малые значения) формируется за счет обложных осадков, другой (большие значения) – за счет ливневых дождей.

В работе [10] авторы приводят распределение повторяемости облачности в баллах по Бреслау с явно выраженными двумя модами на концах распределения, в то время как центральные значения являются редкими.

В работе [21] авторы приводят закон распределения скорости приземного ветра с двумя модальными значениями, соответствующими скоростям 1-5 м/с (первая мода) и 15-19 м/с (вторая мода).

Также существуют работы, в которых показана многомодальность законов распределения облачности, периода гироскопических волн [19] и др. [11,11,17,21,49,49].

В работе [42] Лобанов С.А. на основе разработанного критерия полимодальности с высокой надежностью показал, что законы распределения годового и максимального стока рек являются преимущественно

полимодальными, а одномодальные законы «возникают» как исключение при использовании критерия для коротких выборок.

Существует также ряд исследований, направленных на совершенствование методик гидрологических расчетов, в которых авторы исходят из убеждения о том, что законы распределения гидрологических величин не являются одномодальными.

Так, Коваленко В.В. в работе [26] предлагает «стохастические модели формирования многолетнего речного стока, на основании которых можно как диагностировать возникновение статистических неустойчивостей, так и подавлять их путем увеличения размерности фазовых пространств». При этом ранее автором была получена диагностическая модель [31] (как следствие одного из решений уравнения Фоккера-Планка-Колмогорова) для вычисления критерия устойчивости β :

$$\beta = 2k \ln r + 2, \quad (1.1)$$

где k - коэффициент стока;

r - коэффициент автокорреляции стока смежных лет.

На основе данной модели по фактическим данным наблюдений построены карты зон ЕТР (рисунок 1.1), в которых формирование многолетнего стока и испарения с поверхности речных бассейнов происходит неустойчиво. При $\beta > 0,67$ процесс неустойчив по третьему моменту, при $\beta > 1$ – по второму, при $\beta \approx 2$ – по первому.

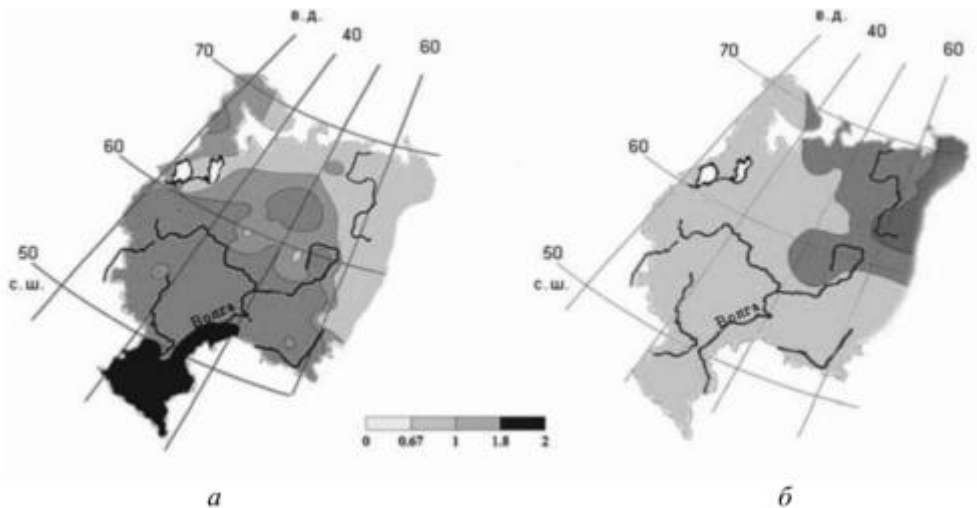


Рисунок 1.1. Распределение зон неустойчивости по стоку (а) и испарению (б) [26]

Из полученных карт «следует зеркальная симметрия этих зон для стока и испарения: степень неустойчивости формирования стока растет к югу, а испарения – к северу» [26].

При этом «под неустойчивостью процесса формирования стока понимается выход эмпирических распределений за рамки кривых Пирсона. Визуально на гистограммах эмпирических частот это выражается в полимодальности или в наличии так называемых «толстых хвостов» у распределений» [26]. Также в этой работе показано, что «регионы одномодального формирования одновременно как стока, так и испарения возможны только в центральных широтах ЕТР при умеренных (не малых) значениях коэффициентов стока и испарения, неявно входящих в выражения для бифуркационных параметров. При малых значениях этих параметров (юг для стока, север для испарения) значения бифуркационных параметров увеличиваются, что ведет к каскаду бифуркаций, приводящих к многомодальности» [27].

В работе [83] выполнен анализ эмпирических распределений многолетнего годового стока ЕТР и соотнесение их с картой зон неустойчивости [31]. На основе этого анализа показано, что в зоне неустойчивого процесса формирования стока процент неустойчивых распределений, выходящих за пределы семейства кривых Пирсона, достигает 40-50% при уровне значимости 5%.

Работа Найденова В.И. [52] посвящена исследованию нелинейной динамики поверхностных вод суши. Гидросфера рассматривается как динамическая система, поведение которой неустойчиво: сколь угодно малые возмущения приводят к кардинальному изменению траектории. Исследуя нелинейные задачи, связанные с водным балансом моря, автор пришел к выводу, что «...решение уравнений Фоккера-Планка-Колмогорова для плотности вероятности уровня моря имеет негауссовскую форму: во-первых, для уровня моря характерно несколько наиболее вероятных состояний; во-вторых, вероятность резких переходов от одного устойчивого равновесного уровня к другому значительно выше, чем в линейных задачах» [51].

В качестве основы механизма дестабилизации водного баланса речного бассейна автор рассматривает нелинейную связь испарения с поверхности водного бассейна и увлажненности почвы: «...возникает механизм положительной обратной связи: уменьшение испарения ведет к увеличению влагозапасов, что уменьшает амплитуду температурных колебаний и испарение и т. д.» [52]. С использованием этой модели объяснен механизм колебания уровня Каспийского моря и показано наличие его двух устойчивых состояний.

В работе [84] при помощи использования методов стохастической и хаотической динамики показано, что модель формирования речного стока может иметь хаотические решения, что говорит о невозможности детерминированного прогноза стока рек на длительные сроки.

Показано, что фазовый портрет суммарного стока рек, впадающих в Каспийское море, демонстрирует произошедшие коренные изменения в стоке рек после 1930 года: меняется среднее многолетнее значение стока, появляется второе устойчивое состояние, плотность вероятностей становится бимодальной. Бимодальность плотности вероятностей означает наличие двух устойчивых состояний, следовательно, возможность регулярных и нерегулярных переходов между ними (Рисунок 1.2).

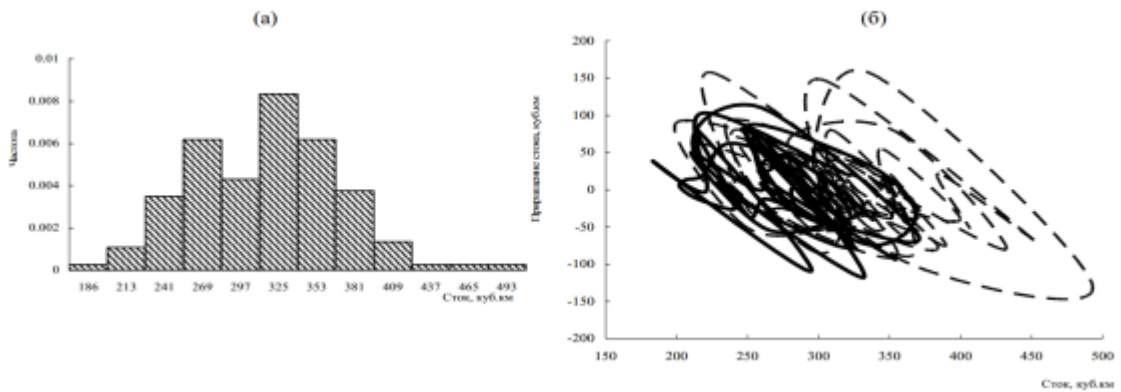


Рисунок 1.2. Гистограмма (а) и фазовый портрет (б) для суммарного стока рек, впадающих в Каспийское море. Пунктир на фазовом портрете относится к данным до 1930 г., сплошная линия - после 1930 г. [84]

При этом в качестве управляющего параметра системы предлагается рассматривать скорость испарения, изменение которой приводит к качественно новому движению всей системы (тепловая неустойчивость испарения).

В статье исследована модель формирования речного стока, решение которой имеет хаотическую динамику, что на фазовой плоскости представляет собой странный аттрактор. Исследованная модель в качестве решения имеет устойчивые автоколебания, математическим выражением которых является предельный цикл. Дополненная регулярным внешним воздействием, она демонстрирует детерминированный хаос.

2 ТЕХНОЛОГИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СТАТИСТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ БАЗЫ ДАННЫХ РЕЧНОГО СТОКА И ОПРЕДЕЛЕНИЯ СТЕПЕНИ ПОЛИМОДАЛЬНОСТИ ЗАКОНОВ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ RARCTICNET

2.1 Исходные данные

2.1.1 Данные о речном стоке. База данных RArcticNet.

В работе использованы данные о ежемесячных расходах воды, взятые с электронного ресурса Общества по изучению водных ресурсов, организованного Институтом изучения Земли, океанов и космоса, университет Нью-Гемпшир. Целью этого проекта является изучение водных ресурсов, а также систематизация данных наблюдений для облегчения гидрологических изысканий ученых по всему миру.

Результатами работы этой программы являются несколько баз данных, содержащих различную информацию о водных ресурсах, в том числе – база данных на сайте Региональной электронной гидрографической сети передачи данных для Арктического региона (рисунок 2.1).

Весь Арктический бассейн разделен, как показано на рисунке 2.2, на 10 более мелких бассейнов:

1. Юг и Восток залива Гудзон;
2. Бассейн р. Нельсон;
3. Северо-Западный Гудзонов залив;
4. Бассейн р. Макензи;
5. Бассейн р. Юкон;
6. Бассейн рек Анадырь и Колыма;
7. Бассейн р. Лена;

8. Бассейн р. Енисей;

9. Бассейн р. Обь;

10. Бассейн рек Баренцева и Норвежского морей.

Для каждого из бассейнов есть изображение карты с нанесенными на ней гидропостами (рисунок 2.3).



Рисунок 2.1. Главная страница Региональной электронной гидрографической сети передачи данных для Арктического региона

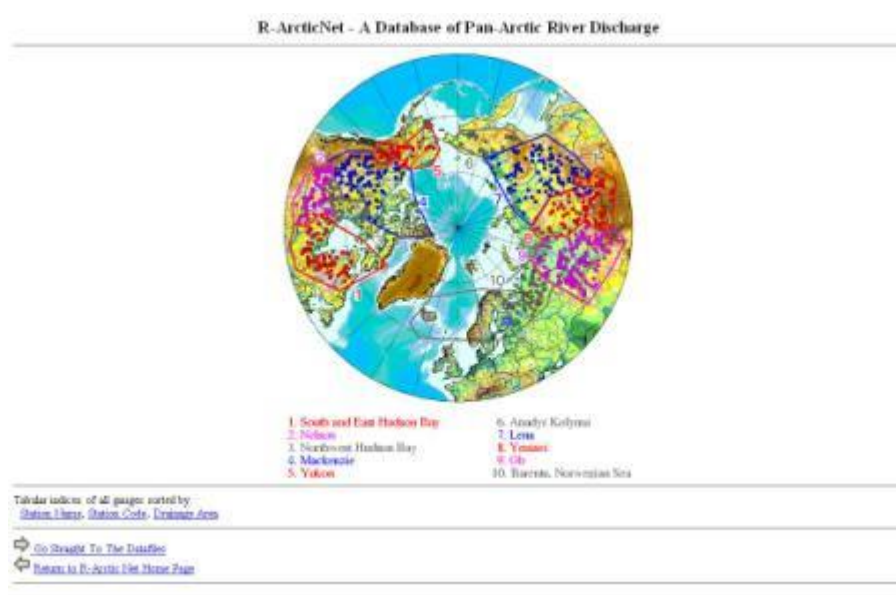


Рисунок 2.2. Схема расположения бассейнов крупных рек

Данные о гидропостах можно просмотреть несколькими способами: выбрать сортировку по имени гидропоста, коду гидропоста или площади

водосбора. Из этого файла можно перейти по ссылке к файлу, содержащему данные о конкретном посту (рисунок 2.4).

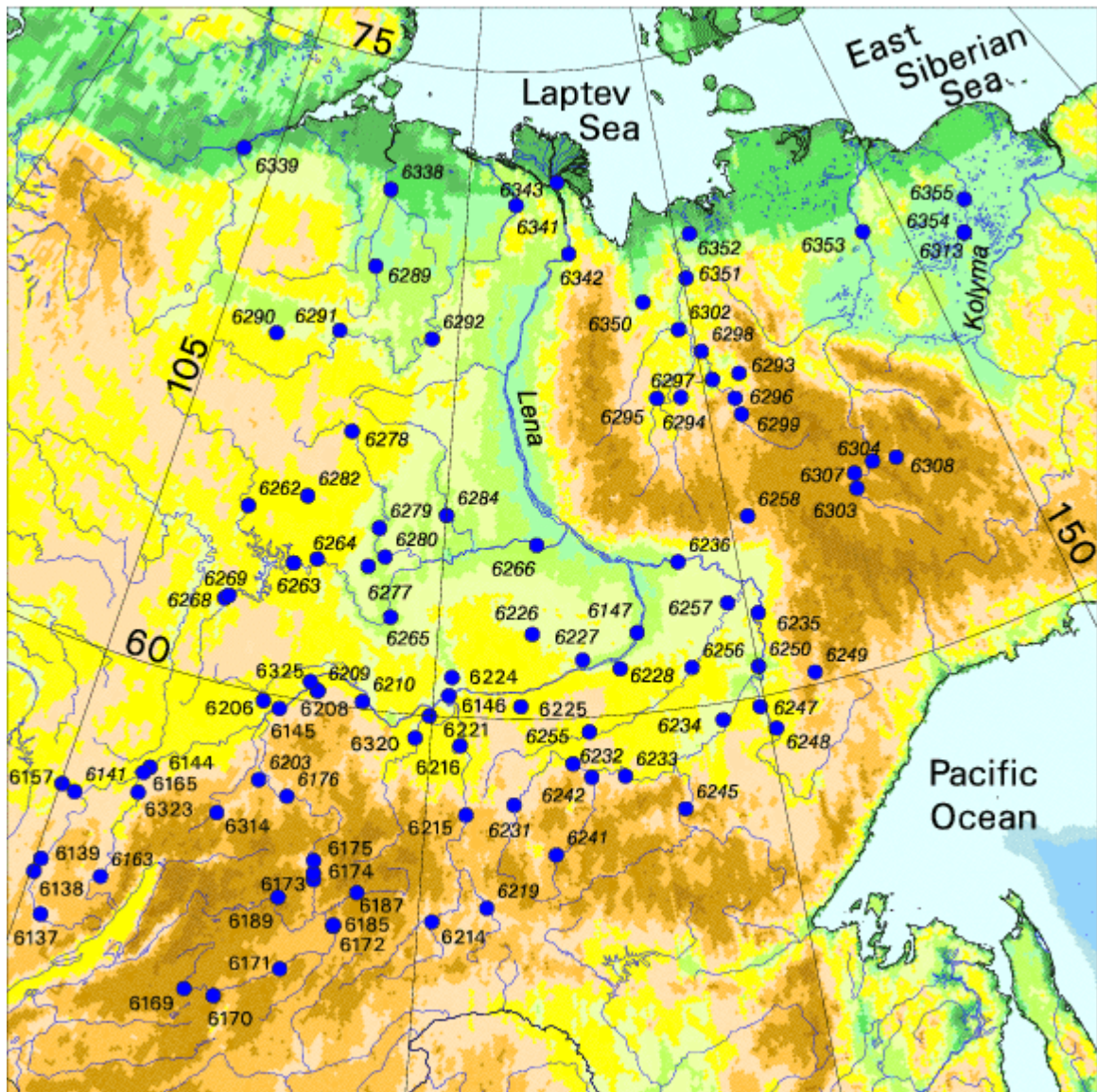


Рисунок 2.3. Схема расположения постов в бассейне реки Лена

В файле каждого гидропоста присутствуют следующие данные:

- Идентификатор поста – номер, присвоенный каждому посту для систематизации в конкретной базе данных;
- Номер поста;
- Широта в градусах;
- Долгота в градусах;
- Площадь водосбора, в километрах квадратных;
- Источник данных;

- Гидрологическая зона (территориальные подразделения арктического региона);
- График изменения расхода воды за весь период наблюдений;
- Данные о расходах воды за каждый месяц каждого года наблюдений в табличной форме, в м³/с.

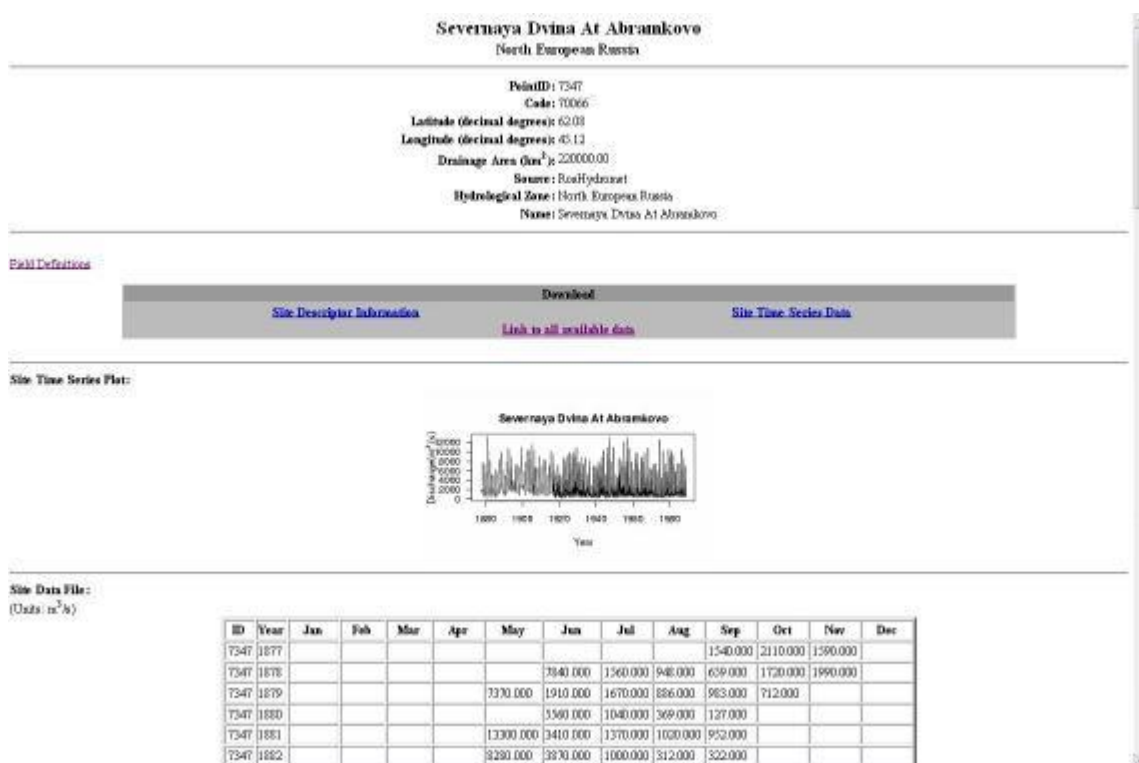


Рисунок 2.4. Индивидуальный файл для поста 7347

Однако для решения задач диссертационной работы необходима обработка большого количества информации, что делает невозможным использование этих отдельных файлов. Поэтому были использованы данные, находящиеся в сводных файлах по всему Арктическому региону. Такие файлы есть для каждого из бассейнов и общих, по всем бассейнам.

Discharge.txt содержит данные в виде колонок, разделенных символом табуляции (рисунок 2.6):

«PointID» - идентификационный номер наблюдений (станция, пост),

«Year» - год наблюдений,

«Jan», «Feb», «Mar», «Apr», «May», «Jun», «Jul», «Aug», «Sep», «Oct», «Nov», «Dec» - расходы воды за каждый месяц соответственно.

«-9999.00» обозначает отсутствие данных наблюдений.

Уникальный номер задан для каждого пункта во избежание повторения в кодовых номерах.

R-ArcticNet Available Data		
Entire Dataset	Site Attributes	Discharge Data (11.7 MB)
Pan-Arctic Hydrological Regions		
1. Southern and Eastern Hudson Bay and James Bay	Site Attributes	Discharge Data
2. Nelson Basin	Site Attributes	Discharge Data
3. West and North West Hudson Bay	Site Attributes	Discharge Data
4. Mackenzie Basin with Beaufort Sea and the Canadian Arctic Archipelago	Site Attributes	Discharge Data
5. Yukon Basin and Northern Alaska	Site Attributes	Discharge Data
6. Anadyr and Kolyma Basins	Site Attributes	Discharge Data
7. Lena Basin with Laptev Sea and parts of the East Siberian Sea	Site Attributes	Discharge Data
8. Yenisei Basin	Site Attributes	Discharge Data
9. Ob Basin and Western Kara Sea	Site Attributes	Discharge Data
10a. Scandinavia	Site Attributes	Discharge Data
10b. Barents Sea	Site Attributes	Discharge Data

Data for estimates of total inflow to the [Arctic Ocean](#)

Information:

- [Background and Data Description](#)
- [Field Definitions for Site Attributes and Discharge Tables](#)
- [Return to R-Arctic Net Home Page](#)

Рисунок 2.5. Список файлов со сводной информацией по бассейнам

SiteAttributes.txt содержит те же данные о постах, что и в отдельных файлах для каждого поста, но в табличной форме (рисунок 2.7). Для удобства файл был обработан в Microsoft Excel, были оставлены поля только с номером поста, координатами, площадью водосбора и именем станции. На рисунке файл показан в необработанном виде.

Периоды наблюдений сильно отличаются для разных рек и стран (от 1 года до 117 лет). Пропуски в наблюдениях часто значительны. Необходимо отметить, что база данных является лишь своеобразным накопителем данных, полученных от различных источников, занимающихся водными исследованиями каждый в своем регионе. Ниже приведен список этих организаций:

USGS – геологическая служба США

HCDN – сеть гидро-климатических данных

Hydat – Канада, гидрологическая служба

SHI – Россия, Государственный гидрологический институт
 UNESCO – данные, предоставленные организацией UNESCO.

Поэтому точность и правдоподобность информации, представленной в базе данных, полностью зависит от поставщиков, что позволяет рассчитывать на высокое качество данных.

The screenshot shows a Microsoft Excel spreadsheet with a grid of data. The columns are labeled 'Year' and 'Day' at the top, followed by numerous numerical columns. The data appears to be organized in a regular grid pattern, with values ranging from 0 to over 100,000. The spreadsheet is titled 'Discharge.txt'.

Рисунок 2.6. Вид файла Discharge.txt

The screenshot shows a Microsoft Excel spreadsheet with a table of site attributes. The columns are labeled 'Name', 'Latitude', 'Longitude', and 'Name'. The table lists various geographical locations and their coordinates. The data is organized in a regular grid pattern, with values ranging from 0 to over 100,000. The spreadsheet is titled 'SiteAttributes.txt'.

Рисунок 2.7. Вид файла SiteAttributes.txt

Для решения задач данной работы были использованы данные с бассейнов № 6,7,8,9 (бассейны рек Анадырь и Колыма, Лена, Енисей, Обь), с длиной

выборки от 20 до 117 лет. Таким образом, было отобрано и обработано более 550 рядов наблюдений (Рисунок 2.8).

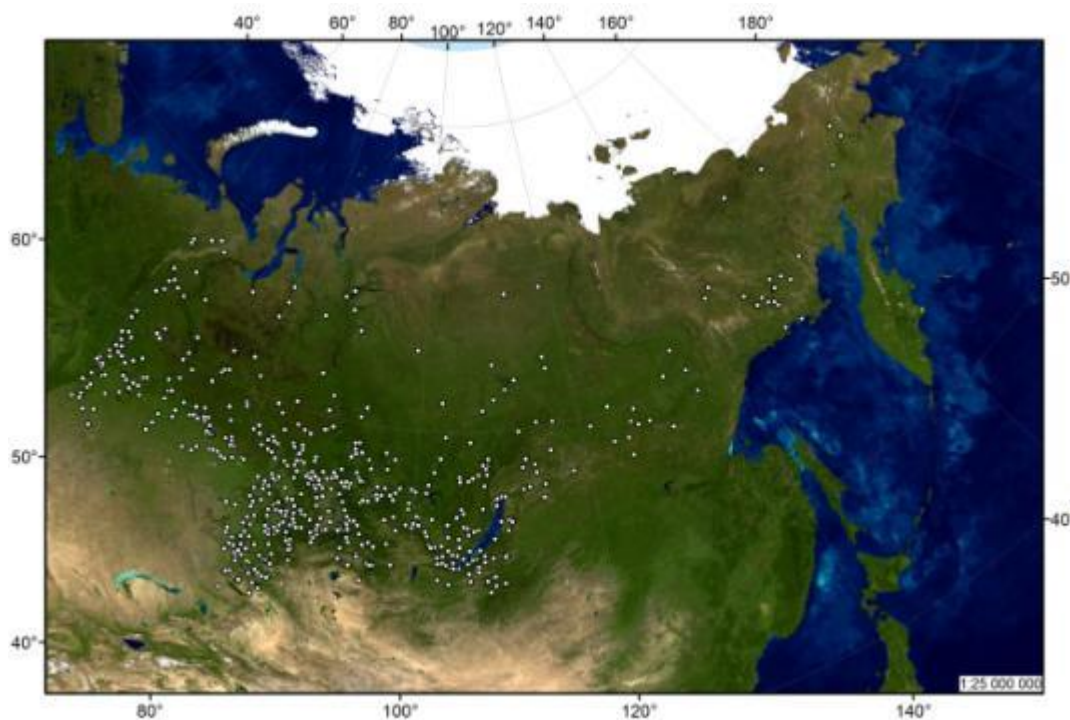


Рисунок 2.8. Схема расположения гидрологических постов, используемых в расчетах

2.1.2 Цифровая модель рельефа eToro2

Для исследования связи степени полимодальности закона распределения годового стока рек от высотного положения водосбора использовались данные о высотах, полученные с использованием растровой цифровой модели рельефа (далее ЦМР) eToro2, созданной на основе нескольких источников. Для топографии суши использовалась модель GLOBE – Global Land One-kilometer Base Elevation (пространственное разрешение 1 км).

Растровая ЦМР представляет собой совокупность неделимых ячеек (пикселов), каждому из которых присвоено значение высоты над уровнем моря. Таким образом, растровая ЦМР – это матрица высот: регулярная (в данном случае квадратная) сеть отметок в узлах, расстоянием между которыми определяется пространственное разрешение [67]. В данном случае каждый пиксел имеет

значение на местности 1 км^2 . Это определяет предельную пространственную точность получаемых значений.

2.1.3 Календарь повторяемости типов атмосферной циркуляции

Для исследования зависимости полимодальности законов распределения годового стока рек бассейнов р. Анадырь и Колыма от повторяемости различных типов атмосферной циркуляции был использован «календарь типов атмосферной циркуляции с учетом нестационарности над северной частью Тихого океана и их краткая характеристика» [55], составленный по материалам А.М. Поляковой и опубликованный на сайте Тихоокеанского океанологического института ДВО РАН им. В.И. Ильичева [55].

Календарь был составлен с использованием ежедневных срочных приземных синоптических карт за пятидесятилетний ряд наблюдений (с 01.01.49. по 31.12.1999 гг.) [55]. Также на сайте представлены теоретические материалы, характеризующие 6 типовых ситуаций, выделенных автором. Также приведены данные о преобладании типовых ситуаций, месячная, сезонная, межгодовая, климатическая изменчивость. Автором «выявлены 3, 5, 7, 11-летние циклы колебаний суммарной продолжительности действия типовых процессов» [55].

Календарь оформлен в виде таблицы в формате MS Excel и доступен для свободного скачивания с сайта. Для каждого дня за весь период наблюдений указан соответствующий тип атмосферной циркуляции в закодированном виде, что позволяет в некоторой мере автоматизировать процесс статистической обработки данных.

2.1.4 Агроэкологический атлас России и сопредельных стран

Для исследования связи степени полимодальности с климатическими характеристиками, такими как температура, дефицит влажности воздуха, количество осадков, использовался программный продукт «Агроэкологический

атлас России и сопредельных стран: экономически значимые растения, их болезни, вредители и сорные растения» [81].

Агроэкологический атлас реализован в двух видах: в интернет-варианте и в DVD версии, которая содержит карты и имеет специальную программную оболочку для работы с картами.

Используемые карты имеют растровый формат с пространственным разрешением 10 км. Это означает, что в одном пикселе карты помещается 100 км² местности.

В качестве исходных данных были использованы растровые карты среднегодовой температуры воздуха за июль, среднего квадратического отклонения среднегодовых среднемесячных значений осадков за июль и дефицита влажности воздуха за июль.

2.2 Автоматизированная технология исследования полимодальности

В данном исследовании распространение полимодальности закона распределения годового стока рек было показано на основе автоматизированной статистической обработки богатого эмпирического материала.

Для обработки данных были написаны две программы в среде программирования Borland Delphi 7 © 2002 Borland Software Corporation [55].

2.2.1 Программа Ordinati

Программа Ordinati предназначена для первичного анализа данных, а также расчета и построения кривых обеспеченности годового стока рек. Расчеты можно проводить в два этапа:

- определение основных расчетных статистических характеристик стока;

- расчет эмпирических и аналитических ординат кривых обеспеченности для каждого гидрологического поста.

Исходным материалом для работы программы является файл, напрямую доступный с сайта базы данных [87] и содержащий ежемесячные расходы воды для всех гидрологических постов, отсортированных по уникальному идентификационному номеру. Также предусмотрена возможность расчета статистических параметров для одного ряда наблюдений.

Все расчеты производятся по методикам, рекомендованным сводом правил СП 33-101-2003 по определению основных расчетных гидрологических характеристик. Для аппроксимации эмпирической кривой обеспеченности используется распределение Пирсона III типа. Коэффициенты вариации и асимметрии определяются методом моментов.

Входные данные:

- ежемесячные расходы воды (файл, напрямую скачиваемый с сайта БД);
- таблица нормированных ординат кривой Пирсона III типа;
- таблицы параметров, используемых для расчета методом моментов несмещенных оценок коэффициентов вариации и асимметрии.

Эти таблицы подгружаются в процессе выполнения программы из базы данных формата Microsoft Access. В случае если хотя бы для одного месяца данных в базе нет, весь год исключается из расчетов, пропущенные значения не восстанавливаются.

Методика вычисления эмпирических параметров законов распределения

1. На основе данных из файла discharge.txt вычисляется норма годового стока для каждого поста по формуле:

$$\bar{Q} = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i}{n} \quad (2.1)$$

где Q_i – средние за год значения расходов воды; n – число лет.

2. Вычисляются модульные коэффициенты расходов воды по формуле:

$$K_i = \frac{Q_i}{Q} \quad (2.2)$$

3. Вычисляются смещенные оценки коэффициента вариации \overline{Cv} и асимметрии \overline{Cs} по формулам:

$$\overline{Cv} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (K_i - 1)^2}{n-1}} \quad (2.3)$$

$$\overline{Cs} = \frac{n \sum_{i=1}^n (K_i - 1)^3}{\overline{Cv}^3 (n-1)(n-2)} \quad (2.4)$$

4. Вычисляется коэффициент автокорреляции между смежными членами ряда:

$$r(1) = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} (Q_i - \overline{Q}_1)(Q_{i-1} - \overline{Q}_2)}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (Q_i - \overline{Q}_1)^2 \sum_{i=1}^{n-1} (Q_i - \overline{Q}_2)^2}} \quad (2.5)$$

где $\overline{Q}_1 = \sum_{i=1}^{n-1} \frac{Q_i}{n-1}$; $\overline{Q}_2 = \sum_{i=2}^n \frac{Q_i}{n-1}$.

5. Вычисляются несмещенные оценки коэффициентов вариации и асимметрии по формулам:

$$Cv = (a_1 + \frac{a_2}{n}) + (a_3 + \frac{a_4}{n})\overline{Cv} + (a_5 + \frac{a_6}{n})\overline{Cv}^2 \quad (2.6)$$

$$Cs = (b_1 + \frac{b_2}{n}) + (b_3 + \frac{b_4}{n})\overline{Cs} + (b_5 + \frac{b_6}{n})\overline{Cs}^2 \quad (2.7)$$

где $a_1 \dots a_6$; $b_1 \dots b_6$ – коэффициенты, определяемые по таблице Б.1 приложения Б к СП 33-101-2003, занесённые в таблицы базы данных MS Access «koefA.dbf» и «koefB.dbf».

Методика определения эмпирических и аналитических обеспеченностей, соответствующих значениям исходного ряда

1. Выполняется ранжирование ряда в порядке убывания (используются данные временного файла, создаваемого в процессе выполнения программы);

2. Производится расчет по формуле линейной интерполяции для определения нормированных отклонений от среднего значения ординат распределения Пирсона третьего типа по рассчитанному C_s . Нормированные ординаты биномиальной кривой распределения извлекаются из базы данных `fnumber.dbf`.

$$\Phi_i = \Phi_1 + \frac{(\Phi_2 - \Phi_1)(C_{s_i} - C_{s_1})}{C_{s_2} - C_{s_1}} \quad (2.8)$$

где C_{s_1} и C_{s_2} равны ближайшим табличным величинам к рассчитанным значениям C_s ; Φ_1 и Φ_2 соответствуют C_{s_1} и C_{s_2} при конкретной обеспеченности.

3. Для каждого значения Q вычисляется значение Φ_i по формуле:

$$\Phi_i = \frac{K_i - 1}{C_v} \quad (2.9)$$

4. Для каждого Φ_i вычисляется значение аналитической обеспеченности P_i по формуле:

$$P_i = P_1 + \frac{(P_2 - P_1)(\Phi_1 - \Phi_i)}{\Phi_1 - \Phi_2} \quad (2.10)$$

где Φ_1 и Φ_2 равны ближайшим табличным величинам к рассчитанным значениям Φ_i ; P_1 и P_2 равны ближайшим табличным величинам к P_i .

5. Вычисляются эмпирические обеспеченности по формуле:

$$P_i^* = \frac{m}{n+1} \cdot 100\% \quad (2.11)$$

где m – порядковый номер Q_i

6. Рассчитанные значения записываются в файлы `ordinate.txt` и `ordinateOnly.txt`

Выходные данные программы `Ordinati`:

1. Файл `statparam.txt`, содержащий следующие рассчитанные данные:

Таблица 2.1- Структура файла `statparam.txt` с примером данных, рассчитанных для п. № 6342 (р. Кута - п. Максимова)

Код поста	Длина выборки	\bar{Q} , м ³ /с	C_v	C_s	r	C_v без смещения	C_s без смещения
6156	36	34,1	0.23	0.20	0.36	0.23	0.26

2. Файлы в формате MS Excel (*.xls) для каждого гидрологического поста отдельно, содержащие ординаты эмпирической и аналитической кривых обеспеченностей, соответствующие им расходы воды.

Файлы в растровом формате изображений *.bmp с графиками эмпирической и сглаживающей её аналитической кривыми обеспеченности для каждого гидрологического поста. Пример эмпирической и аналитической кривых приведен на рисунке 2.9.

3. Файлы в растровом формате изображений *.bmp с гистограммами распределения среднегодового стока.
4. Файл ordinati.txt, содержащий эмпирические и аналитические ординаты для всех расчетных створов.

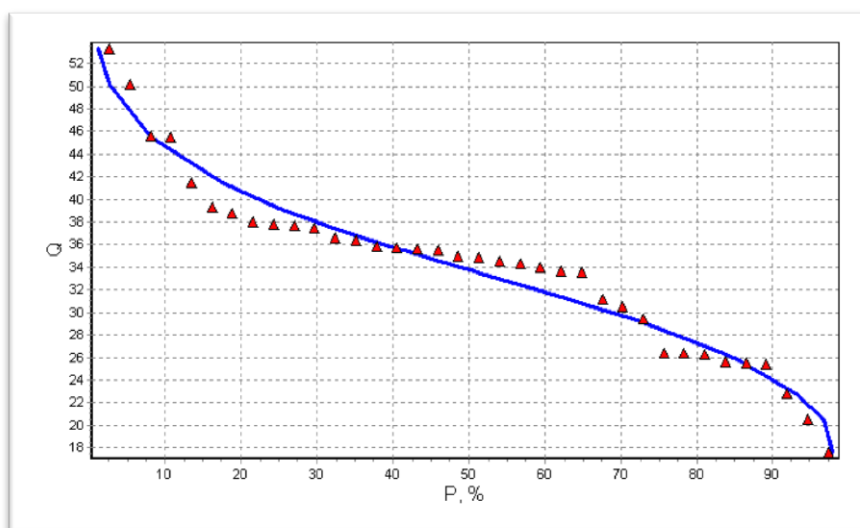


Рисунок 2.9. Автоматически построенные эмпирическая и сглаживающая её аналитическая кривые обеспеченности для п. 6156 (р. Кута - п. Максимово)

Результаты работы программы позволяют быстро получать первичную статистическую информацию для каждого отдельно взятого ряда наблюдений, а также являются исходными данными для работы второй программы – Polimod.

2.2.2 Программа Polimod

Программа Polimod (рисунок 2.10) предназначена для расчета значений критериев степени полимодальности для каждого ряда наблюдений и решает следующие задачи:

- Расчет критериев степени полимодальности закона распределения годового стока рек для каждого ряда данных. В качестве критериев степени полимодальности используются критерии согласия Пирсона [61] и полимодальности, предложенный С.А. Лобановым [40];
- Расчет осредненных статистических параметров гидрологических рядов и физико-географических параметров водосборов для рядов данных, удовлетворяющих заданным ограничениям;
- Извлечение из файла SiteAttribute.txt атрибутивных данных каждого гидрологического поста, таких как широта и долгота, площадь водосбора;
- Подготовка данных для добавления их в ГИС-проект с целью последующего пространственного анализа.

Исходные данные:

1. Файл `ordinati.txt`, содержащий код поста и ординаты аналитической и эмпирической кривых обеспеченности;
2. Файл `SiteAttribute.txt`, содержащий для каждого поста широту, долготу, площадь водосбора, высоту и название поста;
3. Граничные значения для длины выборки, площади водосбора, широты, модуля стока, высоты, коэффициента вариации, а также минимальное значение приращения (P), которое считается нулевым интервалом.

Файл `statparam.txt`, содержащий рассчитанные статистические параметры для каждого поста.

Результаты:

1. Файл `itog.xls`. Файл содержит все рассчитанные данные, колонки подписаны;

2. Файл lat-long.dbf. Содержит данные, предназначенные для добавления в ГИС-проект;
3. Файл pr.txt. Содержит значения приращений аналитических вероятностей;
4. Индивидуальный файл для каждого расчета, в названии указываются входные значения расчетных параметров;
5. Прочие временные файлы, создающиеся в процессе выполнения программы и предназначенные для промежуточных расчетов или контроля правильности выполнения программы.

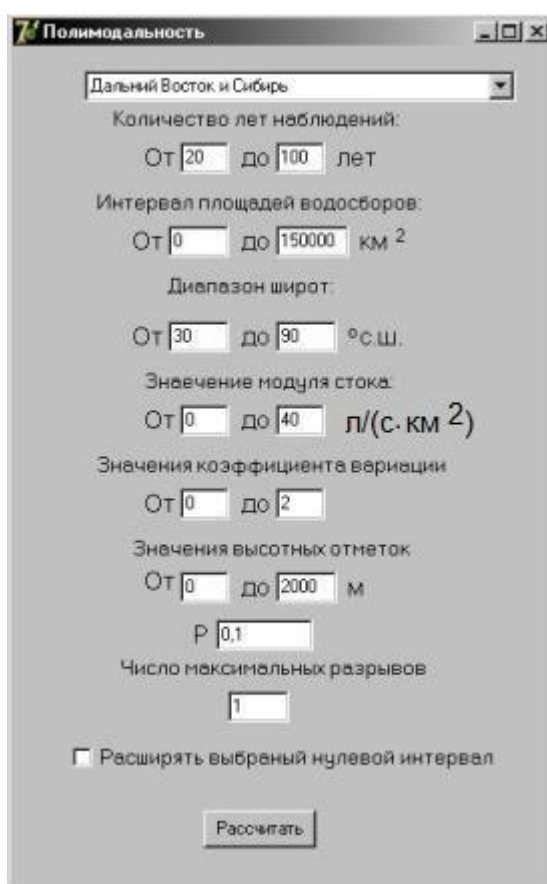


Рисунок 2.10. Рабочее окно программы Polimod

Методика вычисления критериев полимода́льности

Алгоритмы выделения мод могут быть различными. В данной диссертационной работе предлагается выделять интервалы случайных величин, тяготеющих к модам таким образом, чтобы они были разделены интервалами с минимальной плотностью точек в них, равной нулю (интервалы разрывов случайных величин) [43].

В данной работе использованы два основных критерия полимодальности:

- критерий полимодальности, предложенный Лобановым, который представляет собой вероятность случайного появления выделенной эмпирической полимодальности (PI) [40], т.е. чередование интервалов повышенной и пониженной плотности точек;
- критерий Пирсона, характеризующий степень расхождения между аналитической и эмпирической кривыми обеспеченности (χ^2).

Алгоритм программы можно описать следующими основными этапами:

1. Из файла `ordinatiOnly.txt` считываются для одного поста значения аналитической обеспеченности;
2. Вычисляются значения приращений для них как $P_{n+1} - P_n$, заносятся в массив;
3. Находится максимальное приращение (максимальный разрыв);
4. Вычисляется поправка, связанная с точностью представления данных:

$$P_0 = \frac{100}{n+1} = 2(\Delta P_1 + \Delta P_2), \quad (2.12)$$

где

$$\Delta P_1 = \left(\frac{P_{\max} - P_{\max-1}}{\Delta q(q_{\max-1} - q_{\max})} + P_{\max} \right) \cdot \frac{1}{100}; \quad (2.13)$$

$$\Delta P_2 = \left(\frac{P_{\max+1} - P_{\max}}{\Delta q(q_{\max} - q_{\max+1})} + P_{\max+1} \right) \cdot \frac{1}{100}; \text{ где} \quad (2.14)$$

$$\Delta q = 0,001 \text{ при } \bar{Q} < 1 \text{ м}^3 / \text{с};$$

$$\Delta q = 0,01 \text{ при } 1 \text{ м}^3 / \text{с} < \bar{Q} < 10 \text{ м}^3 / \text{с};$$

$$\Delta q = 0,1 \text{ при } 10 \text{ м}^3 / \text{с} < \bar{Q} < 100 \text{ м}^3 / \text{с};$$

$$\Delta q = 1 \text{ при } 100 \text{ м}^3 / \text{с} < \bar{Q} < 1000 \text{ м}^3 / \text{с};$$

$$\Delta q = 10 \text{ при } 1000 \text{ м}^3 / \text{с} < \bar{Q} < 10000 \text{ м}^3 / \text{с};$$

$$\Delta q = 100 \text{ при } 10000 \text{ м}^3 / \text{с} < \bar{Q} < 100000 \text{ м}^3 / \text{с}.$$

Значение q определяется величиной расхода воды и тем, что он всегда представлен тремя значащими цифрами. Данная поправка призвана не допустить

выделения «лишних» разрывов, появляющихся из-за ограниченной точности представления данных;

5. Вычисляется вероятность P_1 случайного появления выделенной эмпирической полимодальности по формуле:

$$P = \frac{n! K_1! K_2!}{\prod_{i=1}^K m_i!} \prod_{i=1}^K P_i^{m_i} \quad (2.15)$$

где n – длина выборки (соответствует длине массива);

K_1 – число интервалов с нулевой плотностью точек. Интервал нулевой плотности определяется как максимальное приращение между ординатами;

K_2 – число интервалов с повышенной плотностью точек;

Изначально $K_1=1$, $K_2=2$;

K – общее число интервалов, $K = K_1 + K_2$;

P_i – теоретическая вероятность попадания равномерно распределенной случайной величины в выделенный интервал с числом m_i случайных точек в нем.

6. Проверяется соблюдение двух условий:

а. Ненулевой интервал включает минимум две точки;

б. Рассчитанная вероятность $P_i \geq P_0$.

7. Находится второе по величине приращение, причем соседние нулевые интервалы должны разделяться не менее чем двумя точками;

8. Рассчитывается вероятность P_2 по формуле 2.15. Значения K_1 и K_2 увеличиваются на 1. Количество точек в интервалах вычисляется с учетом того, какую моду «разбивает» новый нулевой интервал;

9. Производится сравнение полученных вероятностей. Если $P_2 < P_1$, то повторяется пункт 6;

10. Рассчитывается критерий Пирсона χ^2 по формуле:

$$\chi^2 = n \cdot \sum \frac{(P_i^* - P_i)^2}{P_i} \quad (2.16)$$

где $P_i^* = \frac{m_i}{n}$, n – количество точек в ряду.

11. Вычисляется вероятность появления выделенного значения критерия Пирсона.
Для этого происходит обращение к таблице интеграла вероятностей χ^2 [8], содержащейся в базе данных;
12. Находится следующий по величине разрыв;
13. Пункты 5-15 повторяются до тех пор, пока соблюдается условие: $P_n < P_{n-1}$.
14. Распределение чередующихся повышенной и пониженной плотности точек эмпирической кривой обеспеченности, соответствующее минимальному значению P интерпретируется как возможное проявление полимодального распределения;
15. Вычисляется значение критерия Лобанова: $Pl = -lgP$;
16. Все результаты записываются во временный файл;
17. После завершения расчета происходит выборка результатов, удовлетворяющих заданным начальным условиям;
18. Из файла siteAttribute.txt выбираются данные о постах, все данные записываются в файл itog.xls и отдельные файлы в формате *.xls, в названии которых указаны значения входных параметров. Например:
F=0-15000,Lat=30-90,H=801-2000,M=0-40,Cv=0-2.xls.

3 ВЫДЕЛЕННАЯ ПОЛИМОДАЛЬНОСТЬ ЗАКОНОВ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ГОДОВОГО СТОКА РЕК

3.1 Оценка эффективности критериев согласия на основе численных экспериментов

Исследование мощности обязательно необходимо проводить для нового, «не обкатанного» критерия, если нет примеров известных в природе полимодальных ЗР с заданными параметрами. Только численные эксперименты на искусственных выборках с заданными свойствами позволят оценить мощность критерия – основную характеристику его эффективности, численно равную вероятности не сделать ошибку 2-го рода при проверке статистической гипотезы.

Исследование мощности критерия методом Монте-Карло предполагает моделирование практически неограниченного числа выборок случайных величин заданной длины с заданным видом полимодального ЗР. Большое число моделируемых выборок дает возможность с высокой точностью оценивать достаточно малые значения вероятности случайного появления выделенной эмпирической полимодальности. И на этом основании (по результатам расчетов) мы имеем возможность убедительно оценивать мощность исследуемого критерия [43].

Исследование эффективности критерия согласия выполнено для случайных величин с четырехмодальным ЗР, асимметричный вид которого характерен для природных процессов [66]. Расстояние a между интервалами, на которых определена функция полимодального ЗР, изменяется от 0,1 до 0,6 с шагом 0,1. В пределах отрезков a ординаты ЗР равны 0.

Каждая частная кривая моделировалась как нормальный усеченный ЗР случайной величины y с четырьмя локальными математическими ожиданиями y_i (локальными модами), определяемыми по формуле:

$$y_i = 6 + (2\sigma + a)(i - 1), (i = 1, 2, 3, 4); \quad (3.1)$$

Диапазон вариации y вокруг каждого математического ожидания составлял одну и ту же величину $(-2\sigma, +2\sigma)$. Среднеквадратическое отклонение нормально распределенной случайной величины $\sigma = 0,632$. Для моделирования нормально распределенной случайной величины y использован датчик псевдослучайных чисел, равномерно распределенных в интервале 0-1. Эмпирическая кривая обеспеченности аппроксимировалась одномодальной кривой обеспеченности Пирсона III типа в соответствии с рекомендациями нормативного документа СП 33-101-2003, используемого в практике инженерных гидрологических расчетов. Входные данные: расстояние a между интервалами области определения случайной величины y , длина ряда n , количество моделируемых рядов – задавались вручную. Для каждой моделируемой выборки заданной длины n и заданного расстояния a рассчитывались:

1. Ординаты аналитической кривой обеспеченности;
2. Критерий Пирсона, характеризующий степени расхождения между эмпирическими данными и аналитической функцией:

$$\chi^2 = n \cdot \frac{\sum_{i=1}^k (P_i^* - P_i)^2}{P_i}; \quad (3.2)$$

3. Критерий Крамера-Мизеса-Смирнова, представляющий собой квадрат отклонения между эмпирической и аналитической функциями обеспеченности по каждому значению случайной величины:

$$n\omega^2 = \sum_{i=1}^n [P(x) - P^*(x)] + \frac{n}{12(n+1)^2}; \quad (3.3)$$

4. Критерий Лобанова, характеризующий вероятность случайного появления полимодальности:

$$P = \frac{n! \cdot k_1! \cdot k_2!}{\prod_{i=1}^k m_i!} \prod_{i=1}^k P_i^{m_i}; \quad (3.4)$$

5. Значения выделенных мод по критерию и вероятность их случайного появления по формуле (3.4);
6. Количество мод;
7. Значения коэффициентов вариации C_v и асимметрии C_s .

Алгоритм моделирования ряда данных с заданным четырехмодальным законом распределения:

Моделирование случайных чисел, имеющих заданный полимодальный закон распределения (четыре моды) реализовано в среде программирования Borland Delphi 7 по следующему алгоритму:

1. Каждое число последовательности получается суммированием 120 случайных чисел, взятых из датчика псевдослучайных чисел hqrnd Copyright (c) 2007, Sergey Bochkanov (ALGLIB project) [74], с математическим ожиданием $m_x = 0,5$ и дисперсией $\sigma_y^2 = \frac{2n}{12}$. Для обеспечения случайности первого числа в последовательности использовалась функция randomize, которая устанавливает в качестве начального значения текущее время;

2. Каждый из локальных законов распределения является нормальным усеченным законом распределения;

3. Каждое число последовательности, до того как будет отнесено к какой-либо моде, получается следующим образом:

$$y_i = \frac{\sum_{k=1}^{120} y_k}{120}. \quad (3.5)$$

после чего проверяется соблюдение условия: $|(y_i - 6)| < 0,632$. Если условие не выполняется, то число в дальнейшем моделировании не участвует. Если условие выполняется, то полученное число отсылается в одну из мод с соответствующей окрестностью по условиям:

- производится обращение к датчику *random* с использованием функции *randomize*. В случае, если полученное число находится в интервале 0-0,4096, то $Q_m = y_i$, где Q_m – смоделированное значение расхода воды;
- Если выбранное число находится в интервале 0,40961-0,8192, то $Q_m = y_i + 1,264 + a$, где a – расстояние между модами, полученное число будет тяготеть ко второй моде;
- Если выбранное число находится в интервале 0,81921-0,9728, то $Q_m = y_i + 2,528 + 2a$, полученное число будет тяготеть к третьей моде;
- Если выбранное число находится в интервале 0,97281-1,0, то $Q_m = y_i + 3,792 + 3a$, полученное число будет тяготеть к четвертой моде.

Алгоритм выделения мод и вычисления критериев полимодальности в целом аналогичен алгоритму, используемому для вычисления степени полимодальности реальных рядов наблюдений и описанному в п. 2.2.1.3 настоящей работы. Принимается, однако, дополнительное ограничение величины нулевого интервала:

$P_0 = \frac{k}{n+1} * 100$, где k в зависимости от длины ряда (n) равно:

- a. $k=2,5$ для $20 \leq n < 30$;
- b. $k=3$ для $30 \leq n < 40$;
- c. $k=3,5$ для $40 \leq n < 50$;
- d. $k=4$ для $50 \leq n < 70$;
- e. $k=4,5$ для $70 \leq n < 80$;
- f. $k=5$ для $80 \leq n < 100$.

4. Программа позволяет задавать количество смоделированных рядов и получить осредненные характеристики для сколь угодно большого количества рядов. В данном исследовании количество итераций назначалось равным 30000. Однако, поскольку не все смоделированные ряды удовлетворяют заданным условиям, их итоговое количество оказывается несколько меньше.

Статистические параметры и характеристики полимодальности, осредненные для всех смоделированных рядов, представлены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 - Сводная таблица расчетов, выполненных для смоделированных рядов данных

20															
a	m	$P = \frac{n! \cdot K_1! \cdot K_2!}{\prod_{i=1}^K m_i!} \prod_{i=1}^K P_i^{m_i}$	Pl	χ^2	Вероятность превышения χ^2	ω^2	K	Cv	Cs	Кол-во повторений	2 моды	3 моды	4 моды	$\beta(P)$	$\beta(\chi^2)$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
0	2,34	$7,23 \cdot 10^{-02}$	1,14	7,57	$2,34 \cdot 10^{-02}$	0,07937	0,565	0,15	0,49	13340	8854	4422	64	0,58	0,906
0,1	2,39	$5,28 \cdot 10^{-02}$	1,28	8,38	$2,15 \cdot 10^{-02}$	0,08734	0,594	0,16	0,52	13956	8615	5276	65	0,687	0,904
0,2	2,44	$3,71 \cdot 10^{-02}$	1,43	9,30	$1,94 \cdot 10^{-02}$	0,0944	0,619	0,17	0,56	14585	8215	6329	41	0,781	0,91
0,3	2,47	$2,40 \cdot 10^{-02}$	1,62	10,15	$1,63 \cdot 10^{-02}$	0,10225	0,644	0,18	0,59	15110	8000	7069	41	0,865	0,923
0,4	2,49	$1,53 \cdot 10^{-02}$	1,82	10,96	$1,35 \cdot 10^{-02}$	0,10898	0,665	0,19	0,61	15266	7756	7484	26	0,925	0,937
0,5	2,5	$9,86 \cdot 10^{-03}$	2,01	11,73	$1,05 \cdot 10^{-02}$	0,11653	0,69	0,20	0,65	15826	7908	7899	19	0,963	0,96
0,6	2,5	$6,85 \cdot 10^{-03}$	2,16	12,44	$8,18 \cdot 10^{-03}$	0,12319	0,71	0,20	0,67	15979	8052	7916	11	0,983	0,973
30															
0	2,46	$4,44 \cdot 10^{-02}$	1,35	9,33	$1,74 \cdot 10^{-02}$	0,09519	0,654	0,15	0,52	15183	8323	6683	177	0,74	0,943
0,1	2,57	$2,57 \cdot 10^{-02}$	1,59	10,73	$1,53 \cdot 10^{-02}$	0,10671	0,691	0,16	0,55	15897	7007	8687	203	0,847	0,943
0,2	2,69	$1,25 \cdot 10^{-02}$	1,90	12,12	$1,29 \cdot 10^{-02}$	0,11768	0,723	0,17	0,58	16797	5481	11087	229	0,932	0,949
0,3	2,75	$4,96 \cdot 10^{-03}$	2,30	13,50	$9,90 \cdot 10^{-03}$	0,12973	0,756	0,18	0,61	17427	4459	12799	169	0,98	0,966
0,4	2,8	$1,83 \cdot 10^{-03}$	2,74	14,95	$7,26 \cdot 10^{-03}$	0,14092	0,788	0,19	0,64	17975	3698	14123	154	0,997	0,981
0,5	2,83	$7,74 \cdot 10^{-04}$	3,11	16,43	$4,80 \cdot 10^{-03}$	0,15111	0,816	0,20	0,66	18255	3188	14948	119	0,999	0,993
0,6	2,84	$3,47 \cdot 10^{-04}$	3,46	17,98	$3,12 \cdot 10^{-03}$	0,16236	0,845	0,20	0,68	18579	2993	15487	99	1	0,998

Продолжение таблицы 3.1

40															
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
0	2,46	$3,63 \cdot 10^{-02}$	1,44	10,37	$1,25 \cdot 10^{-02}$	0,11027	0,721	0,15	0,53	16805	9304	7283	218	0,768	0,989
0,1	2,61	$1,96 \cdot 10^{-02}$	1,71	12,11	$1,01 \cdot 10^{-02}$	0,12557	0,765	0,16	0,56	17892	7361	10225	306	0,878	0,988
0,2	2,76	$7,08 \cdot 10^{-03}$	2,15	14,10	$7,53 \cdot 10^{-03}$	0,14157	0,809	0,17	0,59	18682	4813	13534	335	0,96	0,992
0,3	2,86	$1,58 \cdot 10^{-03}$	2,80	15,74	$5,40 \cdot 10^{-03}$	0,15698	0,847	0,18	0,61	19510	3063	16167	280	0,994	0,995
0,4	2,91	$3,52 \cdot 10^{-04}$	3,45	17,71	$3,50 \cdot 10^{-03}$	0,17147	0,883	0,19	0,64	20126	1959	17931	236	1	0,999
0,5	2,95	$9,27 \cdot 10^{-05}$	4,03	19,77	$2,02 \cdot 10^{-03}$	0,18636	0,918	0,20	0,66	20582	1245	19141	196	1	1
0,6	2,96	$2,60 \cdot 10^{-05}$	4,59	21,71	$1,08 \cdot 10^{-03}$	0,20022	0,952	0,20	0,68	20854	929	19744	181	1	1
50															
0	2,52	$2,73 \cdot 10^{-02}$	1,56	11,94	$1,02 \cdot 10^{-02}$	0,1259	0,78	0,15	0,54	18121	9235	8425	461	0,815	0,998
0,1	2,7	$1,15 \cdot 10^{-02}$	1,94	14,34	$7,41 \cdot 10^{-03}$	0,14457	0,83	0,16	0,57	19285	6285	12442	558	0,928	0,998
0,2	2,86	$2,62 \cdot 10^{-03}$	2,58	16,26	$5,13 \cdot 10^{-03}$	0,16452	0,878	0,17	0,59	20367	3495	16304	568	0,986	0,999
0,3	2,94	$3,42 \cdot 10^{-04}$	3,47	18,20	$3,22 \cdot 10^{-03}$	0,18417	0,925	0,18	0,62	21088	1724	18876	488	1	1
0,4	2,99	$4,68 \cdot 10^{-05}$	4,33	20,59	$1,71 \cdot 10^{-03}$	0,20335	0,969	0,19	0,64	21844	736	20640	468	1	1
0,5	3	$6,16 \cdot 10^{-06}$	5,21	23,11	$7,63 \cdot 10^{-04}$	0,22086	1,006	0,19	0,66	22188	285	21541	362	1	1
0,6	3,01	$1,04 \cdot 10^{-06}$	5,98	25,77	$2,97 \cdot 10^{-04}$	0,23889	1,043	0,20	0,68	22470	207	21894	369	1	1
60															
0	2,51	$2,34 \cdot 10^{-02}$	1,63	13,03	$8,34 \cdot 10^{-03}$	0,1405	0,831	0,15	0,54	19171	9961	8697	513	0,832	1
0,1	2,72	$8,80 \cdot 10^{-03}$	2,06	15,86	$5,35 \cdot 10^{-03}$	0,16329	0,887	0,16	0,57	20484	6340	13450	694	0,942	1
0,2	2,89	$1,35 \cdot 10^{-03}$	2,87	17,88	$3,35 \cdot 10^{-03}$	0,1873	0,942	0,17	0,60	21503	3158	17633	712	0,994	1
0,3	2,97	$1,22 \cdot 10^{-04}$	3,91	20,29	$1,91 \cdot 10^{-03}$	0,21116	0,995	0,18	0,62	22576	1278	20607	691	1	1
0,4	3,01	$7,07 \cdot 10^{-06}$	5,15	22,87	$8,53 \cdot 10^{-04}$	0,2345	1,042	0,19	0,64	23131	299	22285	547	1	1
0,5	3,02	$6,17 \cdot 10^{-07}$	6,21	26,09	$2,88 \cdot 10^{-04}$	0,25667	1,086	0,19	0,66	23691	64	23076	551	1	1
0,6	3,02	$7,72 \cdot 10^{-08}$	7,11	29,28	$9,47 \cdot 10^{-05}$	0,27836	1,129	0,20	0,68	24092	52	23475	565	1	1

Окончание таблицы 3.1

70															
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
0	2,41	$2,54 \cdot 10^{-02}$	1,60	12,82	$7,18 \cdot 10^{-03}$	0,15588	0,879	0,15	0,55	20183	12217	7575	391	0,813	1
0,1	2,66	$9,29 \cdot 10^{-03}$	2,03	16,12	$3,83 \cdot 10^{-03}$	0,1823	0,94	0,16	0,58	21504	7950	12985	569	0,939	1
0,2	2,86	$1,33 \cdot 10^{-03}$	2,88	18,88	$2,07 \cdot 10^{-03}$	0,21063	1,002	0,17	0,60	22851	3697	18562	592	0,993	1
0,3	2,97	$6,46 \cdot 10^{-05}$	4,19	21,64	$1,06 \cdot 10^{-03}$	0,23775	1,056	0,18	0,62	23736	1361	21804	571	1	1
0,4	3,01	$2,03 \cdot 10^{-06}$	5,69	24,78	$4,16 \cdot 10^{-04}$	0,26576	1,11	0,19	0,64	24336	243	23596	497	1	1
0,5	3,02	$1,10 \cdot 10^{-07}$	6,96	28,33	$1,19 \cdot 10^{-04}$	0,29127	1,158	0,19	0,66	24821	39	24268	514	1	1
0,6	3,02	$9,00 \cdot 10^{-09}$	8,05	32,01	$3,28 \cdot 10^{-05}$	0,31608	1,202	0,20	0,68	24973	11	24440	522	1	1
80															
0	2,33	$2,62 \cdot 10^{-02}$	1,58	12,48	$6,83 \cdot 10^{-03}$	0,17102	0,922	0,15	0,55	20843	14146	6436	261	0,805	1
0,1	2,6	$1,01 \cdot 10^{-02}$	1,99	16,65	$2,97 \cdot 10^{-03}$	0,2018	0,992	0,16	0,58	22410	9399	12512	499	0,928	1
0,2	2,84	$1,08 \cdot 10^{-03}$	2,97	19,78	$1,26 \cdot 10^{-03}$	0,23276	1,054	0,17	0,60	23671	4355	18831	485	0,996	1
0,3	2,96	$4,02 \cdot 10^{-05}$	4,40	22,86	$6,26 \cdot 10^{-04}$	0,26368	1,112	0,18	0,62	24533	1411	22658	464	1	1
0,4	3,01	$8,32 \cdot 10^{-07}$	6,08	26,49	$2,08 \cdot 10^{-04}$	0,29587	1,171	0,19	0,64	25188	208	24522	458	1	1
0,5	3,02	$1,54 \cdot 10^{-08}$	7,81	30,53	$4,88 \cdot 10^{-05}$	0,32683	1,226	0,19	0,66	25719	12	25194	513	1	1
0,6	3,02	$1,20 \cdot 10^{-09}$	8,92	34,63	$1,18 \cdot 10^{-05}$	0,35367	1,272	0,20	0,67	25857	1	25311	545	1	1

Критерии согласия решают задачу о соответствии эмпирических и теоретических кривых распределения. В качестве нулевой гипотезы принимается предположение о согласии эмпирических и теоретических ЗР, а в качестве альтернативной гипотезы – их несоответствие. В данной задаче несоответствие будем понимать как подтвержденное пренебрежимо малой вероятностью (обычно $\leq 0,05$) случайное появление практически невозможного события – выделенной эмпирической полимодальности: с двумя, тремя и четырьмя модами, тогда как истинное число мод нам известно, а также известны вероятности попадания случайной величины в интервалы, тяготеющие к каждой моде и соответственно равные 0,41, 0,41, 0,15, 0,03. По этой причине оценка мощности критерия в данном случае является неоднозначной задачей и может быть сформулирована отдельно для каждого набора из 2-х, 3-х и 4-х выделенных мод.

Эффективность критерия проверки статистической гипотезы характеризуется его мощностью. Мощность критерия β численно равна вероятности события не сделать ошибку 2-го рода, когда гипотеза не верна, а критерий ее поддерживает с вероятностью p . В соответствии с этим определением мощность критерия запишется в виде:

$$\beta = 1 - p \quad (3.6)$$

Радикальное повышение мощности критерия возможно только за счет увеличения длины выборки n . Поэтому результаты численных экспериментов по оценке мощности критерия в нашем случае должны быть представлены зависимостью $\beta = f(n, a)$.

При проведении численных экспериментов методом Монте-Карло нам всегда будет известен истинный полимодальный ЗР случайной величины. И мы всегда с высокой точностью можем определить вероятность ошибочного «решения» критерия. Для этого мы должны задаться уровнем значимости, который определяет вероятность практически невозможного события. И если бы истинный ЗР был двухмодальным, то его мощность определялась бы однозначно по числу значений выборочного критерия, у которого

$P(A_k) \geq 0.05$. Но в данном случае моделируемые нами случайные величины имеют четырехмодальный ЗР. Поэтому рассчитываемая для каждого i -го типа подтвержденная критерием полимодальности величина мощности критерия $\beta_i (i = 2, 3, 4)$ должна быть взвешена по относительному числу случаев появления данного вида полимодальности, выделенного критерием. Взвешенная величина мощности критерия определялась, таким образом, по формуле:

$$\beta = \sum_{i=2}^4 p_i \beta_i . \quad (3.7)$$

Результаты численных экспериментов по оценке мощности критерия полимодальности представлены зависимостью средневзвешенной величины мощности критерия от длины выборки n и расстояния a между интервалами, на которых определена функция полимодального ЗР, представленного на рисунке 3.1.

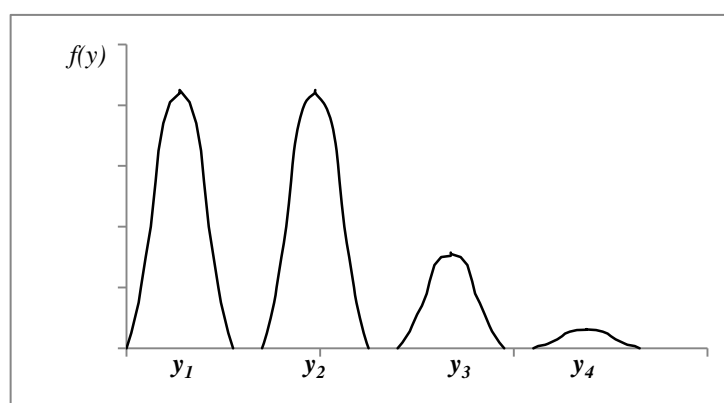


Рисунок 3.1. Общий вид четырехмодального закона распределения случайной величины y с локальными модами y_1, y_2, y_3, y_4 .

Как мы и ожидали, с увеличением расстояния a между интервалами при всех длинах выборки среднее число выявленных критерием мод резко возрастает. При фиксированном значении расстояния a , функция числа мод асимптотически стремится к константе при увеличении длины выборки. Такой результат получен также ранее при использовании критерия на примере более 300 естественных выборок – годового и максимального стока рек [42]. Оценка мощности критерия, выполненная для данного

полимодального ЗР по формуле (3.7), представлена данными таблицы 3.2, в которой показана зависимость мощности критерия полимодальности (β) от длины выборки (n) при различных значениях разрыва (a) случайной величины.

Данные таблицы показывают, что даже при длине выборки 20 членов мы можем оценивать заданную четырехмодальность с надежностью практически достоверного события при величине разрыва 0,5 и более, составляющего 20% от диапазона случайной величины, тяготеющего к моде, на котором определена функция полимодального ЗР. При разрывах, составляющих более 8% от диапазона вариации случайной величины вокруг каждой моды, надежность оценки рассматриваемой полимодальности составляет более 98%.

Таблица 3.2 – Зависимость мощности β критерия полимодальности Лобанова от длины выборки n при различных значениях a разрыва случайной величины

a	Длина выборки n						
	20	30	40	50	60	70	80
0,1	0,687	0,847	0,878	0,928	0,942	0,944	0,944
0,2	0,781	0,932	0,960	0,986	0,994	0,996	0,996
0,3	0,865	0,980	0,994	1	1	1	1
0,4	0,925	0,997	1	1	1	1	1
0,5	0,963	0,999	1	1	1	1	1
0,6	0,981	1	1	1	1	1	1

3.2 Расчет характеристик степени выделенной полимодальности с использованием критериев согласия и анализ результатов

Рассмотрим вычисление степени полимодальности на конкретном ряде данных, в пункте №6156 – река Кута - п. Максимово. Исходные данные представлены в Таблица 3.4, выделение интервалов показано на рисунке 3.2.

1. Первый по величине разрыв аналитических обеспеченностей составляет $\Delta P = 12,3$ и разбивает всю кривую на два интервала с повышенной плотностью эмпирической вероятности: количество точек в первом интервале (ненулевом) $m_1 = 24$, втором ненулевом $m_2 = 12$. Вероятность, рассчитанная по формуле 3.4: $P_1 = 2,3 * 10^{-3}$. Поправка, связанная с точностью представления данных: $P_0 = 4,97$;

2. Второй по величине разрыв составляет $\Delta P_2 = 11,7$ и разбивает второй ненулевой интервал на два таким образом, что количество точек в ненулевых интервалах составляет: $m_1 = 24$, $m_2 = 3$, $m_3 = 9$. Вероятность, рассчитанная по формуле 3.4: $P_2 = 3,37 * 10^{-5}$;

3. Производится сравнение вероятностей: $P_2 < P_1$;

4. Третий по величине разрыв составляет $\Delta P_3 = 9,37$ и разбивает первый ненулевой интервал на два таким образом, что количество точек в ненулевых интервалах составляет: $m_1 = 4$, $m_2 = 20$, $m_3 = 3$, $m_4 = 9$. Вероятность, рассчитанная по формуле 3.4: $P_3 = 9,58 * 10^{-7}$.;

5. Производится сравнение вероятностей: $P_3 < P_2$;

6. Четвертый по величине разрыв составляет $\Delta P_4 = 6,67$ и разбивает четвертый ненулевой интервал на два таким образом, что количество точек в ненулевых интервалах составляет: $m_1 = 4$, $m_2 = 20$, $m_3 = 3$, $m_4 = 6$, $m_5 = 3$. Вероятность, рассчитанная по формуле 3.4: $P_4 = 9,85 * 10^{-5}$.;

7. Производится сравнение вероятностей: $P_4 > P_3$, следовательно, программа прекращает обработку данных. Распределение ненулевых и

нулевых интервалов (разрывов), соответствующее вероятности $P_3 = 9,58 \cdot 10^{-7}$, принимается за оптимально выделенную эмпирическую полимодальность;

8. Рассчитанные критерии Пирсона и Лобанова для данного ряда наблюдений представлены в таблице 3.3.

Таблица 3.3 - Значение критериев согласия и показатели степени полимодальности, рассчитанные для п. 6157 р. Кута - п. Максимова

Критерий Пирсона (χ^2)	12,1
Вероятность появления выделенного значения критерия Пирсона	$3,46 \cdot 10^{-2}$
Критерий Лобанова (Pl)	6,03
Вероятность случайного появления выделенной полимодальности	$9,58 \cdot 10^{-7}$

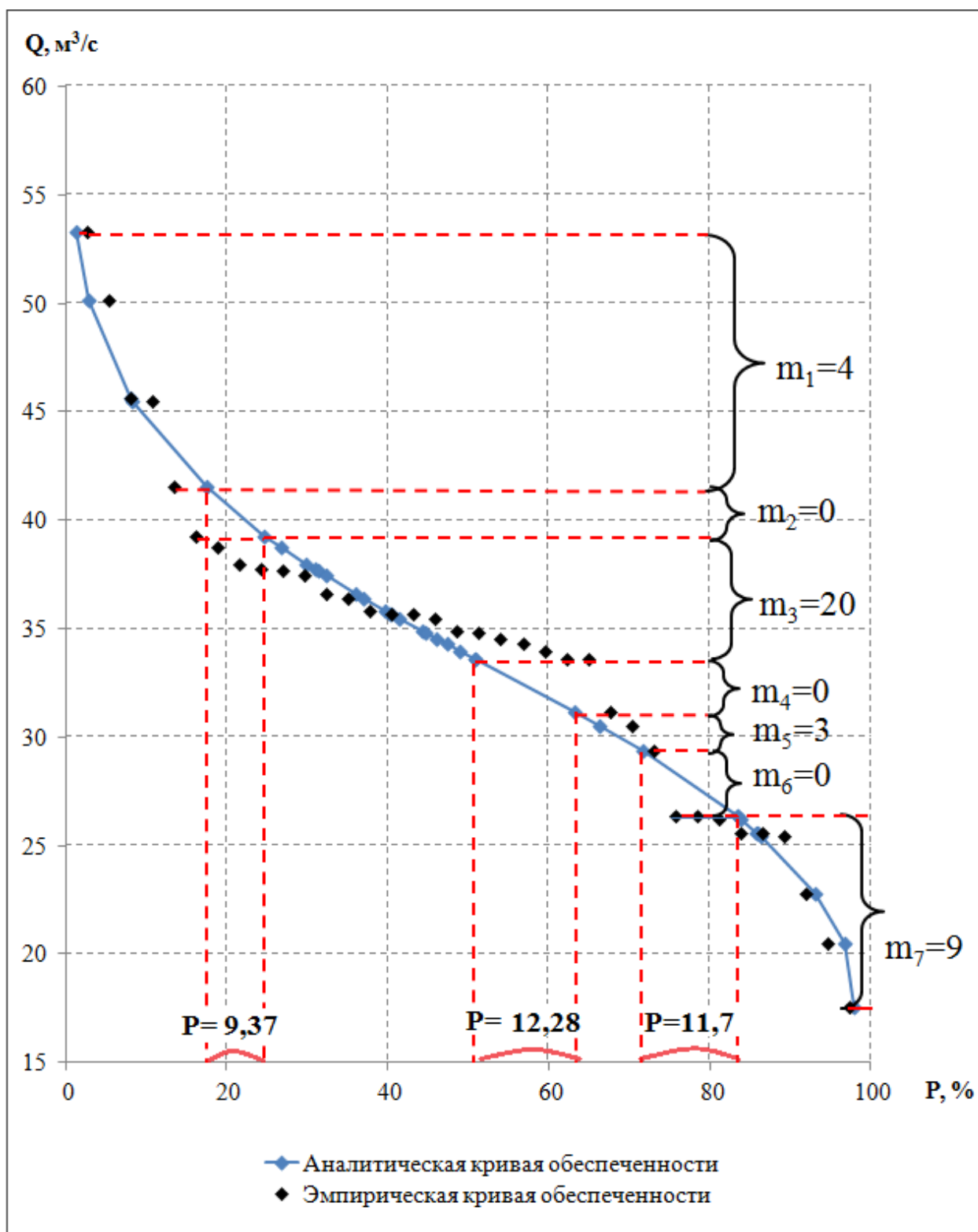


Рисунок 3.2. Разделение на интервалы повышенной и пониженной плотности эмпирической вероятности, снятой с аналитической кривой обеспеченности р. Кута - п. Максимова

Таблица 3.4 - Эмпирические (P^*) и аналитические (P) обеспеченности и разрывы между ними (ΔP) для ряда данных р. Кута - п. Максимова

	$Q, \text{ м}^3/\text{с}$	$P, \%$	$P^*, \%$	$\Delta P = P_{i+1} - P_i, \%$
1 интервал повышенной плотности точек	53,3	1,24	2,7	1,52
	50,2	2,76	5,41	
	45,6	8,07	8,11	5,31
	45,5	8,19	10,81	0,12
2 интервал повышенной плотности точек	41,5	17,56	13,51	9,37
	39,3	24,64	16,22	7,08
	38,7	26,78	18,92	2,14
	37,9	29,94	21,62	3,16
	37,7	30,99	24,32	1,05
	37,7	31,35	27,03	0,36
	37,5	32,31	29,73	0,96
	36,6	36,08	32,43	3,77
	36,4	37,08	35,14	1
	35,8	39,63	37,84	2,55
	35,7	40,35	40,54	0,72
	35,7	40,5	43,24	0,15
	35,5	41,41	45,95	0,91
	34,9	44,28	48,65	2,87
	34,8	44,73	51,35	0,45
	34,5	46,14	54,05	1,41
	34,3	47,45	56,76	1,31
	33,9	48,96	59,46	1,51
33,6	50,9	62,16	1,94	
33,6	50,95	64,86	0,05	
3 интервал повышенной плотности точек	31,2	63,23	67,57	12,3
	30,5	66,24	70,27	3,01
	29,4	71,69	72,97	5,45
4 интервал повышенной плотности точек	26,4	83,42	75,68	11,7
	26,3	83,48	78,38	0,06
	26,2	83,86	81,08	0,38
	25,6	85,83	83,78	1,97
	25,6	85,99	86,49	0,16
	25,4	86,4	89,19	0,41
	22,8	93,07	91,89	6,67
	20,5	96,74	94,59	3,67
	17,6	97,85	97,3	1,11

В разделе 3.1 на основе использования искусственных выборок случайных величин с заведомо полимодальным законом распределения показано, что только критерии согласия Пирсона и Лобанова могут надежно выявить степень полимодальности законов распределения без ошибки 2-го рода, когда гипотеза о соответствии эмпирических и аналитических законов распределения не верна, но мы ее подтверждаем.

Использование этих критериев позволит ответить на основной вопрос исследования: «Насколько широко (в процентном отношении при заданном уровне значимости) распространено в природе явление несоответствия эмпирических и аналитических ЗР, проявляющееся в виде полимодальности?». Для этого необходимо построить эмпирическую кривую обеспеченности используемого критерия и по ней определить обеспеченность того значения критерия, которое соответствует принятому уровню значимости. Эта обеспеченность и покажет, какой процент эмпирических законов распределения не соответствует аналитическому закону распределения, которым аппроксимируется эмпирическая кривая распределения. Решим эту задачу, используя кривую обеспеченности критерия Лобанова P_1 (рисунок 3.3), построенную по данным табл. 3.5. При этом, используемому уровню значимости 0,01 будет соответствовать критерий Лобанова, равный 2, а уровню значимости 0,001 – равный 3.

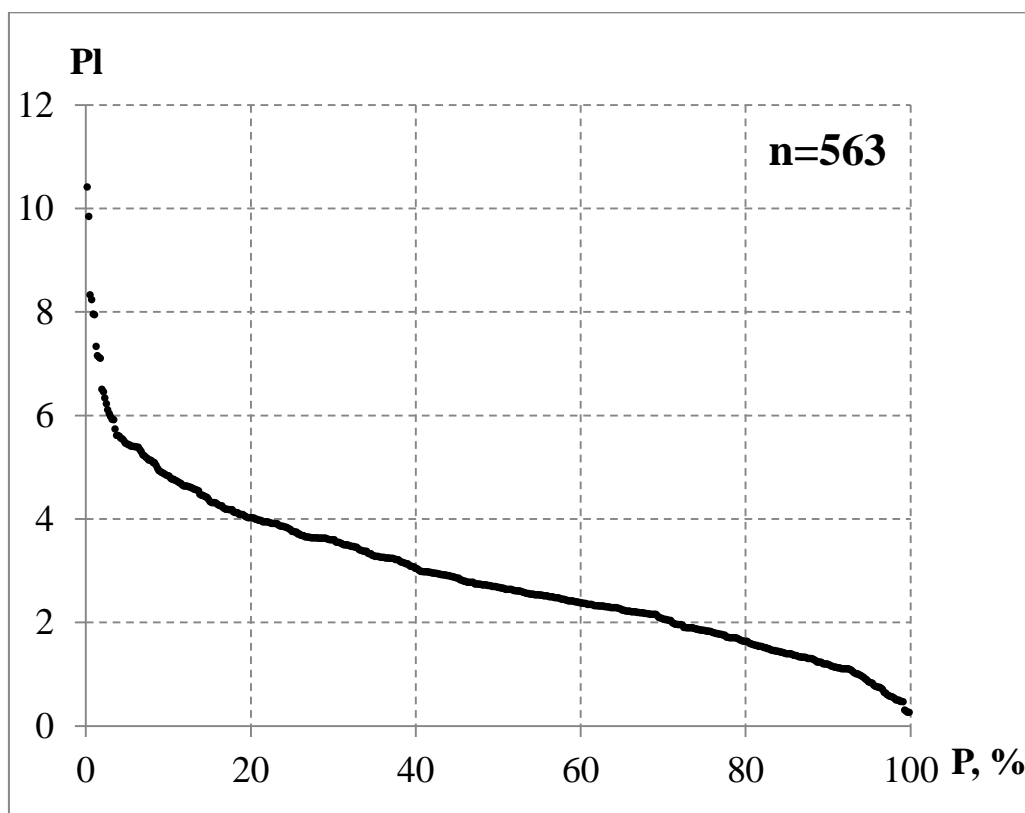


Рисунок 3.3. Обеспеченность появления значений критерия Лобанова для годового стока рек Арктического Бассейна Сибири и Дальнего Востока

В таблице 3.5 приведены расчеты степени выделенной полимодальности законов распределения годового стока для всех рассматриваемых рек. Длина выборок изменяется от 20 до 96 лет. Зеленым цветом выделены вероятности появления выделенных значений критериев согласия Пирсона и Лобанова, величина которых меньше уровня значимости (0,01).

Таблица 3.5 - Рассчитанные характеристики степени полимодальности для исследуемых рек

Код поста	Река, пункт	n	M, л/с км ²	Cv	Cs	r	$P = \frac{n! \cdot K_1! \cdot K_2!}{\prod_{i=1}^K m_i!} \prod_{i=1}^K P_i^{m_i}$	Pl	χ^2	Вероятность превышения χ^2
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Бассейн р. Лена										
6136	р. Лена – п. Чанчур	36	10,26	0,19	0,86	0	$5,82 \cdot 10^{-02}$	1,24	6	$3,26 \cdot 10^{-01}$
6137	р. Лена – п. Качуг	54	5,2	0,25	0,7	0,17	$6,24 \cdot 10^{-03}$	2,21	5,06	$1,71 \cdot 10^{-01}$
6139	р. Лена – п. Крыжовка	69	4,54	0,27	0,8	0,21	$1,20 \cdot 10^{-03}$	2,92	14,1	$1,22 \cdot 10^{-01}$
6144	р. Лена – п. Змеиново	55	8,03	0,16	0,18	0	$2,45 \cdot 10^{-04}$	3,61	6,98	$7,85 \cdot 10^{-02}$
6148	р. Чанчур – п. Чанчур	27	7,44	0,24	0,57	0,15	$4,96 \cdot 10^{-05}$	4,31	12,79	$5,83 \cdot 10^{-03}$
6149	р. Правая Иликта – п. Большая Тарель	31	5,81	0,3	0,47	0,15	$2,58 \cdot 10^{-02}$	1,59	4,14	$1,72 \cdot 10^{-01}$
6151	р. Манчжурка – п. Зуева	38	2,87	0,31	0,49	0,6	$6,36 \cdot 10^{-06}$	5,2	17,71	$1,44 \cdot 10^{-02}$
6152	р. Куленга – п. Белоусово	31	3,67	0,41	0,32	0,43	$1,01 \cdot 10^{-04}$	4	14,33	$1,56 \cdot 10^{-02}$
6153	р. Тутура – п. Грехова	55	4,89	0,27	0,56	0,04	$1,02 \cdot 10^{-04}$	4	14,64	$4,28 \cdot 10^{-02}$
6154	р. Илга – п. Знаменка	25	3,73	0,28	0,53	0,04	$3,54 \cdot 10^{-02}$	1,45	3,48	$1,72 \cdot 10^{-01}$
6155	р. Тупта – п. Дальняя Загора	27	3,07	0,29	0,13	0,06	$5,22 \cdot 10^{-04}$	3,29	8,21	$4,20 \cdot 10^{-02}$
6156	р. Кута – п. Максимова	36	5,26	0,23	0,26	0,36	$1,21 \cdot 10^{-04}$	3,92	12,13	$3,46 \cdot 10^{-02}$
6157	р. Кута – п. Ручей	46	5,49	0,18	-0,12	0,25	$7,71 \cdot 10^{-02}$	1,11	3,4	$4,16 \cdot 10^{-01}$
6159	р. Половинная	34	6,4	0,2	0,7	0,32	$7,79 \cdot 10^{-02}$	1,11	5,06	$4,15 \cdot 10^{-01}$
6160	р. Таюра – п. Таюра	35	7,68	0,2	0,2	0,1	$6,90 \cdot 10^{-04}$	3,16	11,52	$2,42 \cdot 10^{-01}$
6162	р. Большая Тира – п. Тира	32	4,68	0,27	0,06	0,34	$1,79 \cdot 10^{-04}$	3,75	13,03	$7,17 \cdot 10^{-02}$
6163	р. Киренга – п. Карам	24	6,91	0,24	1,58	0,15	$5,41 \cdot 10^{-01}$	0,27	1,47	$1,72 \cdot 10^{-01}$
6165	р Киренга – п. Шорохово	64	13,97	0,15	0,13	0	$4,04 \cdot 10^{-06}$	5,4	17,9	$4,14 \cdot 10^{-02}$
6167	р. Миня – п. Миня	33	23,56	0,16	0,65	0,03	$1,42 \cdot 10^{-05}$	4,85	17,08	$4,85 \cdot 10^{-02}$
6189	р. Ципа – п. Ципа	28	6,86	0,38	0,67	0	$3,19 \cdot 10^{-03}$	2,5	6,68	$2,52 \cdot 10^{-01}$

6196	р. Мия – п. Таксимо	25	11,38	0,25	-0,25	0,01	$3,14 \cdot 10^{-01}$	0,5	2,37	$1,72 \cdot 10^{-01}$
6199	р. Мамакан – п. Таежная	25	17,93	0,17	0,68	0,35	$7,33 \cdot 10^{-02}$	1,14	3,55	$1,72 \cdot 10^{-01}$
6200	р. Мамакан – п. Тельмама	28	18,88	0,17	0,27	0,34	$2,87 \cdot 10^{-03}$	2,54	5,23	$1,57 \cdot 10^{-01}$
6202	р. Тельмама – п. Тельмама	26	22,99	0,17	0,96	0,02	$2,89 \cdot 10^{-01}$	0,54	2,4	$1,72 \cdot 10^{-01}$
6203	р. Мама – п. Луговский	20	19,22	0,17	0,12	0,01	$4,95 \cdot 10^{-02}$	1,31	2,35	$2,54 \cdot 10^{-02}$
6205	р. Конкудерий – п. Конку	34	22,27	0,17	0,08	0,2	$3,43 \cdot 10^{-03}$	2,47	6,65	$4,71 \cdot 10^{-01}$
6206	р. Пеледуй - п. Сользавод	52	3,6	0,25	0,67	0,61	$1,26 \cdot 10^{-02}$	1,9	5,95	$3,26 \cdot 10^{-01}$
6208	р. Нуя - п. Комака	45	3,95	0,26	0,08	0,22	$2,42 \cdot 10^{-05}$	4,62	23,21	$3,36 \cdot 10^{-04}$
6210	р. Большой патом – п. Патома	65	12,6	0,17	0,22	0,17	$2,84 \cdot 10^{-05}$	4,55	10,3	$1,85 \cdot 10^{-02}$
6216	р. Олекма – п. Куду.-Кель	63	8,88	0,26	0,18	0,25	$1,16 \cdot 10^{-08}$	7,95	74,57	$0,01 \cdot 10^{-09}$
6220	р. Чара – п. Чара	36	12,73	0,23	0,63	0,2	$1,11 \cdot 10^{-02}$	1,96	9,66	$1,89 \cdot 10^{-01}$
6222	р. Жуя - п. Светлый	41	11,2	0,2	0,18	0,16	$6,11 \cdot 10^{-04}$	3,22	9,88	$2,03 \cdot 10^{-02}$
6225	р. Туолба - п. Алексеевка	55	4,39	0,31	1,04	0,43	$2,33 \cdot 10^{-04}$	3,64	10,67	$1,61 \cdot 10^{-01}$
6231	р. Алдан – п. Суон-Тит	46	11,64	0,2	0,16	0,4	$2,71 \cdot 10^{-05}$	4,57	13,3	$2,33 \cdot 10^{-02}$
6232	р. Алдан – п. Томмот	64	10,63	0,19	0,09	0,35	$2,30 \cdot 10^{-04}$	3,64	16,99	$1,23 \cdot 10^{-01}$
6233	р. Алдан – п. Ужино	21	11,17	0,18	0,06	0,35	$1,03 \cdot 10^{-02}$	1,99	5,05	$1,71 \cdot 10^{-01}$
6238	р. Бол. Нимур - п.Бол. Нимур	42	13,06	0,19	0,71	0,18	$1,15 \cdot 10^{-04}$	3,95	14,89	$4,29 \cdot 10^{-02}$
6241	р. Тимптон -п. Усть-Баралас	38	13,82	0,19	0,7	0,24	$1,78 \cdot 10^{-01}$	0,75	2,29	$1,72 \cdot 10^{-01}$
6242	р. Тимптон -п. Усть-Тимптон	46	12,18	0,2	0,66	0,22	$8,17 \cdot 10^{-05}$	4,09	15,91	$7,80 \cdot 10^{-02}$
6245	р. Учур – п. Чулбу	46	11,21	0,19	0,37	0,19	$1,06 \cdot 10^{-03}$	2,98	9,3	$2,12 \cdot 10^{-01}$
6248	р. Удома – п. Курунг-Таргуяк	55	7,85	0,28	0,24	0,18	$6,47 \cdot 10^{-03}$	2,19	5,07	$1,71 \cdot 10^{-01}$
6250	р. Аллах-Юнь – п. Аллах	55	7,09	0,32	0,65	0,05	$2,07 \cdot 10^{-04}$	3,69	14,19	$5,10 \cdot 10^{-02}$
6255	р. Амга – п. Буюга	63	5,1	0,29	0,47	0,33	$3,81 \cdot 10^{-03}$	2,42	6,94	$2,36 \cdot 10^{-01}$
6256	р. Амга – п. Амга	59	3,24	0,31	0,49	0,42	$4,80 \cdot 10^{-09}$	8,33	43,21	$0,01 \cdot 10^{-09}$
6257	р. Амга – п. Терут	60	2,93	0,33	0,57	0,33	$1,14 \cdot 10^{-04}$	3,95	14,01	$1,55 \cdot 10^{-02}$
6262	р. Виллой – п. Виллой	31	6,38	0,26	0,63	0,6	$3,47 \cdot 10^{-04}$	3,46	15,84	$8,41 \cdot 10^{-03}$
6263	р. Виллой – п. Чернышевский	31	4,71	0,31	0,55	0,41	$1,09 \cdot 10^{-04}$	3,97	42,02	$0,01 \cdot 10^{-09}$
6268	р. Чона – п. Чаона	24	4,14	0,28	-0,25	0,09	$9,25 \cdot 10^{-03}$	2,04	12,32	$1,00 \cdot 10^{-01}$

6279	р. Марха – п. Чумпурюк	35	5,13	0,28	0,47	0,11	$1,45 \cdot 10^{-02}$	1,84	4,39	$1,72 \cdot 10^{-01}$
6280	р. Морощка – п. Хабардино	22	4,33	0,34	0,87	0,32	$6,39 \cdot 10^{-02}$	1,2	2,7	$2,54 \cdot 10^{-02}$
6291	р. Оленек – п. Оленек	26	5,13	0,29	-0,05	0,01	$4,02 \cdot 10^{-02}$	1,4	3,68	$4,16 \cdot 10^{-01}$
6292	р. Оленек – п. Сухона	62	5,63	0,25	0,19	0,22	$2,33 \cdot 10^{-05}$	4,64	12,05	$1,00 \cdot 10^{-01}$
6303	р. Индигирка – п. Юрту	43	4,61	0,22	0,18	0,31	$1,45 \cdot 10^{-02}$	1,84	7,01	$4,28 \cdot 10^{-01}$
6304	р. Индигирка – п. Индигирский	55	5,06	0,22	0,49	0,25	$2,31 \cdot 10^{-02}$	1,64	4,15	$1,72 \cdot 10^{-01}$
6313	р. Алазея – п. Аргахта	21	2,11	0,46	0,64	0	$1,48 \cdot 10^{-02}$	1,83	3,91	$1,72 \cdot 10^{-01}$
7799	р. Моголь – п. Моголь	29	13,34	0,19	0,6	0,32	$4,66 \cdot 10^{-02}$	1,33	3,56	$1,72 \cdot 10^{-01}$
Бассейн р. Обь										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	12
6657	р. Обь – п. Фоминское	46	11,41	0,18	0,77	0,05	$3,19 \cdot 10^{-03}$	2,5	9,26	$2,12 \cdot 10^{-01}$
6668	р. Бия – п. Кебезен	37	11,76	0,19	0,79	0	$5,78 \cdot 10^{-02}$	1,24	3,3	$1,72 \cdot 10^{-01}$
6669	р. Бия – п. Турочак	33	12,8	0,19	0,35	0	$1,77 \cdot 10^{-01}$	0,75	1,93	$1,72 \cdot 10^{-01}$
6671	р. Лебедь – п. Усть-Лебедь	48	21,33	0,23	0,54	0,07	$1,68 \cdot 10^{-03}$	2,78	6,66	$2,52 \cdot 10^{-01}$
6673	р. Клык – п. Бийка	24	26,02	0,23	0,63	0,14	$7,75 \cdot 10^{-02}$	1,11	2,55	$2,54 \cdot 10^{-02}$
6674	р. Неня – п. Ненинка	29	7,36	0,29	0,74	0	$2,55 \cdot 10^{-04}$	3,6	10,93	$1,47 \cdot 10^{-02}$
6675	р. Солтонка – п. Солтон	23	7,3	0,28	0,17	0,09	$1,09 \cdot 10^{-01}$	0,96	2,5	$1,72 \cdot 10^{-01}$
6677	р. Кокшу – п. Кокшу	25	29,94	0,15	0,12	0,06	$1,61 \cdot 10^{-01}$	0,79	2,43	$2,54 \cdot 10^{-02}$
6678	р. Чири – п. Кигинский зал.	34	15,95	0,19	0,01	0,19	$3,97 \cdot 10^{-02}$	1,4	3,07	$1,72 \cdot 10^{-01}$
6679	р. Чулушман – п. Балукча	64	9,63	0,21	0,7	0,03	$1,46 \cdot 10^{-05}$	4,84	14	$6,08 \cdot 10^{-02}$
6680	р. Башкаус – п. Усть-Улаган	26	6,48	0,29	0,97	0,08	$3,67 \cdot 10^{-06}$	5,44	16,67	$8,96 \cdot 10^{-04}$
6682	р. Катунь – п. Тюнгур	25	18,99	0,22	0,76	0,09	$7,36 \cdot 10^{-02}$	1,13	2,89	$1,72 \cdot 10^{-01}$
6684	р. Катунь – п. Стростки	57	10,55	0,18	0,5	0,12	$2,85 \cdot 10^{-04}$	3,55	15,19	$9,07 \cdot 10^{-02}$
6685	р. Кокса – п. Усть-Кокса	49	15,08	0,23	0,13	0,07	$1,24 \cdot 10^{-04}$	3,91	14,59	$1,05 \cdot 10^{-01}$
6686	р. Абай – п. Абай	29	4,59	0,33	0,4	0,23	$5,88 \cdot 10^{-02}$	1,23	2,94	$1,72 \cdot 10^{-01}$
6687	р. Бол. Терехта – п. Терехта	33	21,41	0,19	-0,03	0	$1,19 \cdot 10^{-04}$	3,93	9,21	$2,67 \cdot 10^{-02}$
6688	р. Верх. Катанда – п. Катанда	24	16,05	0,23	0,45	0,01	$1,03 \cdot 10^{-03}$	2,99	14,27	$5,11 \cdot 10^{-02}$
6689	р. Кучерла – п. Кучерла	32	21,59	0,16	0,52	0,35	$3,69 \cdot 10^{-02}$	1,44	4,24	$4,16 \cdot 10^{-01}$

6697	р. Урсул – п. Онгудай	54	5,45	0,29	1,05	0,25	$4,40 \cdot 10^{-02}$	1,36	4,1	$1,72 \cdot 10^{-01}$
6699	р. Сема – п. Шебалино	38	7,3	0,3	0,99	0	$2,60 \cdot 10^{-03}$	2,59	11,46	$1,39 \cdot 10^{-01}$
6700	р. Майма – п. Майма	57	10,88	0,24	0,44	0,32	$1,28 \cdot 10^{-03}$	2,9	7,44	$1,92 \cdot 10^{-01}$
6701	р. Иша – п. Усть-Иша	43	10,64	0,27	1,25	0,16	$2,87 \cdot 10^{-03}$	2,54	12,76	$1,86 \cdot 10^{-01}$
6702	р. Чапша – п. Красногорское	34	10,04	0,23	0,98	0,06	$6,05 \cdot 10^{-03}$	2,22	8,08	$1,56 \cdot 10^{-01}$
6704	р. Сараса – п. Сараса	24	6,6	0,25	0,35	0,28	$5,05 \cdot 10^{-02}$	1,3	2,98	$1,72 \cdot 10^{-01}$
6705	р. Песчаная – п. Точилино	65	6,67	0,32	0,62	0,35	$2,78 \cdot 10^{-02}$	1,56	4,01	$4,16 \cdot 10^{-01}$
6706	р. Белокуриха – п. Булокуриха	23	8,79	0,37	0,65	0,35	$3,35 \cdot 10^{-03}$	2,48	6,35	$1,02 \cdot 10^{-01}$
6709	р. Ануй – п. Старо-Тырышкино	51	5,27	0,34	0,79	0,22	$1,67 \cdot 10^{-03}$	2,78	7,92	$1,68 \cdot 10^{-01}$
6710	р. Чарыш – п. Усть-Кумир	57	12,1	0,27	0,42	0	$1,81 \cdot 10^{-03}$	2,75	6,57	$9,37 \cdot 10^{-02}$
6711	р. Чарыш – п. Чарышское	37	13,79	0,2	0,02	0,03	$1,90 \cdot 10^{-03}$	2,73	6,72	$8,57 \cdot 10^{-02}$
6713	р. Чарыш – п. Белолазово	34	10,36	0,21	0,56	0	$1,49 \cdot 10^{-01}$	0,83	2,39	$1,72 \cdot 10^{-01}$
6714	р. Чарыш – п. Усть-Камушенко	27	8,8	0,19	0,33	0,05	$1,46 \cdot 10^{-01}$	0,84	1,74	$2,54 \cdot 10^{-02}$
6715	р. Чарыш – п. Чарышский Зерновой Совхоз	51	8,96	0,27	0,23	0,22	$3,82 \cdot 10^{-03}$	2,42	8,66	$1,26 \cdot 10^{-01}$
6716	р. Белая – п. Бугрициха	32	21,51	0,26	0,78	0	$3,50 \cdot 10^{-06}$	5,46	18,11	$3,51 \cdot 10^{-02}$
6717	р. Маралинка – п. Куйбышево	26	5,88	0,2	0,27	0,44	$2,35 \cdot 10^{-05}$	4,63	16,1	$6,81 \cdot 10^{-03}$
6719	р. Бол. Речка – п. Троицкое	36	4,7	0,22	0,73	0,01	$1,00 \cdot 10^{-10}$	9,85	32,81	$0,01 \cdot 10^{-09}$
6720	р. Алей – п. Старо-Алейское	37	9,31	0,29	0,65	0,06	$3,91 \cdot 10^{-03}$	2,41	4,8	$1,72 \cdot 10^{-01}$
6722	р. Алей – п. Локоть	43	4,07	0,3	0,67	0,12	$3,99 \cdot 10^{-02}$	1,4	3,04	$1,72 \cdot 10^{-01}$
6723	р. Алей – п. Рубцовск	42	2,06	0,34	0,67	0,27	$1,55 \cdot 10^{-03}$	2,81	8,19	$1,56 \cdot 10^{-01}$
6724	р. Алей – п. Алейск	41	1,61	0,42	1,26	0,09	$4,51 \cdot 10^{-03}$	2,35	13,45	$7,21 \cdot 10^{-02}$
6725	р. Бол. Лосиха – п. Косиха	24	3,77	0,21	0,62	0,18	$1,06 \cdot 10^{-01}$	0,98	3,91	$4,16 \cdot 10^{-01}$
6726	р. Касмала – п. Рогожиха	26	1,38	0,38	0,22	0,16	$2,81 \cdot 10^{-04}$	3,56	9,32	$1,01 \cdot 10^{-01}$
6727	р. Чумыш – п. Елцовка	37	9,87	0,25	0,43	0,11	$1,74 \cdot 10^{-01}$	0,76	1,82	$1,72 \cdot 10^{-01}$
6728	р. Чумыш – п. Кытманово	33	6,89	0,28	0,68	0,23	$1,80 \cdot 10^{-03}$	2,75	7,43	$1,92 \cdot 10^{-01}$
6729	р. Чумыш – п. Заринск	59	6,92	0,23	0,28	0,17	$6,58 \cdot 10^{-05}$	4,19	10,53	$1,61 \cdot 10^{-01}$
6730	р. Чумыш – п. Тальменка	56	6,36	0,26	0,48	0,39	$3,37 \cdot 10^{-04}$	3,48	6	$1,22 \cdot 10^{-01}$

6731	р. Кара-Чумыш – п. Кара-Чумыш	32	5,05	0,42	0,37	0,11	$1,17*10^{-03}$	2,93	7,16	$2,21*10^{-01}$
6732	р. Томь-Чумыш – п. Томское	32	13,13	0,24	-0,05	0,04	$4,78*10^{-03}$	2,32	8,26	$1,45*10^{-01}$
6733	р. Тогул – п. Тогул	50	10,05	0,23	0,31	0,08	$6,70*10^{-04}$	3,18	9,93	$2,00*10^{-01}$
6735	р. Аламбай – п. Казанцево	41	8,21	0,27	0,35	0,15	$1,99*10^{-04}$	3,71	7,76	$5,50*10^{-02}$
6736	р. Мал. Мунгай – п. Кашкала	38	8,81	0,26	0,72	0,13	$1,63*10^{-05}$	4,79	12,65	$2,84*10^{-02}$
6737	р. Каменка – п. Залесово	30	5,89	0,25	0,33	0,43	$1,14*10^{-02}$	1,95	4,27	$1,72*10^{-01}$
6741	р. Каракан – п. Рождественка	40	2,04	0,5	1,06	0,41	$9,21*10^{-07}$	6,04	13,5	$1,90*10^{-02}$
6742	р. Бердь – п. Маслялино	48	7,23	0,28	0,52	0,24	$1,09*10^{-02}$	1,96	5,48	$3,69*10^{-01}$
6743	р. Бердь – п. Стар. Искитим	38	5,77	0,23	-0,28	0	$1,29*10^{-03}$	2,89	8,49	$2,98*10^{-01}$
6745	р. Чем – п. Мосты	21	4,71	0,24	-0,02	0,35	$4,67*10^{-04}$	3,33	8,34	$4,20*10^{-02}$
6746	р. Шипуниха – п. Ургунь	20	3,02	0,37	0,73	0,29	$4,09*10^{-03}$	2,39	6,1	$1,11*10^{-01}$
6747	р. Коен – п. Ниж. Коен	43	6,41	0,26	0,47	0,13	$1,69*10^{-03}$	2,78	7,77	$1,80*10^{-01}$
6749	р. Иня – п. Промышленная	39	3,06	0,31	0,48	0	$6,66*10^{-05}$	4,18	14,68	$4,28*10^{-02}$
6750	р. Иня – п. Тогучин	24	2,87	0,32	0,31	0,21	$1,69*10^{-03}$	2,78	7,75	$5,50*10^{-02}$
6751	р. Иня – п. Кайлы	55	2,46	0,35	0,2	0,26	$9,08*10^{-05}$	4,05	14,22	$1,22*10^{-01}$
6752	р. Иня – п. Березовка	39	2,74	0,29	0,38	0,02	$1,48*10^{-04}$	3,83	11,34	$1,17*10^{-02}$
6753	р. Бачат – п. Бачаты	49	5,14	0,29	0,15	0,14	$4,20*10^{-04}$	3,38	8,26	$1,45*10^{-01}$
6754	р. Мал. Бачат – п. Беково	27	3,96	0,26	-0,17	0,46	$3,69*10^{-04}$	3,44	9,95	$2,03*10^{-02}$
6756	р. Ояш – п. Ояш	50	3,1	0,46	1,03	0,27	$5,90*10^{-09}$	8,24	30,4	$1,68*10^{-03}$
6757	р. Томь – п. Балыкса	39	17,18	0,18	0,22	0	$5,48*10^{-04}$	3,26	18,06	$3,50*10^{-02}$
6758	р. Томь – п. Теба	31	24,51	0,24	-0,36	0,49	$8,23*10^{-06}$	5,09	58,92	$0,01*10^{-09}$
6759	р. Томь – п. Междуреченск	57	27,66	0,16	0,45	0,06	$2,05*10^{-05}$	4,69	11,16	$1,17*10^{-02}$
6762	р. Томь – п. Томск	80	18,73	0,19	0,36	0,11	$7,85*10^{-08}$	7,11	34,76	$0,01*10^{-09}$
6766	р. Мрас-Су – п. Кабырза	40	19,29	0,19	0,42	0,02	$8,07*10^{-02}$	1,09	2,54	$1,72*10^{-01}$
6768	р. Тутуяс – п. Тутуяс	29	26,8	0,26	0,85	0,32	$2,05*10^{-02}$	1,69	5,78	$3,47*10^{-01}$
6769	р. Кондома – п. Таштаголь	37	18,38	0,21	0,26	0,19	$1,16*10^{-03}$	2,94	6,44	$9,35*10^{-02}$
6770	р. Кондома – п. Кондома	39	17,63	0,23	0,48	0,07	$2,46*10^{-06}$	5,62	31,61	$2,99*10^{-04}$

6771	р. Кондома – п. Кузедеево	63	17,31	0,22	0,75	0	$3,37 \cdot 10^{-05}$	4,48	14,66	$1,05 \cdot 10^{-01}$
6772	р. Мундыбаш – п. Мундыбаш	62	19,91	0,22	0,8	0,02	$5,93 \cdot 10^{-03}$	2,23	5,41	$1,44 \cdot 10^{-01}$
6773	р. Амзас – п. Амзас	32	25,68	0,2	0,18	0	$4,91 \cdot 10^{-02}$	1,31	4,26	$4,16 \cdot 10^{-01}$
6774	р. Тельбез – п. Тельбезский Рудник	43	22,63	0,22	0,58	0	$2,03 \cdot 10^{-03}$	2,7	7,89	$3,50 \cdot 10^{-01}$
6775	р. Ускат – п. Красулино	44	4,32	0,34	1,1	0,04	$4,76 \cdot 10^{-04}$	3,33	12,52	$5,80 \cdot 10^{-03}$
6778	р. Трайдон – п. Медвежка	49	37,44	0,19	0,37	0,36	$2,31 \cdot 10^{-03}$	2,64	6,74	$2,52 \cdot 10^{-01}$
6781	р. Лебязная – п. Безменово	42	2,61	0,36	0,4	0,15	$5,58 \cdot 10^{-04}$	3,26	6,91	$7,85 \cdot 10^{-02}$
6782	р. Басандайка – п. Басандайка	26	6,47	0,29	0,4	0,38	$1,74 \cdot 10^{-02}$	1,76	4,11	$1,72 \cdot 10^{-01}$
6784	р. Порос – п. Зоркальцево	24	1,42	0,39	1,24	0,11	$1,57 \cdot 10^{-02}$	1,81	6,07	$1,11 \cdot 10^{-01}$
6786	р. Шегарка – п. Пономаревка	46	1,94	0,67	1,19	0,4	$7,49 \cdot 10^{-05}$	4,13	6,9	$7,85 \cdot 10^{-02}$
6788	р. Шегарка – п. Бабарыкино	37	9,36	0,18	0,06	0,19	$1,07 \cdot 10^{-02}$	1,97	3,71	$1,72 \cdot 10^{-01}$
6789	р. Чулым – п. Балахта	55	6,77	0,18	0,16	0	$1,39 \cdot 10^{-04}$	3,86	9,75	$8,74 \cdot 10^{-02}$
6790	р. Чулым – п. Красный Завод	47	5,4	0,2	0,65	0,06	$1,17 \cdot 10^{-05}$	4,94	14,06	$5,09 \cdot 10^{-02}$
6791	р. Чулым – п. Тегульдет	60	5,31	0,18	-0,01	0,18	$3,44 \cdot 10^{-06}$	5,47	10,27	$1,85 \cdot 10^{-02}$
6792	р. Чулым – п. Зырянское	60	5,97	0,18	-0,43	0,19	$2,87 \cdot 10^{-03}$	2,54	6,19	$1,12 \cdot 10^{-01}$
6793	р. Чулым – п. Сергеево	36	5,88	0,2	-0,01	0,07	$7,00 \cdot 10^{-03}$	2,16	3,78	$1,72 \cdot 10^{-01}$
6794	р. Чулым – п. Батурино	61	5,97	0,19	0,03	0,25	$1,38 \cdot 10^{-04}$	3,87	8,39	$1,46 \cdot 10^{-01}$
6795	р. Белый Июс – п. Малая С्या	46	12,61	0,18	0,1	0,06	$2,29 \cdot 10^{-04}$	3,65	5,72	$1,33 \cdot 10^{-01}$
6796	р. Черный Июсь – п. Сарала	38	15,98	0,19	-0,1	0,18	$5,32 \cdot 10^{-04}$	3,28	15,87	$7,80 \cdot 10^{-02}$
6797	р. Агата – п. Новоалександровка	31	8,53	0,27	0,46	0,13	$6,42 \cdot 10^{-03}$	2,2	5,15	$1,72 \cdot 10^{-01}$
6798	р. Сереж – п. Корнилово	28	1,3	0,49	0,82	0,36	$2,33 \cdot 10^{-04}$	3,64	7,75	$5,50 \cdot 10^{-02}$
6802	р. Урюп – п. Изындаево	49	6,56	0,22	0,23	0,17	$1,24 \cdot 10^{-03}$	2,91	6,45	$9,35 \cdot 10^{-02}$
6803	р. Дудет – п. Тамбар	28	7,45	0,28	0,49	0,21	$2,88 \cdot 10^{-02}$	1,54	3,45	$1,72 \cdot 10^{-01}$
6805	р. Базыр – п. Горячегорск	20	10,31	0,25	0,81	0,8	$3,37 \cdot 10^{-03}$	2,48	6,67	$8,57 \cdot 10^{-02}$
6806	р. Итатка – п. Итат	26	5,24	0,26	0,2	0,02	$6,93 \cdot 10^{-03}$	2,16	7,73	$5,50 \cdot 10^{-02}$
6707	р. Салирка – п. Бол. Салир	33	3,57	0,36	0,64	0,31	$8,44 \cdot 10^{-05}$	4,08	10,31	$1,85 \cdot 10^{-02}$

6808	р. Бол. Улуй – п. Ольховка	36	4,85	0,24	-0,03	0,19	$4,69 \cdot 10^{-06}$	5,34	14,71	$4,28 \cdot 10^{-02}$
6809	р. Бол. Улуй – п. Бол. Улуй	48	4,98	0,26	0,62	0	$3,39 \cdot 10^{-02}$	1,47	3,65	$1,72 \cdot 10^{-01}$
6810	р. Бол. Кемчуг – п. Бол. Кемчуг	23	8,22	0,26	-0,15	0,46	$1,14 \cdot 10^{-03}$	2,95	5,84	$1,21 \cdot 10^{-01}$
6811	р. Кемчуг – п. Суразово	31	6,32	0,32	-0,3	0,09	$1,11 \cdot 10^{-03}$	2,96	14,04	$1,22 \cdot 10^{-01}$
6812	р. Мал. Кемчуг – п. Мал. Кемчуг	34	9,08	0,27	0,38	0	$8,47 \cdot 10^{-04}$	3,08	8,86	$1,17 \cdot 10^{-01}$
6813	р. Суразовка – п. Уланово	34	6,31	0,24	0,07	0,07	$2,32 \cdot 10^{-03}$	2,64	6,34	$2,87 \cdot 10^{-01}$
6814	р. Кия – п. Макарак	36	24,79	0,16	-0,01	0,05	$2,52 \cdot 10^{-04}$	3,6	8,39	$1,46 \cdot 10^{-01}$
6816	р. Кия – п. Марыжинск	61	14,99	0,21	0,84	0,07	$8,11 \cdot 10^{-03}$	2,09	6,76	$4,72 \cdot 10^{-01}$
6817	р. Кия – п. Окунево	36	11,19	0,18	0,54	0,19	$1,15 \cdot 10^{-03}$	2,94	7,19	$2,21 \cdot 10^{-01}$
6818	р. Серта – п. Третьяково	29	3,27	0,27	0,11	0	$3,59 \cdot 10^{-03}$	2,45	6,35	$1,02 \cdot 10^{-01}$
6819	р. Серта – п. Усть-Колба	26	2,98	0,36	0,97	0,23	$9,79 \cdot 10^{-04}$	3,01	7,59	$6,02 \cdot 10^{-02}$
6820	р. Серта – п. Курск-Смоленский	28	3,34	0,31	0,64	0,17	$1,05 \cdot 10^{-03}$	2,98	12,63	$2,84 \cdot 10^{-02}$
6821	р. Чебула – п. Верх-Чебулеск	39	6,08	0,29	0,17	0,27	$2,29 \cdot 10^{-03}$	2,64	4,81	$1,72 \cdot 10^{-01}$
6822	р. Тяжин – п. Стар. Тяжин	24	4,62	0,34	0,66	0	$2,68 \cdot 10^{-01}$	0,57	3,74	$4,16 \cdot 10^{-01}$
6823	р. Тяжин – п. Рубино	49	4,63	0,29	0,2	0,37	$2,28 \cdot 10^{-02}$	1,64	3,79	$4,16 \cdot 10^{-01}$
6824	р. Четь – п. Конторка	32	4,1	0,28	0,96	0,13	$2,21 \cdot 10^{-02}$	1,66	4,53	$1,72 \cdot 10^{-01}$
6825	р. Тюхтет – п. Тюхтет	34	3,2	0,4	0,15	0,01	$1,11 \cdot 10^{-08}$	7,96	26,11	$4,94 \cdot 10^{-04}$
6826	р. Яя – п. Яя	58	8,88	0,29	-0,25	0,3	$1,05 \cdot 10^{-03}$	2,98	9,31	$1,01 \cdot 10^{-01}$
6828	р. Барзас – п. Барзас	37	10,47	0,26	0,59	0	$5,76 \cdot 10^{-03}$	2,24	7,89	$5,03 \cdot 10^{-02}$
6831	р. Китат – п. Новорождествнка	23	5,05	0,3	0,3	0,41	$4,48 \cdot 10^{-03}$	2,35	4,58	$1,72 \cdot 10^{-01}$
6834	р. Итатка – п. Тихомировка	37	5,46	0,23	-0,1	0,28	$1,55 \cdot 10^{-04}$	3,81	11,22	$5,12 \cdot 10^{-02}$
6835	р. Бол. Юкса – п. Первопашенский	36	4,35	0,27	0,14	0,32	$2,48 \cdot 10^{-03}$	2,61	7,05	$7,18 \cdot 10^{-02}$
6836	р. Улуул – п. Аргат-Юл	43	5,69	0,24	0,39	0,38	$9,55 \cdot 10^{-05}$	4,02	11,16	$5,11 \cdot 10^{-02}$
6837	р. Бол. Татош – п. Бол. Татош	23	2,27	0,49	1,15	0,12	$9,36 \cdot 10^{-04}$	3,03	8,02	$4,67 \cdot 10^{-03}$
6838	р. Чая – п. Подгоеное	45	3,03	0,48	0,95	0,43	$1,77 \cdot 10^{-04}$	3,76	8,5	$1,35 \cdot 10^{-01}$
6839	р. Бакчар – п. Полонянка	22	2,02	0,8	2,05	0,49	$1,36 \cdot 10^{-02}$	1,87	4,02	$1,72 \cdot 10^{-01}$

6840	р. Бакчар – п. Гореловка	37	2,68	0,57	1,2	0,43	$1,29 \cdot 10^{-02}$	1,89	4,42	$4,16 \cdot 10^{-01}$
6845	р. Андарма – п. Понучево	45	3,01	0,56	1,36	0,51	$1,95 \cdot 10^{-02}$	1,71	3,68	$1,72 \cdot 10^{-01}$
6846	р. Икса – п. Плотниково	56	2,61	0,63	0,77	0,55	$1,46 \cdot 10^{-04}$	3,84	8,07	$1,56 \cdot 10^{-01}$
6847	р. Икса – п. Копаное Озеро	32	2,89	0,59	1	0,38	$2,32 \cdot 10^{-04}$	3,64	8,29	$4,20 \cdot 10^{-02}$
6849	р. Кеть – п. Максимкин Яр	60	6,27	0,21	0,52	0,37	$5,96 \cdot 10^{-07}$	6,23	18,29	$3,51 \cdot 10^{-02}$
6850	р. Кеть – п. Родионовка	41	6,56	0,19	0,28	0,41	$7,02 \cdot 10^{-02}$	1,16	2,54	$1,72 \cdot 10^{-01}$
6851	р. Орловка – п. Дружный	41	7,19	0,24	0,58	0,42	$2,92 \cdot 10^{-02}$	1,54	3,7	$1,72 \cdot 10^{-01}$
6852	р. Лисица – п. Лисица	24	7,44	0,26	0,45	0,4	$1,68 \cdot 10^{-02}$	1,78	3,1	$1,72 \cdot 10^{-01}$
6854	р. Пайдугина – п. Березовка	40	7,55	0,22	0,14	0,3	$1,38 \cdot 10^{-03}$	2,86	6,18	$1,12 \cdot 10^{-01}$
6855	р. Парабель – п. Новиково	39	4,15	0,38	0,41	0,43	$3,20 \cdot 10^{-03}$	2,5	3,38	$1,72 \cdot 10^{-01}$
6856	р. Кенга – п. Центральный	40	3,25	0,5	1,29	0,49	$2,35 \cdot 10^{-04}$	3,63	7,9	$5,03 \cdot 10^{-02}$
6857	р. Чузик – п. Осипово	41	3,81	0,36	0,54	0,41	$5,29 \cdot 10^{-04}$	3,28	5,52	$3,69 \cdot 10^{-01}$
6858	р. Васюган – п. Майск	41	4,1	0,44	0,24	0,32	$1,18 \cdot 10^{-03}$	2,93	9,03	$2,51 \cdot 10^{-01}$
6859	р. Васюган – п. Нов. Васюган	37	4,44	0,42	0,48	0,32	$4,97 \cdot 10^{-02}$	1,31	4,79	$1,72 \cdot 10^{-01}$
6860	р. Васюган – п. Ср. Васюган	58	5,07	0,28	0,31	0,25	$8,24 \cdot 10^{-05}$	4,09	11,53	$2,42 \cdot 10^{-01}$
8862	р. Горчак – п. Бассейн Майск	20	5,88	0,6	0,84	0,28	$5,10 \cdot 10^{-03}$	2,29	5,95	$1,22 \cdot 10^{-01}$
6863	р. Нюролько – п. Мьльджино	30	5,66	0,28	0,37	0,26	$8,00 \cdot 10^{-03}$	2,1	4,41	$1,72 \cdot 10^{-01}$
6864	р. Вачев – п. Мульжино	21	5,47	0,35	0,85	0,03	$2,40 \cdot 10^{-03}$	2,62	5,87	$1,22 \cdot 10^{-01}$
6865	р. Тим – п. Ванжил-Кинак	41	7,94	0,2	0,23	0,42	$5,11 \cdot 10^{-03}$	2,29	4,4	$1,72 \cdot 10^{-01}$
6866	р. Тим – п. Напас	61	7,8	0,19	0,44	0,47	$1,50 \cdot 10^{-03}$	2,83	5,09	$1,71 \cdot 10^{-01}$
6868	р. Вах – п. Лобчинское	32	9,5	0,18	0,27	0,42	$4,61 \cdot 10^{-05}$	4,34	9,16	$2,93 \cdot 10^{-02}$
6872	р. Тром-Юган – п. Ермакова	29	8,35	0,2	-0,2	0,27	$7,41 \cdot 10^{-06}$	5,14	14,42	$1,56 \cdot 10^{-02}$
6873	р. Аган – п. Вар-Юган	24	7,83	0,25	-0,15	0,07	$4,12 \cdot 10^{-04}$	3,39	14,11	$1,55 \cdot 10^{-02}$
6877	р. Юган – п. Таурово	22	6,28	0,29	0,24	0,26	$9,01 \cdot 10^{-04}$	3,05	15,01	$3,58 \cdot 10^{-02}$
6878	р. Бол. Юган – п. Русский	27	6,56	0,26	0,23	0,02	$2,01 \cdot 10^{-03}$	2,7	7,66	$5,50 \cdot 10^{-02}$
6879	р. Бол. Юган – п. Угут	48	6,47	0,27	0,32	0,23	$6,36 \cdot 10^{-03}$	2,2	5,18	$4,16 \cdot 10^{-01}$
6881	р. Малый Юган – п. Кинямин	35	6,82	0,29	0,64	0,09	$1,97 \cdot 10^{-02}$	1,71	4,72	$1,72 \cdot 10^{-01}$
6883	р. Азум – п. Кушик	28	7,56	0,22	1,43	0	$3,11 \cdot 10^{-01}$	0,51	6,84	$4,50 \cdot 10^{-01}$

6885	р. Кулунда – п. Овечкино	42	1,49	0,48	0,52	0,25	$6,84 \cdot 10^{-04}$	3,17	5,51	$1,45 \cdot 10^{-01}$
6886	р. Кулунда – п. Шимолино	26	0,49	0,52	0,29	0,02	$1,27 \cdot 10^{-02}$	1,9	3,85	$1,72 \cdot 10^{-01}$
6897	р. Иня – п. Евтино	34	10,65	0,63	1,06	0,45	$7,44 \cdot 10^{-05}$	4,13	11,33	$1,38 \cdot 10^{-01}$
6898	р. Чик – п. Прокудское	27	1,5	0,41	0,7	0,52	$2,40 \cdot 10^{-03}$	2,62	9,55	$9,41 \cdot 10^{-02}$
6922	р. Латат – п. Ягодное	26	3,03	0,35	0,53	0,48	$3,90 \cdot 10^{-04}$	3,41	9,72	$8,73 \cdot 10^{-02}$
6929	р. Бия – п. Артибаш	29	11,28	0,2	0,61	0	$1,13 \cdot 10^{-04}$	3,95	13,54	$1,90 \cdot 10^{-02}$
6943	р. Черный Иртыш – п. Буран	49	5,34	0,29	0,29	0,15	$5,70 \cdot 10^{-04}$	3,25	7,15	$2,21 \cdot 10^{-01}$
6957	р. Каджир – п. Черняевка	30	6,5	0,43	0,84	0,21	$2,76 \cdot 10^{-02}$	1,56	3,31	$1,72 \cdot 10^{-01}$
6962	р. Базарка – п. Базар	22	1,59	0,39	0,55	0,45	$3,04 \cdot 10^{-02}$	1,52	3,41	$1,72 \cdot 10^{-01}$
6964	р. Кокпекты – п. Кокпекты	22	1,01	0,76	1,67	0	$1,24 \cdot 10^{-02}$	1,91	5,61	$1,32 \cdot 10^{-01}$
6966	р. Бол. Буконь – п. Джумба	30	10,11	0,4	0,89	0,06	$1,23 \cdot 10^{-01}$	0,91	2,56	$1,72 \cdot 10^{-01}$
6968	р. Курчум – п. Вознесенское	43	9,86	0,31	0,68	0	$1,91 \cdot 10^{-02}$	1,72	3,61	$1,72 \cdot 10^{-01}$
6970	р. Нарим – п. Большое Наримское	29	4,58	0,32	0,55	0,32	$2,42 \cdot 10^{-02}$	1,62	4,1	$1,72 \cdot 10^{-01}$
6971	р. Бухтарма – п. Берель	30	17,81	0,19	0,11	0,23	$1,82 \cdot 10^{-05}$	4,74	24,82	$1,14 \cdot 10^{-03}$
6972	р. Бухтарма – п. Печу	48	15,78	0,28	0,77	0,21	$2,47 \cdot 10^{-03}$	2,61	5,72	$1,33 \cdot 10^{-01}$
6973	р. Бухтарма – п. Лесная Пристань	33	18,95	0,23	0,38	0,1	$4,61 \cdot 10^{-07}$	6,34	30,53	$9,94 \cdot 10^{-05}$
6975	р. Черновая – п. Черновое	34	12,18	0,29	0,4	0,05	$3,08 \cdot 10^{-03}$	2,51	22,41	$5,15 \cdot 10^{-04}$
6976	р. Сарымскаты – п. Согорное	25	10,83	0,23	0,9	0,24	$3,69 \cdot 10^{-02}$	1,43	2,96	$1,72 \cdot 10^{-01}$
6977	р. Белая – п. Белое	34	17,75	0,29	0,33	0	$6,56 \cdot 10^{-03}$	2,19	2,6	$1,72 \cdot 10^{-01}$
6978	р. Черемошка – п. Усть-Язовое	29	12,69	0,31	0,55	0	$9,53 \cdot 10^{-05}$	4,03	10,87	$6,21 \cdot 10^{-02}$
6980	р. Тургусун – п. Кутиха	34	37,75	0,24	0,27	0	$7,45 \cdot 10^{-02}$	1,13	2,69	$1,72 \cdot 10^{-01}$
6981	р. Тайнты – п. Огневка	27	4,98	0,37	0,14	0	$3,28 \cdot 10^{-03}$	2,49	6,2	$1,02 \cdot 10^{-01}$
6984	р. Ульба – п. Перевалочное	50	20,17	0,28	0,61	0	$4,79 \cdot 10^{-05}$	4,32	14,35	$1,56 \cdot 10^{-02}$
6985	р. Мал. Ульба – п. Горно-Ульбинка	35	21,74	0,28	0,26	0	$4,25 \cdot 10^{-03}$	2,37	5,82	$1,21 \cdot 10^{-01}$
6986	р. Уба – п. 8 марта	25	25,65	0,24	0,75	0	$5,22 \cdot 10^{-02}$	1,28	4,57	$4,16 \cdot 10^{-01}$
6987	р. Уба – п. Карагужха	21	30,58	0,22	0,68	0,08	$4,46 \cdot 10^{-02}$	1,35	3,47	$1,72 \cdot 10^{-01}$

6988	р. Уба – п. Шемонаиха	32	20,99	0,23	0,4	0,01	$5,69 \cdot 10^{-04}$	3,25	6,58	$9,37 \cdot 10^{-02}$
6989	р. Мал. Убинка – п. Быструха	32	19,35	0,32	1,52	0,03	$3,46 \cdot 10^{-02}$	1,46	5,25	$3,91 \cdot 10^{-01}$
7007	р. Омь – п. Крещенка	25	1,75	0,88	1,63	0,49	$1,14 \cdot 10^{-03}$	2,95	7,91	$5,03 \cdot 10^{-02}$
7008	р. Омь – п. Чумаково	31	1,56	0,85	1,19	0,54	$2,21 \cdot 10^{-04}$	3,66	7,34	$6,57 \cdot 10^{-02}$
7009	р. Омь – п. Куйбышев	56	1,51	0,78	1,23	0,66	$2,41 \cdot 10^{-06}$	5,62	13,44	$2,34 \cdot 10^{-02}$
7010	р. Омь – п. Вознесенское	39	1,12	0,84	1,56	0,58	$9,13 \cdot 10^{-05}$	4,04	9,21	$2,12 \cdot 10^{-01}$
7011	р. Омь – п. Калачинск	61	1,12	0,83	1,56	0,64	$1,72 \cdot 10^{-05}$	4,77	8,25	$4,20 \cdot 10^{-02}$
7013	р. Омь – п. Омск	27	0,98	0,75	1,63	0,55	$6,65 \cdot 10^{-02}$	1,18	2,73	$1,72 \cdot 10^{-01}$
7016	р. Иша – п. Назарово	21	1,52	0,84	1,35	0,49	$8,69 \cdot 10^{-03}$	2,06	5,13	$1,72 \cdot 10^{-01}$
7018	р. Кама – п. Усть-Ламенка	35	1,23	0,9	1,63	0,46	$8,18 \cdot 10^{-06}$	5,09	12,05	$7,32 \cdot 10^{-03}$
7019	р. Тартас – п. Чуваши	21	2,31	0,77	0,91	0,53	$1,90 \cdot 10^{-03}$	2,73	6,56	$9,36 \cdot 10^{-02}$
7020	р. Тартас – п. Северное	50	2,08	0,8	1,25	0,56	$2,56 \cdot 10^{-05}$	4,6	14,75	$4,29 \cdot 10^{-02}$
7022	р. Тартас – п. Венгерово	58	1,31	0,74	1,11	0,52	$8,20 \cdot 10^{-05}$	4,09	6,46	$9,35 \cdot 10^{-02}$
7026	р. Тара – п. Кордон	31	2,84	0,7	0,98	0,52	$1,79 \cdot 10^{-05}$	4,75	13,71	$6,06 \cdot 10^{-02}$
7027	р. Тара – п. Верхняя Тарка	44	2,47	0,56	0,64	0,5	$1,29 \cdot 10^{-03}$	2,89	5,26	$1,57 \cdot 10^{-01}$
7029	р. Тара – п. Малокрасноярское	50	2,43	0,54	0,99	0,53	$4,28 \cdot 10^{-03}$	2,37	5,41	$3,68 \cdot 10^{-01}$
7030	р. Тара – п. Муромцево	57	2,57	0,51	0,91	0,44	$6,84 \cdot 10^{-03}$	2,17	3,52	$1,72 \cdot 10^{-01}$
7032	р. Майзас – п. Верхний Майзас	49	2,82	0,56	1,01	0,52	$5,58 \cdot 10^{-05}$	4,26	11,85	$4,22 \cdot 10^{-02}$
7033	р. Чека – п. Бочкарево	48	2,37	0,53	0,84	0,44	$1,08 \cdot 10^{-03}$	2,97	6,61	$8,56 \cdot 10^{-02}$
7034	р. Вер. Тунгуска – п. Малинкино	32	2,06	0,49	1,25	0,5	$1,16 \cdot 10^{-01}$	0,94	3,71	$4,16 \cdot 10^{-01}$
7036	р. Ы – п. Сидельниково	48	2,76	0,4	0,66	0,44	$2,67 \cdot 10^{-03}$	2,58	5,98	$1,22 \cdot 10^{-01}$
7037	р. Ы – п. Баженово	44	2,99	0,39	0,85	0,45	$4,01 \cdot 10^{-04}$	3,4	8,1	$4,60 \cdot 10^{-02}$
7040	р. Большой Аёв – п. Уки	37	1,2	0,75	0,55	0,34	$1,22 \cdot 10^{-05}$	4,92	10,47	$1,86 \cdot 10^{-02}$
7041	р. Баольшой Аёв – п. Чебаклу	40	1,24	0,65	0,31	0,4	$4,17 \cdot 10^{-06}$	5,39	10,84	$1,47 \cdot 10^{-02}$
7043	р. Бол. Нягов – п. Чередово	28	1,64	0,84	0,91	0,23	$1,22 \cdot 10^{-04}$	3,92	10,58	$1,46 \cdot 10^{-02}$
7044	р. Шиш – п. Васис	53	3,75	0,43	0,48	0,44	$2,83 \cdot 10^{-03}$	2,55	5,38	$3,92 \cdot 10^{-01}$
7045	р. Шиш – п. Атирка	45	4,06	0,38	0,29	0,32	$1,85 \cdot 10^{-03}$	2,74	8,82	$2,67 \cdot 10^{-01}$

7046	р. Туй – п. Туйский	25	4,79	0,43	1,07	0,41	$8,18 \cdot 10^{-04}$	3,09	12,73	$2,84 \cdot 10^{-02}$
7047	р. Туй – п. Ермиловка	31	4,81	0,32	0,2	0,32	$3,82 \cdot 10^{-05}$	4,42	25,04	$9,02 \cdot 10^{-03}$
7055	р. Ишим – п. Петропавловск	20	0,43	0,67	1,04	0,09	$1,01 \cdot 10^{-02}$	2	5,75	$1,33 \cdot 10^{-01}$
7056	р. Ишим – п. Ильинка	22	0,37	0,69	0,39	0,24	$1,61 \cdot 10^{-03}$	2,8	14,28	$5,11 \cdot 10^{-02}$
7057	р. Ишим – п. Ишим	45	0,4	0,6	0,4	0,26	$1,37 \cdot 10^{-05}$	4,87	11,31	$5,12 \cdot 10^{-02}$
7073	р. Баксук – п. Каточиги	28	1,57	0,67	0,55	0,16	$2,13 \cdot 10^{-03}$	2,67	4,33	$1,72 \cdot 10^{-01}$
7074	р. Бол. Тава – п. Мал. Тава	33	2,55	0,59	0,34	0,24	$2,38 \cdot 10^{-04}$	3,63	7,45	$6,01 \cdot 10^{-02}$
7080	р. Черное – п. Черное	38	1,41	0,64	1,18	0,43	$3,96 \cdot 10^{-06}$	5,41	11,39	$1,17 \cdot 10^{-02}$
7083	р. Балахлей – п. Балахлей	47	1,54	0,91	1,51	0,48	$1,07 \cdot 10^{-05}$	4,98	9,79	$2,23 \cdot 10^{-02}$
7084	р. Агитка – п. Юрты Митинские	32	2,14	0,56	0,76	0,35	$9,89 \cdot 10^{-02}$	1,01	2,14	$1,72 \cdot 10^{-01}$
7088	р. Туртас – п. Новый Туртас	22	4,6	0,39	0,64	0,25	$2,96 \cdot 10^{-02}$	1,53	18,55	$9,87 \cdot 10^{-03}$
7089	р. Демьянка – п. Юрты Лимкоевские	32	5,08	0,34	0,48	0,32	$2,28 \cdot 10^{-03}$	2,64	10,29	$1,88 \cdot 10^{-01}$
7090	р. Конда – п. Чантырья	42	5,77	0,28	0,19	0,12	$4,02 \cdot 10^{-06}$	5,4	49,8	$0,01 \cdot 10^{-09}$
7091	р. Конда – п. Юрай	27	5,75	0,28	-0,21	0,37	$5,21 \cdot 10^{-03}$	2,29	4,16	$1,72 \cdot 10^{-01}$
7093	р. Конда – п. Больчары	63	4,67	0,35	0,63	0,46	$1,98 \cdot 10^{-03}$	2,71	8,32	$3,15 \cdot 10^{-01}$
7094	р. Конда – п. Алтай	36	4,99	0,29	0,09	0,36	$1,78 \cdot 10^{-04}$	3,75	11,14	$5,11 \cdot 10^{-02}$
7098	р. Амня – п. Казим	31	8,7	0,14	0,37	0	$7,81 \cdot 10^{-02}$	1,11	2,79	$1,72 \cdot 10^{-01}$
7100	р. Сев. Сосва – п. Няксимвол	46	9,94	0,27	0,46	0,03	$1,59 \cdot 10^{-03}$	2,8	5,23	$1,57 \cdot 10^{-01}$
7101	р. Сев. Сосва – п. Хулымсунт	20	7,63	0,27	0,41	0	$1,02 \cdot 10^{-01}$	0,99	2,38	$1,72 \cdot 10^{-01}$
7102	р. Сев. Сосва – п. Кимкясый	23	7,45	0,25	0,24	0	$9,67 \cdot 10^{-02}$	1,02	3,78	$4,16 \cdot 10^{-01}$
7104	р. Сев. Сосва – п. Сартунья	33	9,37	0,25	-0,17	0,2	$1,97 \cdot 10^{-04}$	3,71	14,82	$4,29 \cdot 10^{-02}$
7105	р. Сев. Сосва – п. Игрим	41	8,96	0,22	0,45	0,05	$2,15 \cdot 10^{-03}$	2,67	5,53	$1,45 \cdot 10^{-01}$
7106	р. Ляпин – п. Саран-Паул	41	13,4	0,19	0,06	0	$2,79 \cdot 10^{-03}$	2,56	6,12	$3,06 \cdot 10^{-01}$
7109	р. Суня – п. Овгорт	21	9,71	0,26	0,28	0,12	$2,54 \cdot 10^{-02}$	1,6	4,18	$1,72 \cdot 10^{-01}$
7110	р. Собь – п. Харп	41	26,4	0,22	0,27	0,35	$9,84 \cdot 10^{-02}$	1,01	2,81	$1,72 \cdot 10^{-01}$
7116	р. Пур – п. Уренгой	21	9,46	0,2	0,38	0,31	$2,79 \cdot 10^{-05}$	4,56	11,69	$4,21 \cdot 10^{-02}$
7118	р. Пярку-Пур – п. Тарко-Сале	41	9,82	0,17	0,84	0,22	$6,74 \cdot 10^{-03}$	2,17	6	$5,63 \cdot 10^{-01}$

7122	р. Омь – п. Нижняя Омка	23	1,1	0,96	1,9	0,59	$1,43 \cdot 10^{-04}$	3,85	7,94	$5,03 \cdot 10^{-02}$
7143	р. Надым – п. Надым	34	9,55	0,19	0,89	0,02	$1,07 \cdot 10^{-04}$	3,98	11,21	$5,12 \cdot 10^{-02}$
7144	р. Пур – п. Самбург	45	9,42	0,13	-0,06	0,3	$7,27 \cdot 10^{-05}$	4,14	7,74	$5,50 \cdot 10^{-02}$
7150	р. Тобол – п. Кустанай	47	0,29	1,35	2,5	0,43	$0,01 \cdot 10^{-09}$	10,42	19,9	$1,55 \cdot 10^{-03}$
7161	р. Ы – п. Степное	35	1,78	0,61	0,94	0,24	$6,67 \cdot 10^{-05}$	4,18	10,27	$7,50 \cdot 10^{-02}$
7163	р. Ы – п. Крутоярский	20	0,41	0,68	1,45	0,56	$2,64 \cdot 10^{-01}$	0,58	1,95	$1,72 \cdot 10^{-01}$
7167	р. Увелка – п. Красносельское	26	1,19	0,49	0,33	0,38	$1,26 \cdot 10^{-05}$	4,9	25,84	$2,96 \cdot 10^{-03}$
7168	р. Увелка – п. Красенский Зерносовхоз	20	1,23	0,51	0,52	0,22	$3,50 \cdot 10^{-02}$	1,46	3,91	$1,72 \cdot 10^{-01}$
7169	р. Кубанка – п. Увелский	22	0,74	0,82	1,11	0,62	$3,36 \cdot 10^{-03}$	2,48	5,31	$1,57 \cdot 10^{-01}$
7170	р. Тогузак – п. Тогузак	23	0,52	0,74	0,79	0,29	$3,07 \cdot 10^{-03}$	2,52	7,37	$6,58 \cdot 10^{-02}$
7176	р. Ук – п. Заводковск	31	2	0,46	1,09	0,32	$4,60 \cdot 10^{-04}$	3,34	5,34	$1,58 \cdot 10^{-01}$
7179	р. Изет – п. Мелзавод	23	6,59	0,33	0,43	0,71	$1,11 \cdot 10^{-03}$	2,96	11,27	$1,38 \cdot 10^{-01}$
7180	р. Изет – п. Колуткино	27	4,31	0,39	0,87	0,59	$4,14 \cdot 10^{-03}$	2,39	11,62	$9,25 \cdot 10^{-03}$
7185	р. Изет – п. Изетское	61	1,3	0,56	1,35	0,5	$3,95 \cdot 10^{-06}$	5,41	19,82	$5,26 \cdot 10^{-02}$
7186	р. Черная – п. Сагра	27	5,82	0,3	0,5	0,24	$5,44 \cdot 10^{-02}$	1,27	2,72	$1,72 \cdot 10^{-01}$
7188	р. Решетка – п. Новоалексеевское	43	5	0,39	0,83	0,61	$4,51 \cdot 10^{-03}$	2,35	3,87	$1,72 \cdot 10^{-01}$
7192	р. Караболка – п. Усть- Караболка	26	0,81	0,52	0,07	0,36	$2,08 \cdot 10^{-03}$	2,69	8,11	$1,56 \cdot 10^{-01}$
7193	р. Багаряк – п. Колпановка	27	1,53	0,37	0,56	0,44	$5,41 \cdot 10^{-01}$	0,27	1,79	$1,72 \cdot 10^{-01}$
7197	р. Миасс – п. Новоандреевка	40	3,73	0,45	1,14	0,35	$3,03 \cdot 10^{-03}$	2,52	8,08	$1,56 \cdot 10^{-01}$
7199	р. Миасс – п. Сосновка	28	2,37	0,58	1,81	0,51	$4,69 \cdot 10^{-02}$	1,33	2,96	$1,72 \cdot 10^{-01}$
7200	р. Миасс – п. Новое Поле	26	1,65	0,51	1,35	0,59	$5,11 \cdot 10^{-03}$	2,29	3,56	$1,72 \cdot 10^{-01}$
7201	р. Миасс – п. Карачельское	25	1,01	0,47	0,93	0,61	$4,02 \cdot 10^{-03}$	2,4	4,96	$1,72 \cdot 10^{-01}$
7202	р. Миасс – п. Каргополье	42	0,79	0,43	1,32	0,33	$2,84 \cdot 10^{-04}$	3,55	13,53	$6,05 \cdot 10^{-02}$
7205	р. Ирум – п. Бобылево	38	1,71	0,58	1,07	0,15	$5,60 \cdot 10^{-04}$	3,26	7,81	$5,02 \cdot 10^{-02}$
7210	р. Тура – п. Верхотурье	42	4,91	0,41	0,24	0,53	$6,63 \cdot 10^{-05}$	4,18	11,38	$1,17 \cdot 10^{-02}$
7211	р. Тура – п. Туринск	54	4,01	0,44	0,59	0,43	$5,17 \cdot 10^{-05}$	4,29	9,63	$8,73 \cdot 10^{-02}$

7213	р. Салда – п. Прокопьевское	30	4,29	0,56	0,98	0,4	$1,63*10^{-02}$	1,79	4,07	$4,16*10^{-01}$
7214	р. Тагил – п. Малыгина	38	4,7	0,35	0,38	0,48	$9,32*10^{-06}$	5,04	13,87	$1,91*10^{-02}$
7215	р. Тагил – п. Трошкова	28	4,28	0,4	0,15	0,58	$3,00*10^{-03}$	2,53	5,42	$1,44*10^{-01}$
7217	р. Мугай – п. Топоровка	44	3,71	0,54	0,36	0,41	$6,80*10^{-06}$	5,17	14,05	$1,55*10^{-02}$
7220	р. Ница – п. Ирбит	93	2,56	0,51	0,78	0,52	$3,57*10^{-07}$	6,46	12,35	$3,47*10^{-02}$
7221	р. Нейва – п. Черемшанка	45	3,51	0,47	1,21	0,5	$3,57*10^{-03}$	2,45	4,25	$1,72*10^{-01}$
7222	р. Сынячинка – п. Верх. Сынячинка	20	4,47	0,44	0,08	0,45	$1,49*10^{-05}$	4,83	14,22	$2,90*10^{-03}$
7223	р. Реди – п. Ключи	48	2,88	0,49	1,25	0,57	$3,80*10^{-03}$	2,42	5,86	$3,26*10^{-01}$
7225	р. Пушма – п. Березит	23	5,93	0,31	-0,15	0,86	$1,87*10^{-01}$	0,73	1,38	$1,72*10^{-01}$
7226	р. Пушма – п. Сарапулка	24	3,73	0,28	0,89	0,71	$4,16*10^{-04}$	3,38	8,63	$3,35*10^{-03}$
7227	р. Пушма – п. Зотина	35	2	0,53	1,33	0,46	$3,70*10^{-05}$	4,44	16,94	$2,09*10^{-02}$
7228	р. Пушма – п. Богадинское	89	1,91	0,6	1,2	0,61	$1,73*10^{-05}$	4,77	8	$4,59*10^{-02}$
7229	р. Юрмич – п. Пушма	34	2,26	0,65	1,39	0,35	$1,06*10^{-03}$	2,98	8,13	$4,60*10^{-02}$
7230	р. Беяковка – п. Потаскуево	33	1,59	0,5	1,26	0,28	$2,47*10^{-05}$	4,61	37,06	$0,01*10^{-09}$
7231	р. Балда – п. Костылево	25	1,73	0,43	0,21	0,25	$6,99*10^{-03}$	2,16	5,25	$3,91*10^{-01}$
7232	р. Иска – п. Вележаны	39	2,39	0,7	1,3	0,2	$3,22*10^{-04}$	3,5	5,72	$1,33*10^{-01}$
7233	р. Тавда – п. Таборы	24	5,53	0,36	0,26	0,2	$6,44*10^{-05}$	4,2	11,49	$1,17*10^{-02}$
7235	р. Тавда – п. Ниж. Тавда	23	4,96	0,36	0,88	0,24	$9,20*10^{-02}$	1,04	1,95	$1,72*10^{-01}$
7237	р. Лозва – п. Першино	24	9,49	0,22	0,69	0	$3,22*10^{-04}$	3,5	8,77	$3,51*10^{-02}$
7239	р. Ивдел – п. Ивдел	43	9,68	0,29	0,75	0,11	$3,12*10^{-04}$	3,51	6,42	$9,35*10^{-02}$
7240	р. Сосва – п. Денежкино	52	8,68	0,32	0,87	0,1	$4,82*10^{-05}$	4,32	17,49	$4,87*10^{-02}$
7241	р. Сосва – п. Сосва	41	5,58	0,35	0,58	0,46	$1,87*10^{-03}$	2,73	6,24	$1,02*10^{-01}$
7244	р. Сотрина – п. Сотрино	27	5,31	0,43	0,79	0,27	$1,22*10^{-03}$	2,92	7,77	$5,50*10^{-02}$
7245	р. Ляля – п. Средне-Солтаново	38	5,34	0,42	1,06	0,23	$1,94*10^{-05}$	4,72	15,64	$3,00*10^{-02}$
7246	р. Лобва – п. Лобва	55	6,84	0,34	0,52	0,01	$1,25*10^{-04}$	3,91	9,36	$1,01*10^{-01}$
8441	р. Алей – п. Хабазино	20	1,63	0,27	0,27	0,05	$5,08*10^{-01}$	0,29	1,59	$1,72*10^{-01}$
8452	р. Иня – п. Сплавной	27	3,14	0,26	0,44	0,4	$7,29*10^{-04}$	3,14	6,43	$9,35*10^{-02}$

8453	р. Ниж. Сузун – п. Октябрьский	23	4,07	0,23	0,35	0,08	$6,27 \cdot 10^{-04}$	3,21	8,39	$4,20 \cdot 10^{-02}$
8503	р. Язевая – п. Николаевский Шлюз	23	10,64	0,33	0,37	0,36	$2,85 \cdot 10^{-03}$	2,55	6,9	$7,85 \cdot 10^{-02}$
8556	р. Шилигек – п. Шилигек	24	5,7	0,49	0,54	0	$3,28 \cdot 10^{-04}$	3,49	8,88	$1,17 \cdot 10^{-01}$
8573	р. Урыль – п. Урыль	27	10	0,28	1,2	0,47	$4,00 \cdot 10^{-02}$	1,4	2,96	$1,72 \cdot 10^{-01}$
8588	р. Тихая – п. 1 км. ниже ульбастроля	25	16,54	0,39	0,81	0,07	$5,02 \cdot 10^{-04}$	3,3	43,14	$0,01 \cdot 10^{-09}$
8596	р. Бобровка – п. Бобровка	24	7,43	0,32	0,58	0,43	$2,31 \cdot 10^{-02}$	1,64	3,58	$1,72 \cdot 10^{-01}$
8602	р. Уба – п. Нижне-Убинск	21	18,1	0,24	0,46	0	$1,99 \cdot 10^{-02}$	1,7	5,68	$1,33 \cdot 10^{-01}$
8608	р. Правая Убинка – п. Александровка	29	20,91	0,28	0,33	0,04	$1,31 \cdot 10^{-03}$	2,88	7,99	$5,03 \cdot 10^{-02}$
8609	р. Ключ Орловка – п. Орловка	38	12,59	0,3	0,29	0,02	$2,71 \cdot 10^{-03}$	2,57	5,08	$1,71 \cdot 10^{-01}$
8610	р. Бол. Речка – п. Бол. Речка	22	10,22	0,26	0,63	0,11	$7,60 \cdot 10^{-02}$	1,12	3,26	$1,72 \cdot 10^{-01}$
8631	р. Омь – п. Мартеньяново	21	1,72	0,66	0,93	0,48	$4,63 \cdot 10^{-02}$	1,34	3,37	$1,72 \cdot 10^{-01}$
8639	р. Ия – п. Украинка	22	2,27	0,57	0,17	0,75	$4,91 \cdot 10^{-03}$	2,31	5,12	$1,72 \cdot 10^{-01}$
8642	р. Ниж. Тунгуска – п. Тармакла	35	3,39	0,36	0,5	0,2	$8,36 \cdot 10^{-03}$	2,08	5,26	$3,91 \cdot 10^{-01}$
8643	р. Бергамак – п. Рязаны	47	3,07	0,32	0,31	0,42	$6,09 \cdot 10^{-05}$	4,22	11,02	$1,38 \cdot 10^{-01}$
8657	р. Ир – п. Красный Яр	31	2,29	0,59	0,36	0,38	$2,77 \cdot 10^{-03}$	2,56	4,22	$1,72 \cdot 10^{-01}$
8662	р. Аремзянка – п. Чукманка	49	4,39	0,46	0,81	0,42	$5,13 \cdot 10^{-03}$	2,29	3,71	$1,72 \cdot 10^{-01}$
8669	р. Сурра – п. Сурра	28	7,21	0,28	0	0,1	$8,56 \cdot 10^{-03}$	2,07	5,76	$3,47 \cdot 10^{-01}$
8671	р. Шома-Я – п. Шома-Я	23	6,79	0,21	0,01	0	$3,20 \cdot 10^{-02}$	1,5	5,79	$5,87 \cdot 10^{-01}$
8777	р. Изеть – п. Каменск- Уралский	21	2,79	0,4	1,02	0,51	$2,23 \cdot 10^{-03}$	2,66	4,67	$4,16 \cdot 10^{-01}$
Бассейн р. Енисей										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
6040	р. Рель – п. Байкальское	29	22,96	0,21	-0,01	0	$1,61 \cdot 10^{-02}$	1,8	8,87	$2,67 \cdot 10^{-01}$
6041	р. Гоуджекит – п. Гоуджекит	49	27,47	0,18	0,73	0	$2,52 \cdot 10^{-06}$	5,6	45,84	$0,01 \cdot 10^{-09}$
6042	р. Ангаракан – п. Ангаракан	23	26,18	0,16	0,72	0	$4,20 \cdot 10^{-03}$	2,38	8,99	$3,21 \cdot 10^{-02}$
6043	р. Давша – п. Давша	28	9,18	0,2	0,72	0,34	$1,40 \cdot 10^{-02}$	1,86	5,25	$3,91 \cdot 10^{-01}$

6044	р. Шаманка – п. Шаманка	46	16,03	0,34	0,63	0,5	$2,38*10^{-03}$	2,63	5,45	$1,44*10^{-01}$
6048	р. Максиминка – п. Максиминка	45	3,82	0,3	0,42	0,35	$1,17*10^{-04}$	3,94	9,21	$2,67*10^{-02}$
6060	р. Виллюйка – п. Селенгинск	31	12,82	0,3	0,72	0	$6,37*10^{-02}$	1,2	3,21	$1,72*10^{-01}$
6061	Р. Кабанья – п. Елань	25	12,5	0,34	0,54	0	$1,26*10^{-02}$	1,9	5,22	$3,91*10^{-01}$
6062	р. Бол. речка – п. Посольское	64	21,89	0,23	0,52	0	$1,12*10^{-04}$	3,95	10,37	$7,51*10^{-02}$
6063	р. Мантуринка – п. Мантуринка	36	14,19	0,24	0,36	0	$5,40*10^{-04}$	3,27	9,12	$1,09*10^{-01}$
6067	р. Безымянная – п. Мангутаи	39	27,99	0,23	0,39	0,2	$1,25*10^{-03}$	2,91	7,57	$6,02*10^{-02}$
6069	р. Похабинка – п. Слюдянка	47	23,69	0,23	0,87	0,27	$2,97*10^{-04}$	3,53	10,12	$1,88*10^{-01}$
6070	р. Большая половинная – п. 100 км от жд	40	7,75	0,44	1,34	0	$6,02*10^{-06}$	5,23	11,23	$5,12*10^{-02}$
6073	р. Выдриная – п. 245 км от жд	20	4,7	0,15	-0,01	0	$1,39*10^{-01}$	0,86	2,1	$1,72*10^{-01}$
6398	р. Голоустное – п. Большое Голоустное	32	4,23	0,32	1,23	0	$1,25*10^{-02}$	1,9	5,22	$3,91*10^{-01}$
6399	р. Бугульдейка – п. Большая Бугульдейка	31	3,13	0,35	0,57	0,62	$1,95*10^{-02}$	1,71	3,56	$1,72*10^{-01}$
6400	р. Труя – п. Труя	22	16,29	0,16	0,47	0	$1,34*10^{-02}$	1,88	4,2	$1,72*10^{-01}$
6401	р. Холодная – п. Холодная	32	19,95	0,2	0,27	0,07	$3,54*10^{-02}$	1,45	3,87	$1,72*10^{-01}$
6402	р. Верхняя Ангара – п. Верхняя Заимка	59	12,64	0,15	0,26	0	$6,97*10^{-08}$	7,16	40,57	$0,01*10^{-09}$
6403	р. Янчуй – п. Янчуй	22	22,59	0,18	0,74	0,14	$2,75*10^{-01}$	0,56	2,21	$1,72*10^{-01}$
6404	р. Баргузин – п. Могойто	50	7,68	0,24	0,9	0,2	$1,06*10^{-04}$	3,98	9,31	$1,01*10^{-01}$
6406	р. Аргада – п. Аргада	39	8,71	0,29	0,2	0,13	$3,48*10^{-05}$	4,46	9,99	$8,11*10^{-02}$
6407	р. Ина – п. Ина	40	9,13	0,28	-0,01	0,03	$4,78*10^{-03}$	2,32	6,55	$4,94*10^{-01}$
6414	р. Джида – п. Хамней	46	4,26	0,34	0,68	0,15	$7,44*10^{-06}$	5,13	21,14	$3,72*10^{-03}$
6415	р. Джида – п. Джида	51	3,16	0,42	1,33	0,28	$7,36*10^{-06}$	5,14	18,62	$2,97*10^{-02}$
6416	р. Цакирка	27	6,39	0,35	0,18	0,11	$2,21*10^{-05}$	4,66	19,9	$6,75*10^{-03}$
6418	р. Темник – п. Улан-Удунга	42	6,94	0,25	0,39	0	$1,60*10^{-04}$	3,8	10,48	$1,89*10^{-01}$

6419	р. Чикой – п. Гремучка	55	6,8	0,3	0,91	0,03	$9,39 \cdot 10^{-05}$	4,03	17,28	$4,86 \cdot 10^{-02}$
6421	р. Аса – п. Атса	48	9,14	0,29	0,6	0,02	$2,24 \cdot 10^{-02}$	1,65	4,22	$4,16 \cdot 10^{-01}$
6423	р. Хилкотой	21	9,55	0,3	0,94	0,13	$3,29 \cdot 10^{-01}$	0,48	1,71	$2,54 \cdot 10^{-02}$
6428	р. Хилок – п. Малета	57	2,85	0,4	0,27	0,38	$5,54 \cdot 10^{-05}$	4,26	11,15	$1,17 \cdot 10^{-02}$
6429	р. Хилок – п. Мал. Куналей	38	2,88	0,39	0,29	0,26	$2,34 \cdot 10^{-04}$	3,64	10,63	$1,47 \cdot 10^{-02}$
6430	р. Хилок – п. Хайластуй	61	2,55	0,36	0,35	0,31	$2,77 \cdot 10^{-06}$	5,56	11,99	$4,23 \cdot 10^{-02}$
6433	р. Унго – п. Усть-Унго	23	5,21	0,33	0,55	0,13	$4,48 \cdot 10^{-03}$	2,35	5,69	$1,33 \cdot 10^{-01}$
6435	р. Оронгой – п. Оронгойский Мост	47	4,48	0,31	0,09	0,05	$8,26 \cdot 10^{-04}$	3,09	6,7	$8,57 \cdot 10^{-02}$
6438	р. Уда – п. Хоринск	55	1,05	0,6	0,93	0,48	$4,68 \cdot 10^{-08}$	7,34	34,16	$0,01 \cdot 10^{-09}$
6439	р. Уда – п. Улан-Уде	54	1,94	0,37	1,03	0,28	$1,81 \cdot 10^{-03}$	2,75	8,62	$2,82 \cdot 10^{-01}$
6441	р. Она – п. Онинское	44	2,51	0,42	0,99	0,08	$2,83 \cdot 10^{-06}$	5,55	12,31	$3,47 \cdot 10^{-02}$
6443	р. Кудун – п. Хоринск	32	1,54	0,4	0,48	0,5	$5,25 \cdot 10^{-04}$	3,28	10,62	$3,10 \cdot 10^{-01}$
6445	р. Курба – п. Новая Курба	50	4,15	0,3	0,37	0,26	$9,16 \cdot 10^{-03}$	2,04	4,19	$1,72 \cdot 10^{-01}$
6447	р. Итанца – п. Турунтаево	37	4,11	0,3	0,02	0,41	$7,92 \cdot 10^{-07}$	6,11	31,76	$5,98 \cdot 10^{-05}$
6448	р. Снежная – п. Выдрино	64	15,92	0,22	0,35	0	$7,43 \cdot 10^{-03}$	2,13	3,85	$1,72 \cdot 10^{-01}$
6449	р. Хара-Мурин – п. Мурино	58	21,72	0,21	0,37	0	$2,37 \cdot 10^{-04}$	3,63	11,29	$1,38 \cdot 10^{-01}$
6461	р. Иркут – п. Тунка	35	7,84	0,15	0,04	0,12	$3,12 \cdot 10^{-07}$	6,51	29,78	$6,48 \cdot 10^{-04}$
6462	р. Иргут – п. Тибельты	35	9,52	0,17	0,28	0,24	$2,89 \cdot 10^{-04}$	3,54	7,25	$6,57 \cdot 10^{-02}$
6463	р. Иркут – п. Иркутск	60	9,23	0,17	0,43	0,14	$3,79 \cdot 10^{-06}$	5,43	21,54	$3,32 \cdot 10^{-02}$
6467	р. Китой – п. Дабады	20	17,83	0,15	0,41	0,13	$1,39 \cdot 10^{-02}$	1,86	2,22	$1,72 \cdot 10^{-01}$
6468	р. Китой – п. Китой	40	14,07	0,17	0,33	0,28	$1,32 \cdot 10^{-05}$	4,89	12,48	$3,48 \cdot 10^{-02}$
6469	р. Тойсук – п. Тальяны	31	11,71	0,23	0	0,2	$1,06 \cdot 10^{-06}$	5,98	61,31	$0,01 \cdot 10^{-09}$
6471	р. Белая – п. Мишелевка	23	10,73	0,16	0,3	0,39	$6,63 \cdot 10^{-03}$	2,18	5,69	$1,33 \cdot 10^{-01}$
6472	р. Урик – п. Санхар	33	12,49	0,13	0,36	0,12	$5,80 \cdot 10^{-02}$	1,24	2,42	$1,72 \cdot 10^{-01}$
6473	р. Малая Белая – п. Тунгусы	38	15,38	0,14	-0,03	0,12	$9,52 \cdot 10^{-05}$	4,03	13,23	$4,62 \cdot 10^{-03}$
6474	р. Онот – п. Онот	32	20,47	0,16	0,06	0,23	$7,82 \cdot 10^{-04}$	3,11	8,29	$4,20 \cdot 10^{-02}$
6476	р. Оса – п. Оса	30	2,46	0,32	0,86	0	$2,82 \cdot 10^{-03}$	2,55	8,03	$4,59 \cdot 10^{-02}$

6480	р. Ока – п. Усть-Када	27	8,09	0,17	0,38	0,3	$1,86 \cdot 10^{-06}$	5,74	25,89	$7,59 \cdot 10^{-04}$
6481	р. Танга – п. Хор-Танга	36	10,73	0,13	0,76	0,48	$1,92 \cdot 10^{-02}$	1,72	6,13	$5,38 \cdot 10^{-01}$
6482	р. Зима – п. Зулумай	48	9,37	0,25	-0,08	0,32	$7,10 \cdot 10^{-02}$	1,15	2,63	$1,72 \cdot 10^{-01}$
6483	р. Ия – п. Аршан	34	15,16	0,28	-0,48	0,61	$1,86 \cdot 10^{-03}$	2,73	6,69	$4,71 \cdot 10^{-01}$
6484	р. Ия – п. Тулун	59	10,36	0,19	0,39	0,12	$1,35 \cdot 10^{-02}$	1,87	9,54	$4,19 \cdot 10^{-01}$
6485	р. Икей – п. Икей	25	6,64	0,23	0,4	0	$6,50 \cdot 10^{-02}$	1,19	2,86	$1,72 \cdot 10^{-01}$
6486	р. Кирей – п. Уйгат	31	14,38	0,16	0,73	0,38	$3,68 \cdot 10^{-03}$	2,44	11,88	$1,18 \cdot 10^{-01}$
6487	р. Куржанка – п. Утай	20	1,95	0,31	0,85	0,15	$6,27 \cdot 10^{-03}$	2,21	6,17	$1,12 \cdot 10^{-01}$
6488	р. Вихоревка – п. Кузнецовка	21	4,16	0,24	0,4	0	$1,69 \cdot 10^{-01}$	0,77	4,23	$4,16 \cdot 10^{-01}$
6489	р. Вихоревка – п. Кобляково	35	5,59	0,26	-0,16	0,74	$6,89 \cdot 10^{-03}$	2,16	4,83	$6,60 \cdot 10^{-01}$
6490	р. Адучанка – п. Адучанка	21	3,29	0,36	1,06	0	$4,26 \cdot 10^{-02}$	1,37	5,55	$1,45 \cdot 10^{-01}$
6494	р. Тушама	28	3,19	0,28	0,55	0,04	$6,09 \cdot 10^{-04}$	3,22	8,72	$3,51 \cdot 10^{-02}$
6497	р. Карабула – п. Карабула	40	2,64	0,26	0,36	0	$2,10 \cdot 10^{-04}$	3,68	11,78	$4,22 \cdot 10^{-02}$
6499	р. Маньзая – п. Маньзая	20	4,54	0,24	-0,1	0	$4,74 \cdot 10^{-03}$	2,33	6,18	$1,12 \cdot 10^{-01}$
6500	р. Тасеева – п. Машуковка	61	5,92	0,18	0,08	0,08	$1,22 \cdot 10^{-06}$	5,92	14,6	$4,28 \cdot 10^{-02}$
6501	р. Уда – п. Саладжер	40	13,24	0,17	0,15	0	$3,43 \cdot 10^{-04}$	3,47	6,65	$8,56 \cdot 10^{-02}$
6502	р. Уда – п. Укар	54	10,33	0,19	0,21	0,03	$5,87 \cdot 10^{-06}$	5,24	12,63	$5,82 \cdot 10^{-03}$
6503	р. Уда – п. Широково	23	8,11	0,17	0,29	0	$1,73 \cdot 10^{-02}$	1,76	3,5	$1,72 \cdot 10^{-01}$
6504	р. Уда – п. Октябрьский	22	6,91	0,19	0,42	0,2	$2,39 \cdot 10^{-04}$	3,63	7,8	$5,50 \cdot 10^{-02}$
6507	р. Кадуй – п. Кадуй	29	2,94	0,34	0,52	0,02	$3,42 \cdot 10^{-04}$	3,47	11,04	$1,38 \cdot 10^{-01}$
6508	р. Чукша – п. Савельевка	40	4,76	0,23	0,35	0,2	$2,28 \cdot 10^{-04}$	3,65	9,63	$8,73 \cdot 10^{-02}$
6509	р. Бирюса – п. Неро	31	12,03	0,22	0,6	0,07	$5,27 \cdot 10^{-03}$	2,28	6,1	$1,11 \cdot 10^{-01}$
6512	р. Бирюса – п. Соляная	54	10,66	0,21	0,11	0	$1,91 \cdot 10^{-03}$	2,72	4,27	$1,72 \cdot 10^{-01}$
6513	р. Бирюса – п. Щиткино	46	9,08	0,2	0,29	0	$1,21 \cdot 10^{-04}$	3,92	10,23	$7,49 \cdot 10^{-02}$
6514	р. Бирюса – п. Федино	44	6,86	0,2	0,37	0	$3,86 \cdot 10^{-03}$	2,42	6,25	$2,87 \cdot 10^{-01}$
6515	р. Тагул – п. Георгиевка	35	13,1	0,18	0,08	0	$3,17 \cdot 10^{-04}$	3,5	8,21	$4,20 \cdot 10^{-02}$
6516	р. Гутара – п. Верхняя Гутара	30	15,12	0,18	0,23	0	$3,54 \cdot 10^{-04}$	3,46	6,7	$8,57 \cdot 10^{-02}$
6517	р. Туманшет – п. Венгерка	24	11,48	0,21	0,13	0,16	$3,16 \cdot 10^{-01}$	0,5	1,49	$1,72 \cdot 10^{-01}$

6520	р. Пойма – п. Абакумовка	31	7,17	0,31	0,25	0,08	$1,40 \cdot 10^{-03}$	2,86	10,61	$1,47 \cdot 10^{-02}$
6521	р. Пойма – п. Новая Пойма	38	5,32	0,32	0,4	0	$1,43 \cdot 10^{-02}$	1,85	3,99	$1,72 \cdot 10^{-01}$
6522	р. Узолка – п. Троицк	43	2,28	0,27	0,44	0	$1,36 \cdot 10^{-03}$	2,87	8,98	$1,17 \cdot 10^{-01}$
6523	р. Мурма – п. Мурма	24	4,18	0,27	0,23	0	$1,62 \cdot 10^{-02}$	1,79	6,16	$3,06 \cdot 10^{-01}$
6524	р. Татарка – п. Татарка	34	11,68	0,2	0,88	0,18	$2,93 \cdot 10^{-02}$	1,54	6,65	$4,71 \cdot 10^{-01}$
6532	р. Зун-Мурин – п. Улус Зун-Мурин	38	11,81	0,2	0,7	0	$8,78 \cdot 10^{-03}$	2,06	6,59	$2,69 \cdot 10^{-01}$
6537	р. Енисей – п. Кызыл	70	8,78	0,14	0,48	0,08	$8,93 \cdot 10^{-04}$	3,05	6,12	$1,11 \cdot 10^{-01}$
6546	р. Бол. Енисей – п. Тора-Хем	39	11,35	0,15	-0,14	0	$3,82 \cdot 10^{-02}$	1,42	3,57	$1,72 \cdot 10^{-01}$
6547	р. Бол. Енисей – п. Сейба	34	11,05	0,15	0,36	0	$2,72 \cdot 10^{-02}$	1,57	19,98	$6,76 \cdot 10^{-03}$
6548	р. Бол. Енисей – п. Кара-Хак	41	10,47	0,16	0,51	0	$4,66 \cdot 10^{-03}$	2,33	8,23	$3,15 \cdot 10^{-01}$
6549	р. Хамзара – п. Хамзара	26	18,37	0,14	0,29	0,07	$6,01 \cdot 10^{-03}$	2,22	4,65	$1,72 \cdot 10^{-01}$
6550	р. Систиг-Хем – п. Тозан	28	13,66	0,21	0,23	0	$6,14 \cdot 10^{-03}$	2,21	5,16	$1,72 \cdot 10^{-01}$
6553	р. Мал. Енисей – п. Усть-Ужеп	33	7,86	0,19	0,78	0,15	$3,74 \cdot 10^{-02}$	1,43	3,66	$1,72 \cdot 10^{-01}$
6554	р. Мал. Енисей – п. Усть-Ужеп	43	7,83	0,17	0,64	0,06	$2,32 \cdot 10^{-03}$	2,64	6,67	$8,57 \cdot 10^{-02}$
6555	р. Мал. Енисей – п. Кызыл	23	7	0,16	-0,09	0,05	$2,38 \cdot 10^{-04}$	3,63	18,66	$9,88 \cdot 10^{-03}$
6556	р. Мал. Енисей – п. Усть-Бельдур	20	7,35	0,15	0,16	0,08	$7,82 \cdot 10^{-02}$	1,11	3,81	$1,72 \cdot 10^{-01}$
6558	р. Бурен – п. Усть-Бурен	31	5,29	0,22	0,81	0,18	$7,34 \cdot 10^{-04}$	3,14	5,51	$3,69 \cdot 10^{-01}$
6559	р. Алегест – п. Хобу-Аксу	24	3,36	0,28	0,82	0,6	$4,30 \cdot 10^{-02}$	1,37	3,68	$4,16 \cdot 10^{-01}$
6562	р. Ус – п. Арадан	23	25,95	0,19	-0,1	0	$1,67 \cdot 10^{-03}$	2,78	10,79	$1,18 \cdot 10^{-03}$
6563	р. Ус – п. Усть-Золотая	45	10,55	0,18	0,14	0	$2,33 \cdot 10^{-05}$	4,64	13,09	$2,33 \cdot 10^{-02}$
6565	р. Оя – п. Ермаковское	45	13,25	0,21	0,2	0,07	$2,00 \cdot 10^{-05}$	4,7	20,2	$4,49 \cdot 10^{-02}$
6566	р. Кебеж – п. Григорьевка	42	17,98	0,21	0,44	0,1	$6,55 \cdot 10^{-05}$	4,19	15,78	$7,79 \cdot 10^{-02}$
6570	р. Абакан – п. Райков	43	12,18	0,18	0,29	0	$2,09 \cdot 10^{-03}$	2,68	7,09	$6,37 \cdot 10^{-01}$
6571	р. Она – п. Малый Анзас	40	13,8	0,19	0	0	$7,70 \cdot 10^{-05}$	4,12	39,24	$0,01 \cdot 10^{-09}$
6572	р. Большой Он – п. Большой	28	15,67	0,21	-0,11	0,03	$3,35 \cdot 10^{-01}$	0,48	1,53	$1,72 \cdot 10^{-01}$

	Он									
6573	р. Джебаш – п. Джебаш	41	11,85	0,26	0,33	0,14	$1,27 \cdot 10^{-02}$	1,9	3,79	$1,72 \cdot 10^{-01}$
6574	р. Ташип – п. Ташип	36	13,26	0,23	0,73	0	$2,66 \cdot 10^{-05}$	4,58	16,45	$6,69 \cdot 10^{-02}$
6575	р. Уйбат – п. Усть-Бур	20	1,85	0,25	1,07	0,3	$1,69 \cdot 10^{-02}$	1,77	8	$4,59 \cdot 10^{-02}$
6576	р. Туба – п. Бугуртак	71	23,47	0,15	0,27	0	$5,07 \cdot 10^{-06}$	5,3	15,34	$1,82 \cdot 10^{-03}$
6577	р. Казыр – п. Казыр	42	27,01	0,15	0,31	0	$4,13 \cdot 10^{-06}$	5,39	20,77	$4,52 \cdot 10^{-02}$
6578	р. Казыр – п. Таяты	34	25,38	0,17	0,43	0	$1,43 \cdot 10^{-02}$	1,85	4,84	$4,16 \cdot 10^{-01}$
6579	р. Кизир – п. Имисское	36	26,34	0,14	0,3	0	$2,22 \cdot 10^{-04}$	3,66	9,53	$9,41 \cdot 10^{-02}$
6580	р. Амуль – п. Верх. Кужебар	26	25,77	0,19	0,23	0,04	$8,52 \cdot 10^{-02}$	1,07	2,64	$1,72 \cdot 10^{-01}$
6581	р. Амуль – п. Качулька	44	21,46	0,18	0,02	0,09	$6,53 \cdot 10^{-03}$	2,19	5,56	$3,69 \cdot 10^{-01}$
6582	р. Шадат – п. Усть-Шадат	32	26,79	0,18	0,04	0	$3,32 \cdot 10^{-02}$	1,48	2,98	$1,72 \cdot 10^{-01}$
6583	р. Копь – п. Черепаховка	37	16,4	0,22	0,22	0,09	$4,23 \cdot 10^{-03}$	2,38	4,64	$1,72 \cdot 10^{-01}$
6584	р. Ирба – п. Большая Ирба	33	6,12	0,25	0,99	0	$6,59 \cdot 10^{-03}$	2,18	5,2	$3,91 \cdot 10^{-01}$
6585	р. Суда – п. Отрок	27	12,23	0,28	0,52	0,13	$5,77 \cdot 10^{-03}$	2,24	5,05	$1,71 \cdot 10^{-01}$
6586	р. Сисим – п. Березовая	28	12,3	0,27	-0,21	0	$1,11 \cdot 10^{-02}$	1,96	5,52	$1,45 \cdot 10^{-01}$
6587	р. Мана – п. Манский	53	10,77	0,18	0,25	0,13	$1,20 \cdot 10^{-06}$	5,93	26,14	$4,95 \cdot 10^{-04}$
6589	р. Кача – п. Емельяново	27	6,67	0,22	0,58	0,2	$1,95 \cdot 10^{-02}$	1,71	6,33	$2,87 \cdot 10^{-01}$
6593	р. Кан – п. Иребейское	53	11,16	0,18	0,57	0	$3,79 \cdot 10^{-05}$	4,43	8,62	$1,26 \cdot 10^{-01}$
6594	р. Канск – п. Канск	59	10,6	0,2	0,4	0	$1,65 \cdot 10^{-02}$	1,78	4,9	$4,16 \cdot 10^{-01}$
6595	р. Кан – п. Подпорог	49	7,97	0,2	0,77	0,14	$5,40 \cdot 10^{-05}$	4,27	18,67	$7,05 \cdot 10^{-02}$
6596	р. Анжа – п. Агинское	34	6,67	0,28	0,7	0,21	$4,74 \cdot 10^{-02}$	1,33	4,19	$1,72 \cdot 10^{-01}$
6597	р. Агуль – п. Путропавловка первая	42	11,83	0,2	0,38	0	$6,01 \cdot 10^{-03}$	2,22	5,99	$3,26 \cdot 10^{-01}$
6598	р. Кунгус – п. Ильинка	33	10,31	0,26	0,66	0,09	$2,27 \cdot 10^{-01}$	0,65	1,5	$2,54 \cdot 10^{-02}$
6601	р. Бузим – п. Малиновка	20	1,55	0,47	1,36	0,2	$1,23 \cdot 10^{-02}$	1,91	5,88	$1,22 \cdot 10^{-01}$
6602	р. Нижняя – п. Подъемная	27	4,05	0,28	0,37	0,04	$1,25 \cdot 10^{-01}$	0,9	1,82	$1,72 \cdot 10^{-01}$
6603	р. Зырянка – п. Потапово	20	9,15	0,2	-0,07	0	$4,56 \cdot 10^{-03}$	2,34	9,12	$2,52 \cdot 10^{-01}$
6605	р. Белая – п. Бельское	39	4,63	0,29	1,01	0,04	$2,12 \cdot 10^{-03}$	2,68	9,22	$2,12 \cdot 10^{-01}$

6607	р. Бол. Пит - п. База Сухой Пит	34	10,47	0,17	0,33	0	$1,09 \cdot 10^{-03}$	2,97	13,68	$6,06 \cdot 10^{-02}$
6608	р. Сухой Пит – п. База Сухой Пит	26	15,73	0,17	0,18	0	$1,04 \cdot 10^{-03}$	2,99	7,02	$7,17 \cdot 10^{-02}$
6609	р. Каз – п. Александровский	39	7	0,16	0,56	0,26	$3,03 \cdot 10^{-02}$	1,52	5,15	$6,60 \cdot 10^{-01}$
6610	р. Сым – п. Сым	32	8,3	0,14	0,34	0,09	$5,36 \cdot 10^{-03}$	2,27	4,47	$1,72 \cdot 10^{-01}$
6611	р. Дубчес – п. Сандакчес	27	10,76	0,18	-0,22	0	$1,50 \cdot 10^{-02}$	1,83	4,48	$1,72 \cdot 10^{-01}$
6612	р. Подкаменная Тунгуска – п. Чемдаль	30	6,35	0,21	0,77	0,46	$2,47 \cdot 10^{-01}$	0,61	2,65	$1,72 \cdot 10^{-01}$
6616	р. Чуня – п. Стрелка Чуня	25	4,98	0,36	0,94	0,24	$4,21 \cdot 10^{-04}$	3,38	6,53	$9,36 \cdot 10^{-02}$
6619	р. Тея – п. Тея	26	14,6	0,2	0	0,24	$3,47 \cdot 10^{-03}$	2,46	6,71	$2,52 \cdot 10^{-01}$
6620	р. Елогуй – п. Елогуй	37	10,19	0,19	1,18	0,56	$2,51 \cdot 10^{-03}$	2,6	6,56	$9,36 \cdot 10^{-02}$
6621	р. Нижняя Тунгуска – п. Карелино	28	4,54	0,27	0,68	0,4	$4,61 \cdot 10^{-02}$	1,34	4,14	$1,72 \cdot 10^{-01}$
6622	р. Нижняя Тунгуска – п. Подволошино	61	4,26	0,26	0,4	0,37	$4,85 \cdot 10^{-05}$	4,32	11,41	$1,17 \cdot 10^{-02}$
6623	р. Ниж. Тунгуска – п. Ербогачён	44	3,75	0,21	0,19	0,34	$5,77 \cdot 10^{-04}$	3,24	7,11	$7,18 \cdot 10^{-02}$
6628	р. Непа – п. Ика	31	4,13	0,27	0,54	0,21	$5,04 \cdot 10^{-03}$	2,3	9,2	$2,52 \cdot 10^{-01}$
6629	р. Тембенчи – п. Тембенчи	43	13,37	0,15	0,31	0,03	$4,83 \cdot 10^{-03}$	2,32	4,72	$1,72 \cdot 10^{-01}$
6631	р. Урачимо – п. Большой Порог	36	15,31	0,17	-0,01	0,06	$2,62 \cdot 10^{-02}$	1,58	8,53	$4,94 \cdot 10^{-01}$
6632	р. Турухан – п. Янин Стан	50	10,66	0,17	0,21	0	$7,63 \cdot 10^{-08}$	7,13	22,18	$8,78 \cdot 10^{-03}$
6634	р. Гравийка – п. Игарка	44	15,73	0,2	0,24	0	$2,45 \cdot 10^{-04}$	3,62	7,9	$5,03 \cdot 10^{-02}$
6644	р. Ерзин – п. Ерзин	28	5,43	0,19	0,84	0,04	$1,94 \cdot 10^{-03}$	2,72	10,72	$1,61 \cdot 10^{-01}$
8168	р. Ушаковка – п. Добролет	31	7,39	0,37	0,3	0,11	$6,93 \cdot 10^{-03}$	2,16	5,05	$1,71 \cdot 10^{-01}$
8173	р. Куда – п. Ахину	25	3,24	0,48	0,85	0,32	$6,36 \cdot 10^{-02}$	1,2	3,51	$1,72 \cdot 10^{-01}$
8178	р. Харат – п. Харат	24	5,9	0,24	0,21	0,38	$4,76 \cdot 10^{-03}$	2,32	5,94	$1,22 \cdot 10^{-01}$
8256	р. Ужет – п. Тракт-Ужет	31	3,62	0,3	0,96	0	$2,34 \cdot 10^{-04}$	3,63	6,13	$1,12 \cdot 10^{-01}$

8269	р. Большой Верблюд – п. Сарахчет	22	6,05	0,23	0,5	0,02	$5,80 \cdot 10^{-04}$	3,24	11,33	$1,17 \cdot 10^{-02}$
8292	р. Мизин – п. Сизим	37	6,19	0,31	0,77	0,11	$7,09 \cdot 10^{-04}$	3,15	5,02	$1,71 \cdot 10^{-01}$
8294	р. Шагонар – п. Арускан	23	5,72	0,4	0,81	0,35	$3,39 \cdot 10^{-01}$	0,47	1,32	$1,72 \cdot 10^{-01}$
8299	р. Араданка – п. Арадан	20	23,82	0,17	0,49	0	$1,53 \cdot 10^{-02}$	1,82	5,82	$3,26 \cdot 10^{-01}$
8310	р. Большая Шиш – п. Иджа	37	7,16	0,29	0,27	0,08	$3,17 \cdot 10^{-06}$	5,51	19,99	$1,55 \cdot 10^{-03}$
8313	р. Мигна – п. Мигна	20	5,95	0,31	0,39	0,34	$4,78 \cdot 10^{-02}$	1,32	3,85	$1,72 \cdot 10^{-01}$
8316	р. Матур – п. Матур	22	17,49	0,19	0,06	0,08	$2,56 \cdot 10^{-01}$	0,59	1,56	$1,72 \cdot 10^{-01}$
8318	р. Тея – п. Сакеев	28	6,73	0,29	1	0,07	$1,99 \cdot 10^{-03}$	2,7	12,37	$1,00 \cdot 10^{-01}$
8320	р. Табат – п. Табат	34	7,93	0,33	0,4	0,14	$3,70 \cdot 10^{-03}$	2,43	7,77	$1,80 \cdot 10^{-01}$
8321	р. Аскиз – п. Казановка	32	7,74	0,23	0,59	0	$9,71 \cdot 10^{-05}$	4,02	13,1	$2,33 \cdot 10^{-02}$
8323	р. Бея – п. Бея	33	3,56	0,41	0,76	0,18	$7,19 \cdot 10^{-02}$	1,14	2,61	$1,72 \cdot 10^{-01}$
8324	р. Уйбат – п. Казарма на 371 км ж/д	20	1,66	0,24	0,4	0,51	$1,53 \cdot 10^{-03}$	2,82	9,95	$2,00 \cdot 10^{-01}$
8326	р. Тюхтяты – п. Тюхтяты	23	15,9	0,26	0,82	0,16	$2,48 \cdot 10^{-03}$	2,61	5,85	$1,22 \cdot 10^{-01}$
8330	р. Амуль – п. Верхний Амуль	25	18,18	0,21	0,5	0	$6,16 \cdot 10^{-03}$	2,21	8,05	$1,56 \cdot 10^{-01}$
8346	р. Бирюса – п. Верхняя Бирюса	24	10,28	0,23	-0,1	0,19	$2,93 \cdot 10^{-03}$	2,54	6,94	$7,85 \cdot 10^{-02}$
8348	р. Мана – п. Кой	25	15,68	0,16	0,6	0	$1,43 \cdot 10^{-01}$	0,85	3,73	$4,16 \cdot 10^{-01}$
8354	р. Большая Тель – п. Большой Бальчуг	37	5,45	0,23	0,47	0,08	$5,03 \cdot 10^{-03}$	2,3	6,63	$2,52 \cdot 10^{-01}$
8357	р. Рыбная – п. Вершино-Рыбный	40	5,18	0,31	0,9	0,34	$3,89 \cdot 10^{-02}$	1,41	2,99	$1,72 \cdot 10^{-01}$
8360	р. Галикина – п. Сотниково	21	4,97	0,27	0,2	0	$4,68 \cdot 10^{-03}$	2,33	13,39	$2,33 \cdot 10^{-02}$
8361	р. Каменка – п. Каменск	20	9,63	0,31	0,01	0,17	$1,07 \cdot 10^{-02}$	1,97	5,4	$3,68 \cdot 10^{-01}$
8362	р. Черная – п. Черное (зимовье)	23	15,95	0,21	0,56	0	$4,87 \cdot 10^{-01}$	0,31	1,75	$1,72 \cdot 10^{-01}$
8365	р. Малый Кас – п. Марьина Грива	34	5,65	0,24	0,19	0,4	$2,51 \cdot 10^{-04}$	3,6	16,5	$6,69 \cdot 10^{-02}$

р. Колыма

5855	р. Колыма – п. Оротук	40	6,49	0,26	0,13	0	$2,52 \cdot 10^{-04}$	3,6	10,54	$1,61 \cdot 10^{-01}$
5856	р. Колыма – п. Дусканья	32	6,66	0,25	-0,04	0,11	$3,18 \cdot 10^{-02}$	1,5	7,5	$3,88 \cdot 10^{-01}$
5857	р. Колыма – п. Синегорье	37	7,46	0,27	-0,16	0,07	$5,82 \cdot 10^{-04}$	3,24	11,97	$1,18 \cdot 10^{-01}$
5858	р. Колыма – п. Усть-Среднекан	67	7,33	0,23	-0,16	0,11	$1,82 \cdot 10^{-03}$	2,74	5,91	$3,26 \cdot 10^{-01}$
5859	р. Айан-Юрях – п. Амтегей	37	6,98	0,23	0,1	0	$1,39 \cdot 10^{-04}$	3,86	16,51	$2,08 \cdot 10^{-02}$
5865	р. Кулу – п. Кулу	53	9,22	0,22	-0,19	0,09	$4,02 \cdot 10^{-03}$	2,4	10,56	$3,10 \cdot 10^{-01}$
5874	р. Детрин – п. Детрин	42	9,81	0,26	0,52	0	$1,33 \cdot 10^{-04}$	3,88	12,62	$8,49 \cdot 10^{-02}$
5875		25	9,69	0,24	0,18	0,11	$4,09 \cdot 10^{-02}$	1,39	3,19	$1,72 \cdot 10^{-01}$
5878	р. Бохлача – п. 5,4 км от устья	62	9,11	0,25	0,58	0	$2,33 \cdot 10^{-05}$	4,64	15,18	$9,07 \cdot 10^{-02}$
5884	р. Таскан – п. Таскан 2	54	7,11	0,25	-0,02	0,05	$4,20 \cdot 10^{-05}$	4,38	12,32	$1,00 \cdot 10^{-01}$
5889	р. Буюнда – 3 км. ниже устья р. Бур	35	9,36	0,26	0,77	0,2	$1,76 \cdot 10^{-04}$	3,76	11,19	$1,38 \cdot 10^{-01}$
5897	р. Сугой – 3,2 км ниже устья р. Омчикан	50	9,62	0,24	0,76	0	$3,48 \cdot 10^{-05}$	4,46	14,54	$1,05 \cdot 10^{-01}$
5917	р. Анадырь – п. Новый Еропол	31	10	0,23	0,78	0,02	$4,89 \cdot 10^{-03}$	2,31	7,21	$2,06 \cdot 10^{-01}$
5918	р. Анадырь – п. Снежное	31	9,37	0,17	0,16	0	$1,98 \cdot 10^{-02}$	1,71	4,12	$1,72 \cdot 10^{-01}$
5943	р. Большой Ануй – п. Константиново	23	5,38	0,27	0,56	0,18	$1,98 \cdot 10^{-01}$	0,71	1,85	$1,72 \cdot 10^{-01}$
5951	р. Колыма - п. Среднеколымск	68	6,08	400	10,2	22	$1,58 \cdot 10^{-06}$	5,81		$6,60 \cdot 10^{-01}$
5952	р. Колыма – п. Колымское	23	6,19	400	10,2	22	$2,42 \cdot 10^{-03}$	2,62		$4,16 \cdot 10^{-01}$
8086	р. Энмываам – п. Мухоморово	27	8,42	0,26	0,68	0	$5,47 \cdot 10^{-03}$	2,26	4,88	$1,72 \cdot 10^{-01}$
8092	р. Гижига – п. 20 км от устья	32	12,97	0,23	0,12	0	$6,12 \cdot 10^{-02}$	1,21	2,6	$1,72 \cdot 10^{-01}$
8107	р. Тауй – п. Талон	23	13,82	0,24	0,5	0,3	$2,15 \cdot 10^{-02}$	1,67	3,83	$1,72 \cdot 10^{-01}$

Как видно в таблице 3.5, для всех рассматриваемых рек вероятность случайного появления полимодальности имеет низкие значения и колеблется в пределах от $1 \cdot 10^{-10}$ (р. Бол. Речка – п. Троицкое) до $5,41 \cdot 10^{-01}$ (р. Киренга – п. Карам). Это свидетельствует о том, что появление эмпирической полимодальности не случайно и является следствием действительно существующей полимодальности. При уровне значимости 0,01 неоднородность ЗР величины годового стока, выраженная в чередовании интервалов повышенной и пониженной плотности точек, наблюдается в 71% случаев, при уровне значимости 0,001 – в 41% случаев.

Полученные результаты о широком распространении полимодальности законов распределения годового стока могут быть «усилены» на основе зависимости показателя степени полимодальности Pl от длины ряда, как показано в работе [42]. Рисунок 3. иллюстрирует сильную зависимость Pl от n , это говорит о том, что при больших длинах выборки «проявляются» моды, имеющие малую вероятность появления.

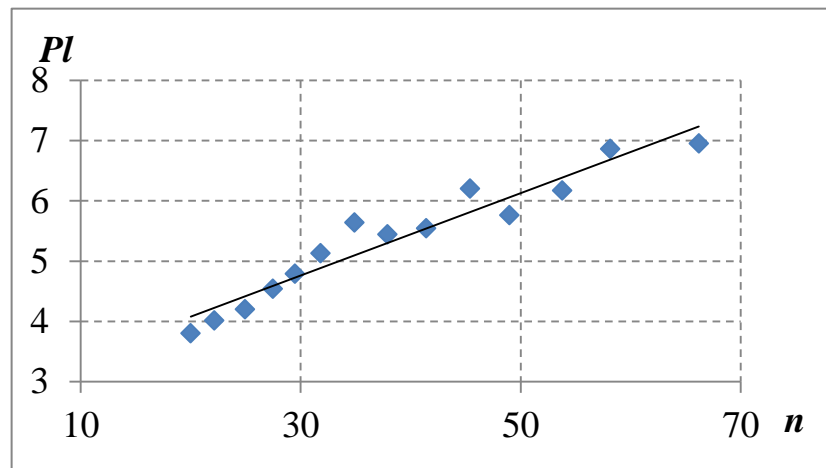


Рисунок 3.4. Зависимость критерия Лобанова (Pl) от длины выборки (n)

В таблице 3.6 приведены значения чередующихся интервалов повышенной и пониженной плотности p_i числа точек m_i в них для некоторых рек Сибири и Дальнего Востока, на рисунках 3.5-3.10 показаны эмпирические и сглаживающие их аналитические кривые обеспеченности для этих постов.

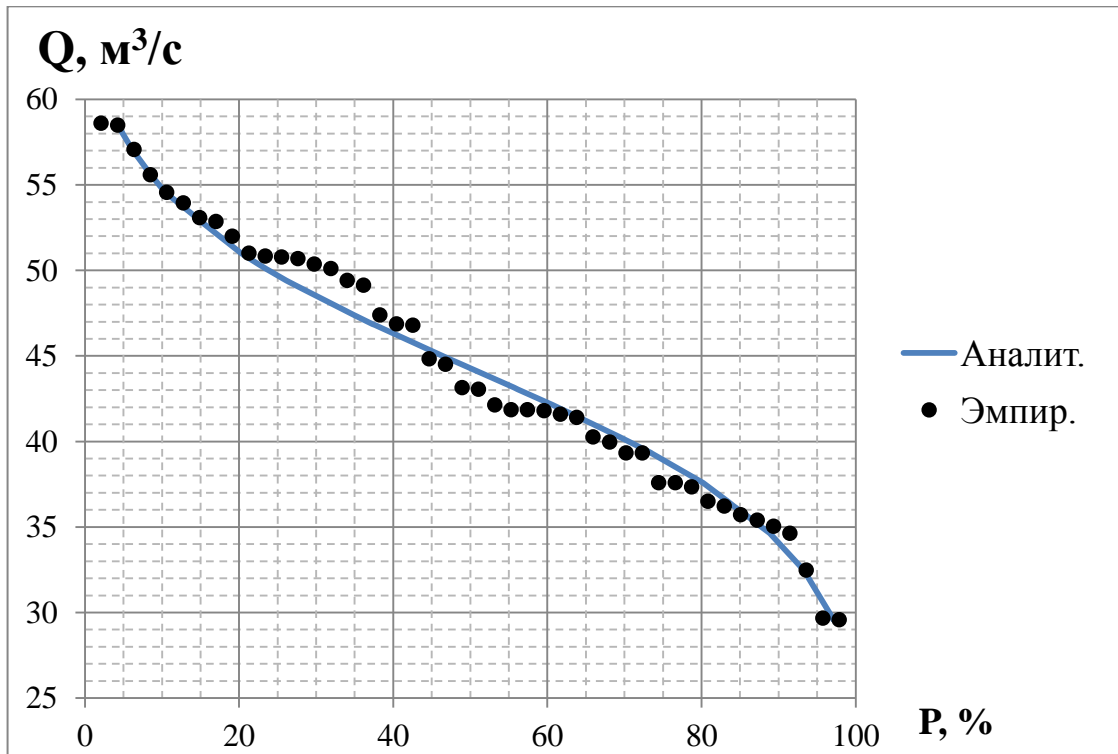


Рисунок 3.5. Кривая обеспеченности среднегодовых расходов воды п. 6795 р. Белый Июс. - п. Малая Сья

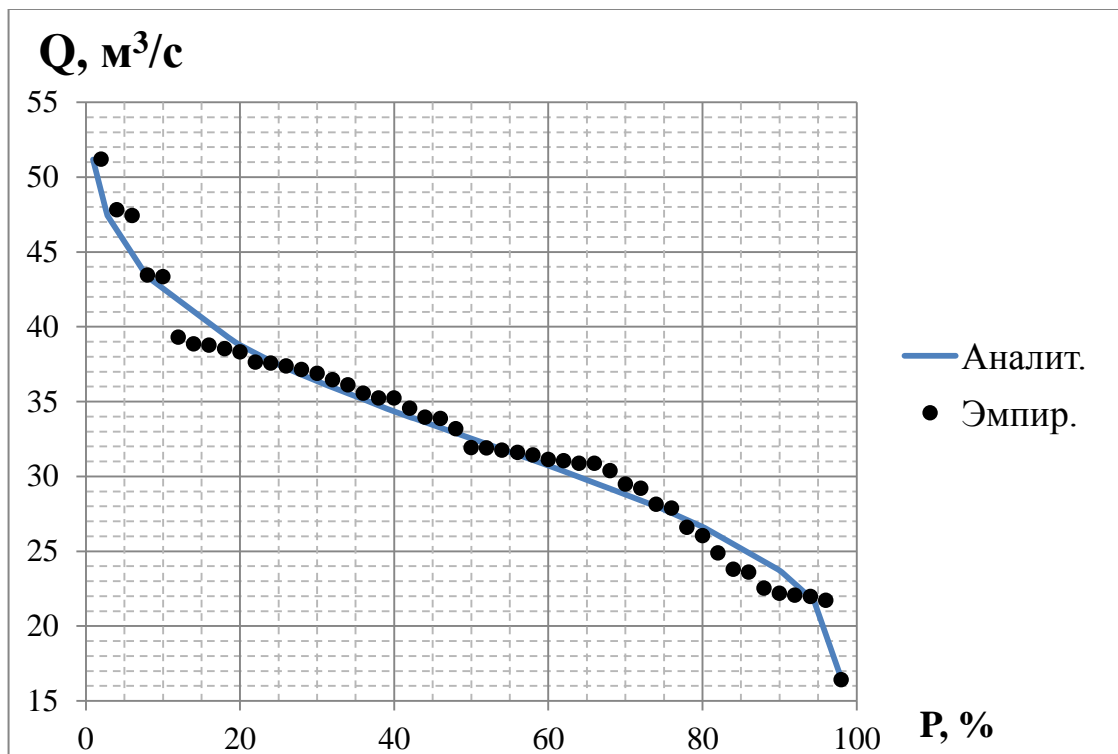


Рисунок 3.6. Кривая обеспеченности среднегодовых расходов воды п. 6802 р. Урюп. - п. Изындаево

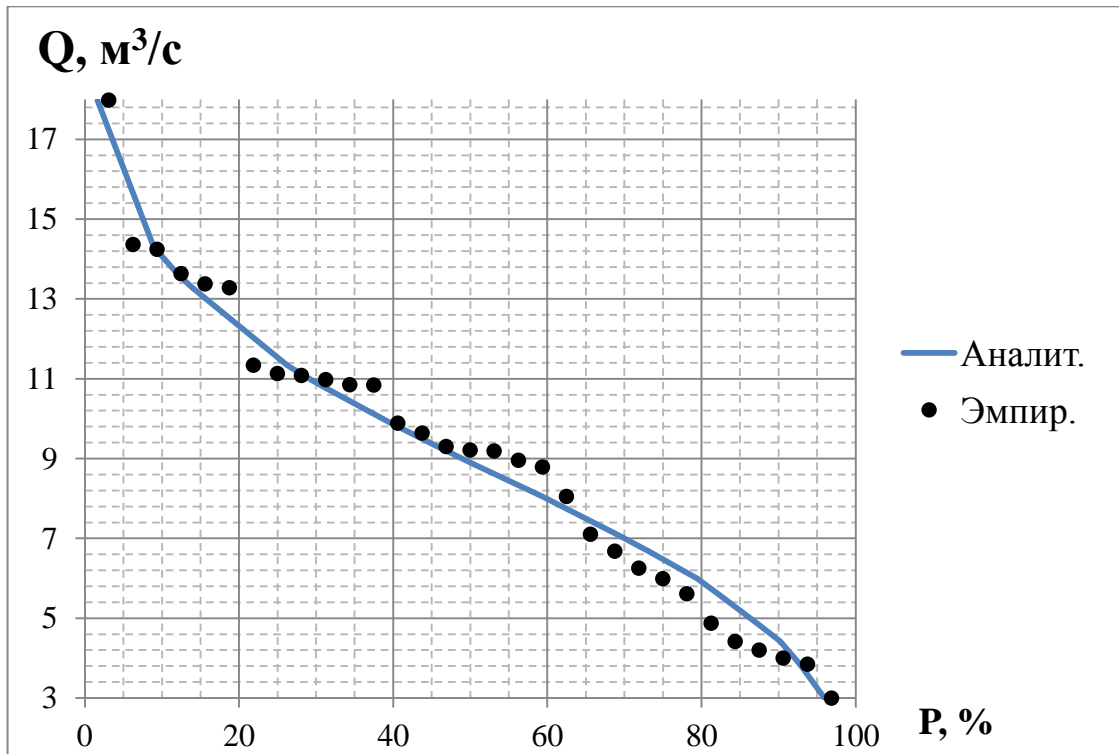


Рисунок 3.7. Кривая обеспеченности среднегодовых расходов воды п. 6152 р. Куленга - п. Белоусова

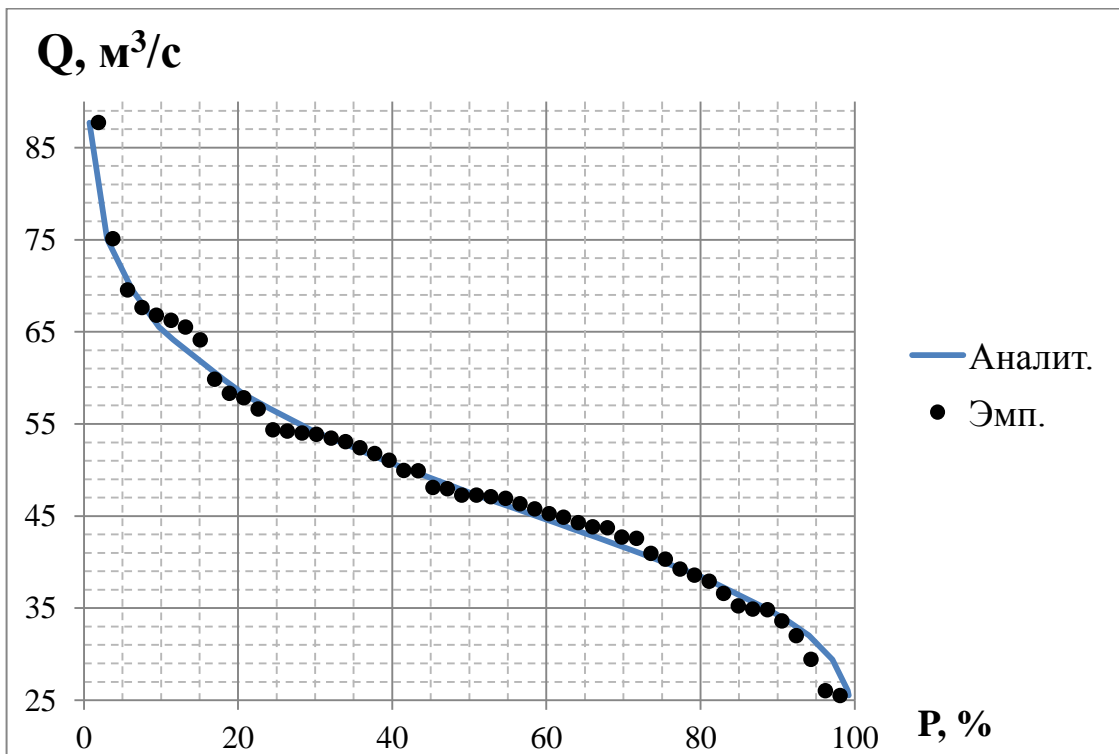


Рисунок 3.8. Кривая обеспеченности среднегодовых расходов воды п. 6206 р. Пеледуй - п. Сользавод

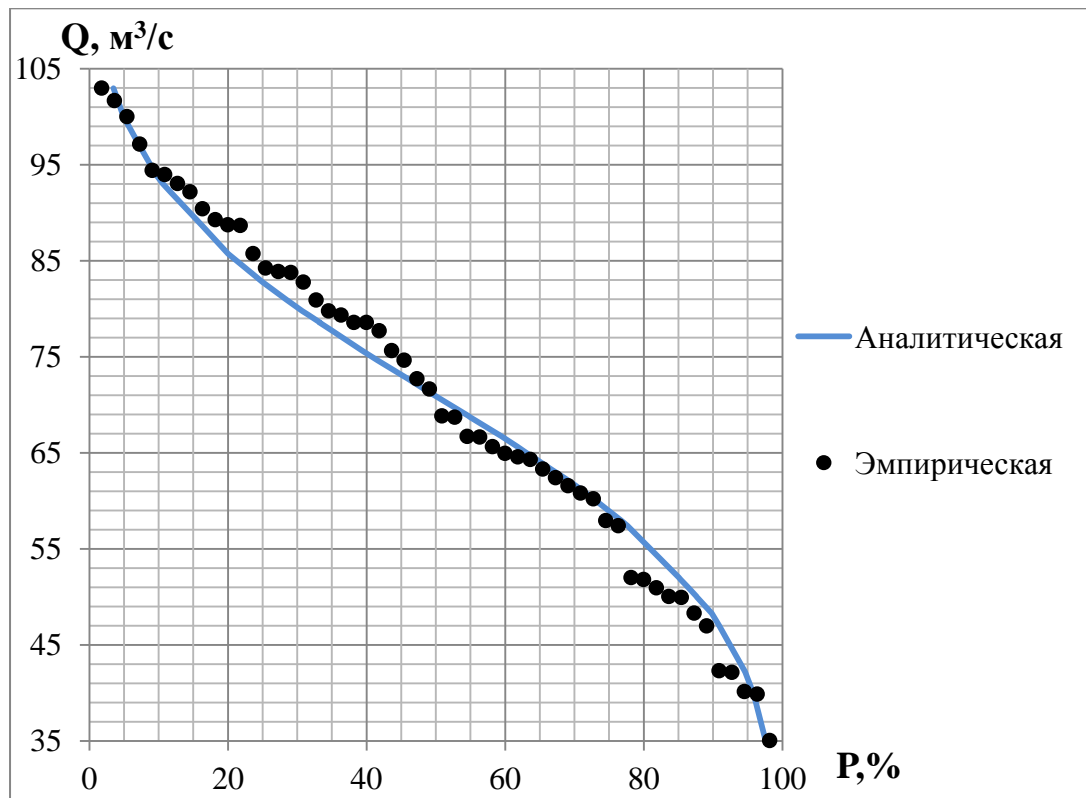


Рисунок 3.9. Кривая обеспеченности среднегодовых расходов воды п. 5884, р. Таскан. - п. Таскан

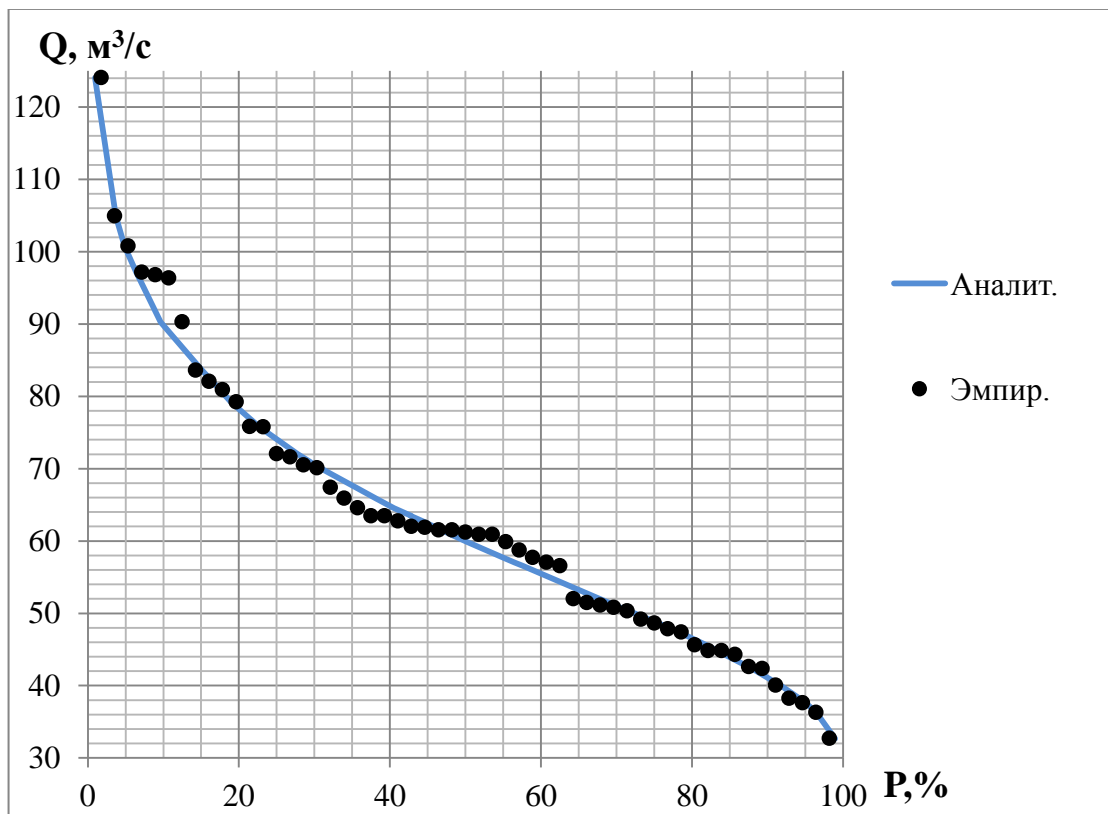


Рисунок 3.10. Кривая обеспеченности среднегодовых расходов воды п. 6225 р. Туолба - п. Алексеевка

Таблица 3.6 - Оценка вероятности случайного появления эмпирической полимодальности закона распределения годового стока некоторых рек Сибири и Дальнего Востока

№	п. 6795 р. Белый Июс – п. Малая Сыя		п. 6802 р. Урюп – п. Изындаево	
	p_i	m_i	p_i	m_i
1	0,34	17	0,08	5
2	0,02	0	0,02	0
3	0,04	3	0,36	19
4	0,02	0	0,02	0
5	0,53	26	0,48	25
P	$2,29 \cdot 10^{-05}$		$3,55 \cdot 10^{-05}$	
Pl	4,65		4,45	

№	п. 6152 р. Куленга - п. Белоусова		п. 6206 р. Пеледуй - п. Сользавод	
	p_i	m_i	p_i	m_i
1	0,16	6	0,13	8
2	0,03	0	0,02	0
3	0,16	6	0,06	4
4	0,03	0	0,02	0
5	0,22	8	0,19	11
6	0,03	0	0,02	0
7	0,31	11	0,53	29
P	$8,02 \cdot 10^{-07}$		$9,98 \cdot 10^{-05}$	
Pl	6,10		4,01	

№	п. 5884 р. Таскан – п. Таскан		п. 6225 р. Туолба - п. Алексеевка	
	p_i	m_i	p_i	m_i
1	0,2	12	0,11	7
2	0,02	0	0,02	0
3	0,18	11	0,09	6
4	0,02	0	0,02	0
5	0,05	4	0,05	4
6	0,02	0	0,02	0
7	0,25	15	0,3	18
8	0,02	0	0,02	0
9	0,2	12	0,34	20
P	$9,09 \cdot 10^{-08}$		$5,05 \cdot 10^{-07}$	
Pl	7,05		6,30	

Для определения того, насколько широко распространено в природе явление несоответствия эмпирических и аналитических ЗР, проявляющихся в виде полимодальности, была построена эмпирическая кривая обеспеченности используемого критерия Лобанова (Pl), и по ней определялась обеспеченность того значения критерия, которое соответствует принятому уровню значимости. Эта обеспеченность показывает, какой процент эмпирических законов распределения не соответствует аналитическому закону распределения, которым аппроксимируется эмпирическая кривая распределения. При уровне значимости 0,01 ($Pl=2$) процент эмпирических ЗР, не соответствующих аналитическому ЗР Пирсона III типа, равен 71%, при уровне значимости 0,001 ($Pl=3$) – 41%. При использовании критерия согласия Пирсона процент эмпирических ЗР, не соответствующих аналитическому ЗР, при уровнях значимости 0,01 и 0,001 составляет соответственно 26% и 5%.

3.3 Зависимость степени полимодальности законов распределения годового стока рек Сибири и Дальнего Востока от физико-географических характеристик и статистических параметров стока

Исследование зависимости характеристик степени полимодальности от физико-географических характеристик и статистических параметров стока проводилось с использованием разработанных программ Polimod и Ordinate, а также средствами программного продукта Microsoft Office Excel 2007.

В общем виде методика исследования имеет следующую последовательность:

1. Расчет статистических параметров и характеристик степени полимодальности для отдельной группы гидрологических постов.

Выделялись группы гидропостов, относящихся к бассейну р. Обь, Енисей, Лена, Анадырь и Колыма. Также были выполнены расчеты совместно для всех гидропостов арктического бассейна и совместно для бассейнов рек Енисей и Лена. В расчетах принимали участие только пункты с площадью водосбора не более 15000 км² с длиной выборки не менее 20 лет. Разделение всего массива данных на бассейны производилось исходя из их представления в исходной базе данных;

2. Ранжирование данных по широте водосбора и разбиение на 10 равных интервалов (рисунки 3.1-3.4);

3. Осреднение всех характеристик в пределах указанных интервалов. Таким образом, каждая точка на графике откладывается по значениям, полученным осреднением примерно одинакового количества постов. В корреляции не участвовали горные реки с отметками высот более 2000 м, бассейны которых имеют преимущественно восточную экспозицию, а также ледниковое и снеговое питание;

4. Построение графиков корреляционной связи количества мод и критерия Лобанова с физико-географическими факторами и статистическими параметрами стока;

5. Оценка значимости парного коэффициента корреляции при уровне значимости 5% по формуле:

$$2\sigma_r = \frac{2}{\sqrt{n-1}} \quad (3.8)$$

т.е. при гипотезе, что истинная корреляция отсутствует.

Как видно на рисунках 3.5 – 3.7, для пунктов наблюдений в бассейне р. Енисей наблюдается значимая обратная связь числа выделенных интервалов повышенной плотности точек с высотой в замыкающем створе ($r=-0,84$) и модулем стока ($r=-0,85$), и прямая – с температурой июля ($r=0,87$); для бассейна р. Обь наблюдается значимая обратная связь (рис. 3.8) с высотой в замыкающем створе (корреляционное отношение $\eta=-0,94$).

Группы точек в бассейне р. Обь

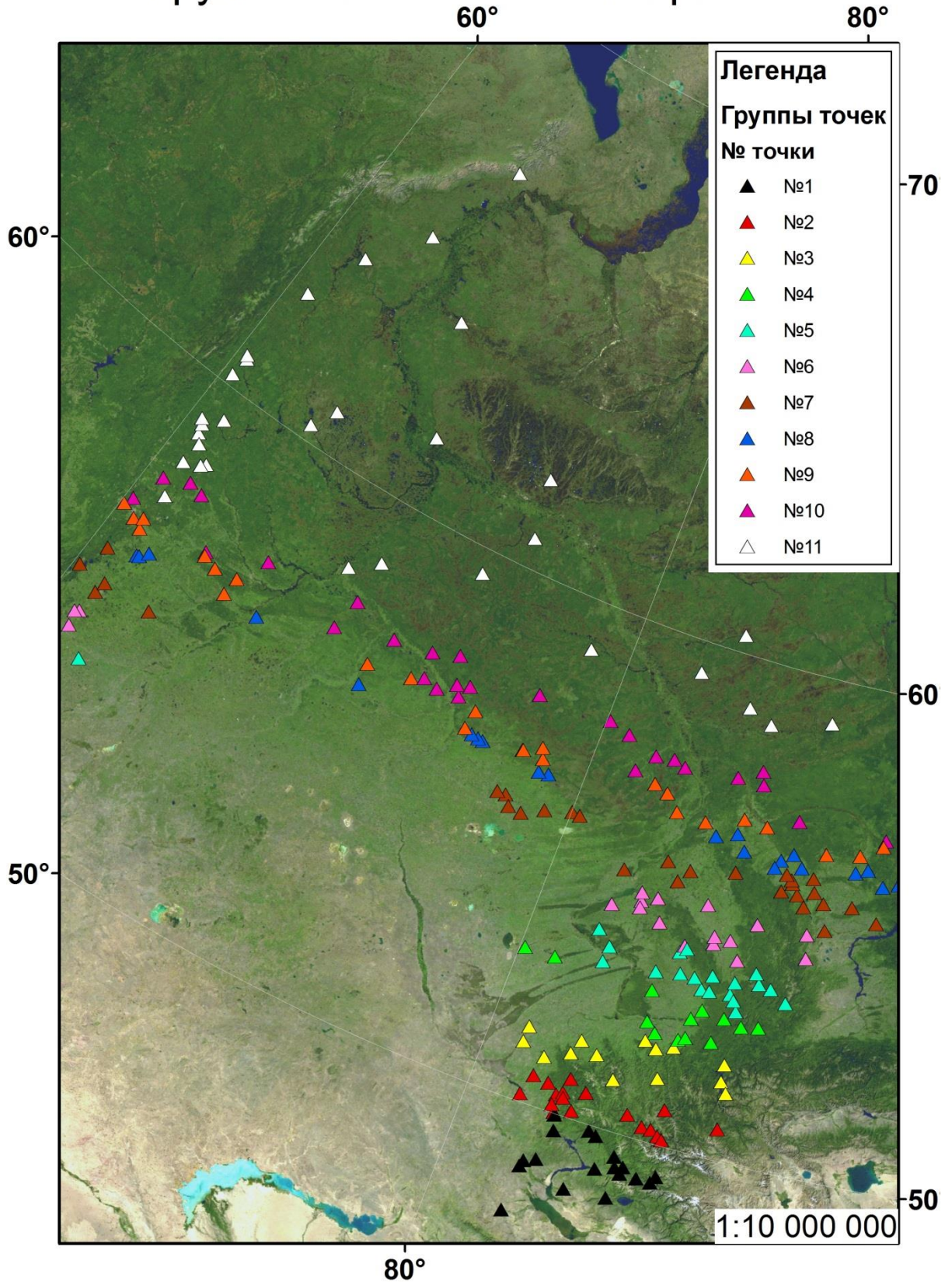


Рисунок 3.1. Разделение всех постов на интервалы по широте для бассейна р. Обь

Группы точек в бассейне р. Енисей

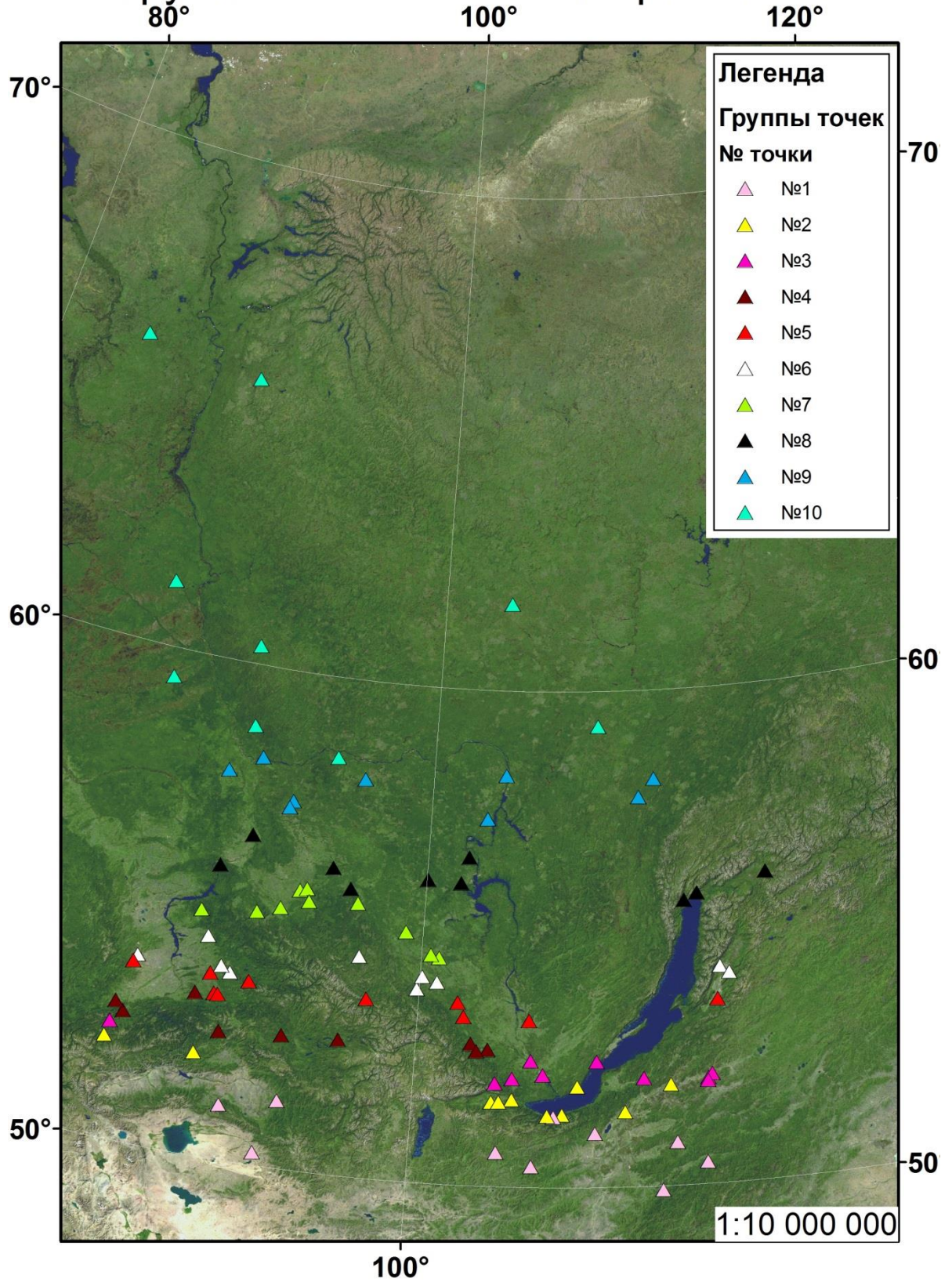


Рисунок 3.2. Разделение всех постов на интервалы по широте для бассейна р. Енисей

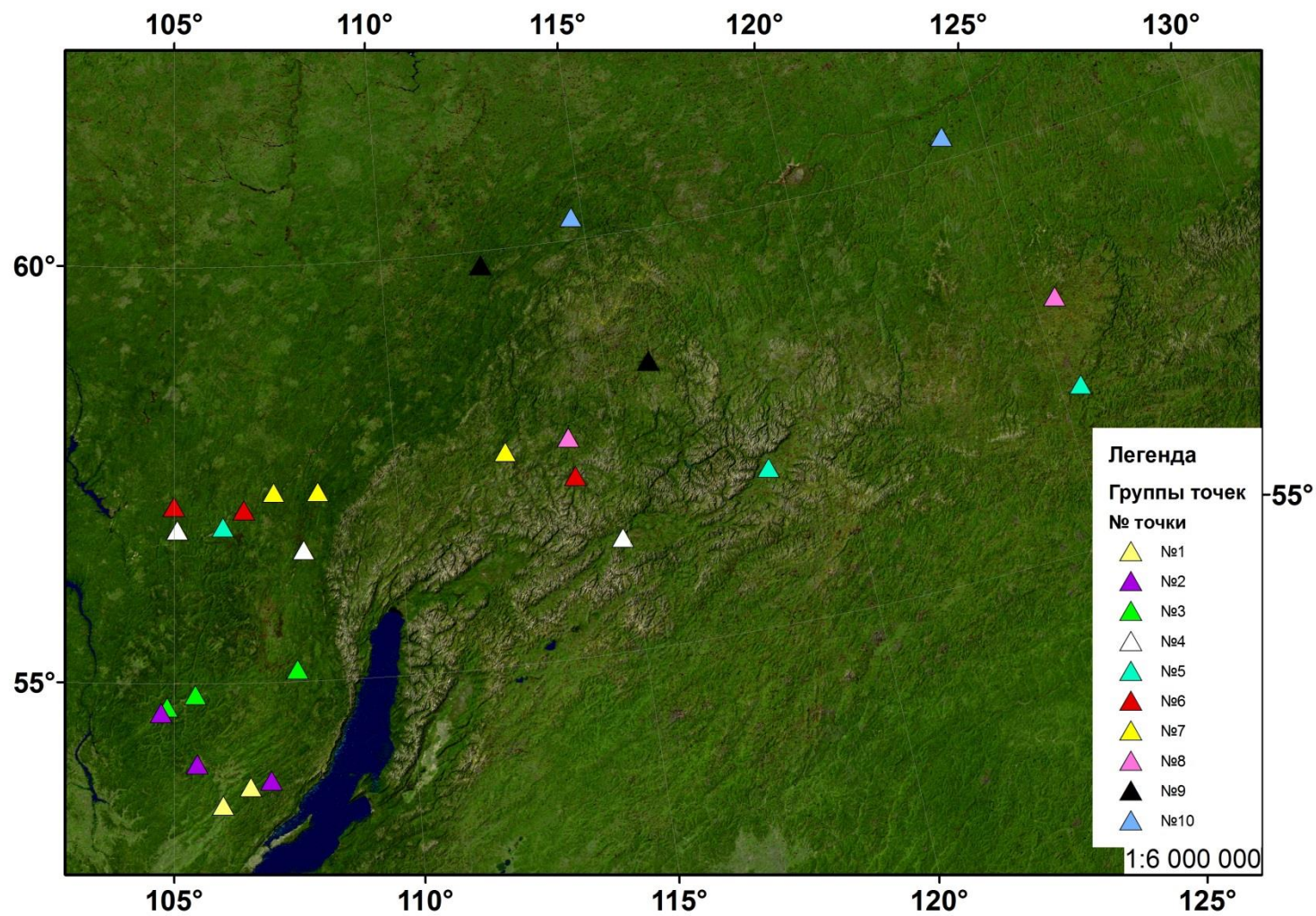


Рисунок 3.3. Разделение всех постов на интервалы по широте для бассейна р. Лена

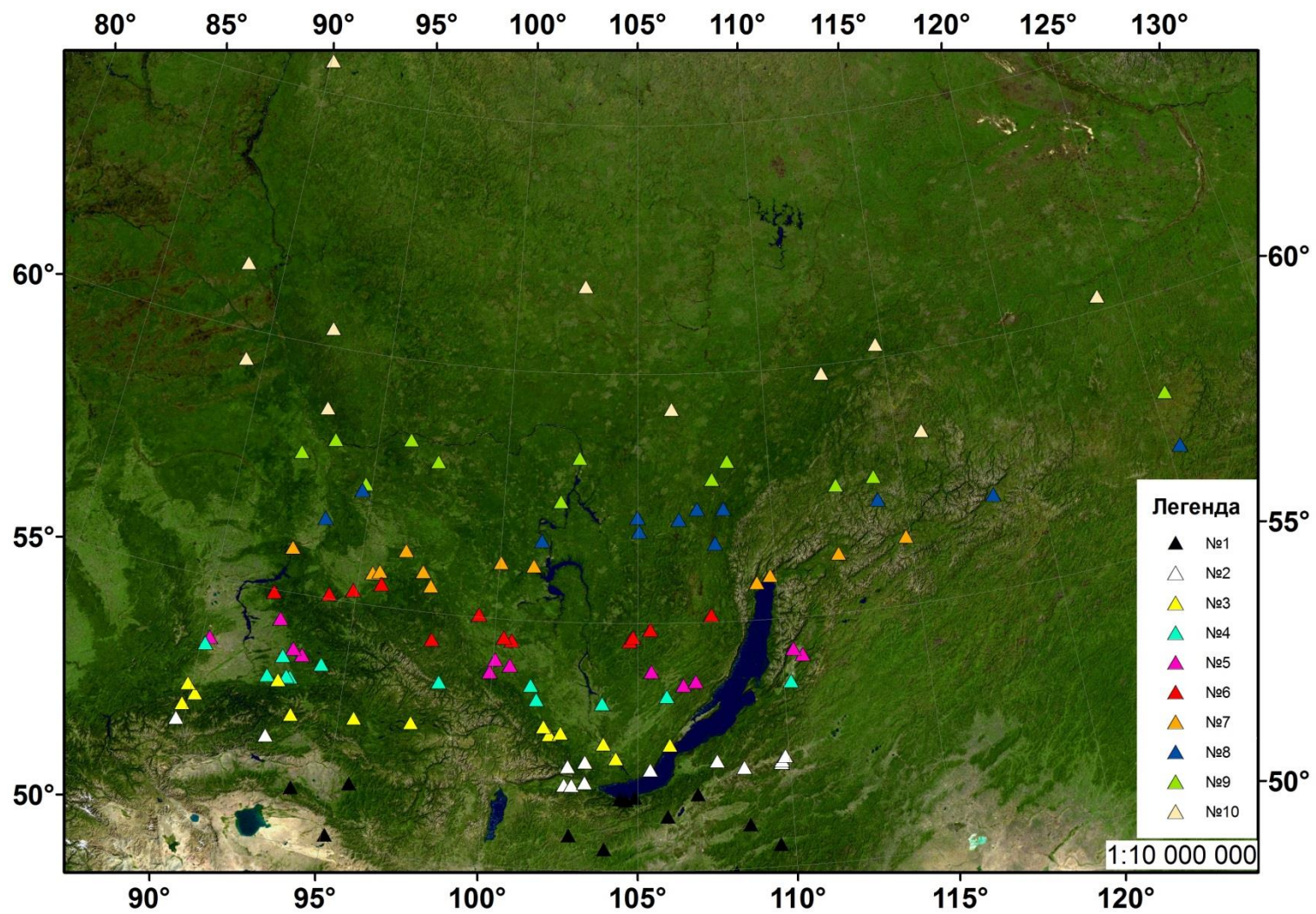


Рисунок 3.4. Разделение всех постов на интервалы по широте для бассейнов рек Лена и Енисей

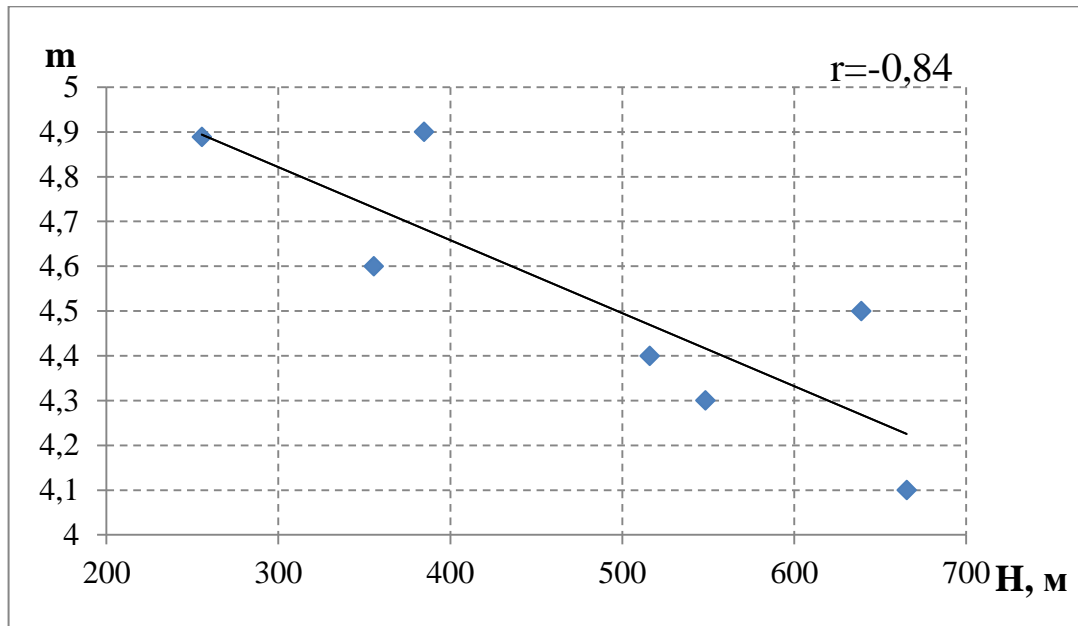


Рисунок 3.5. Зависимость числа выделенных интервалов повышенной плотности точек эмпирического закона распределения от высоты замыкающих створов рек бассейна Енисей

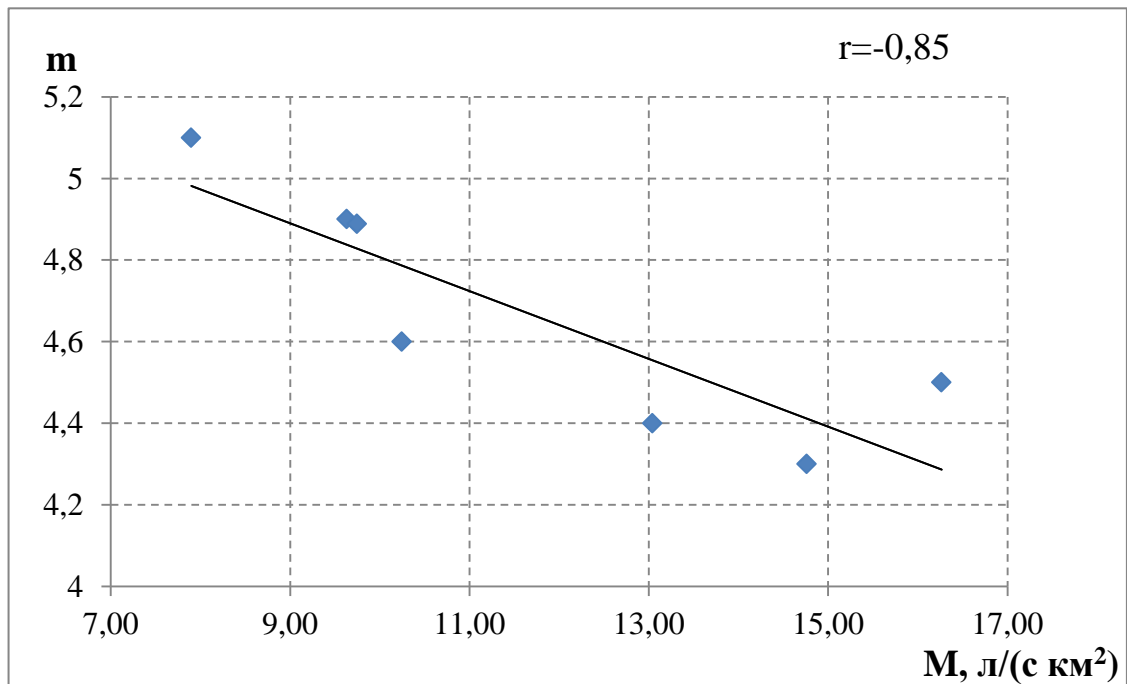


Рисунок 3.6. Зависимость числа выделенных интервалов повышенной плотности точек эмпирического закона распределения от модуля стока для бассейна р. Енисей

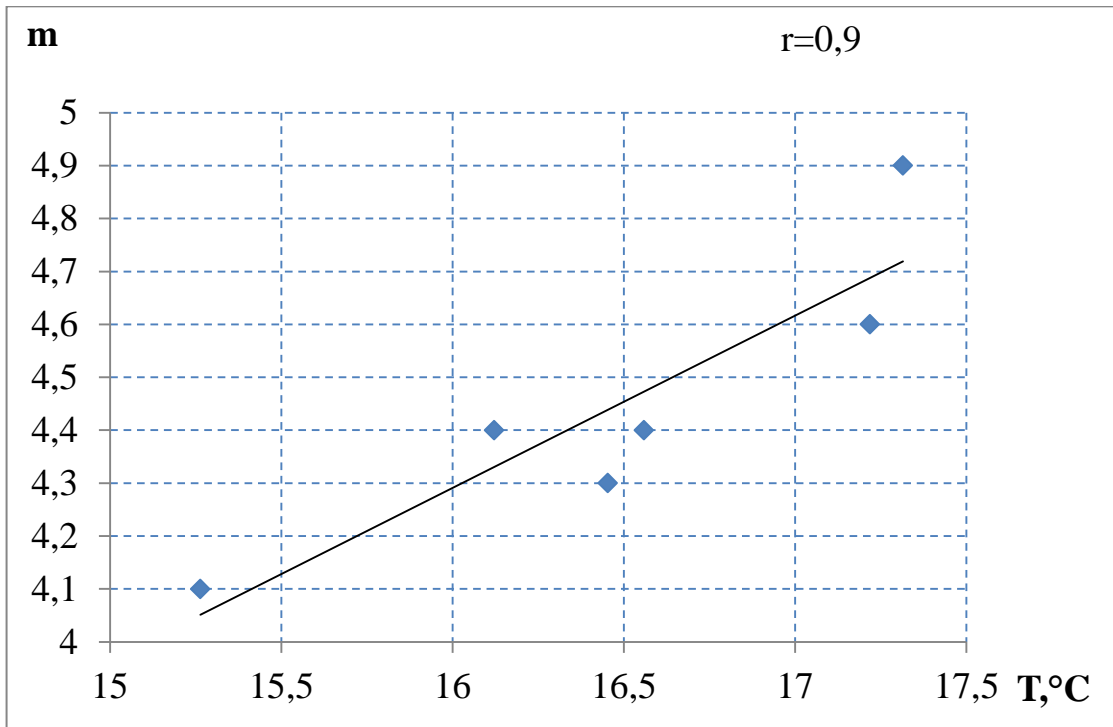


Рисунок 3.7. Зависимость числа интервалов с повышенной плотностью точек эмпирического закона распределения от средней температуры июля

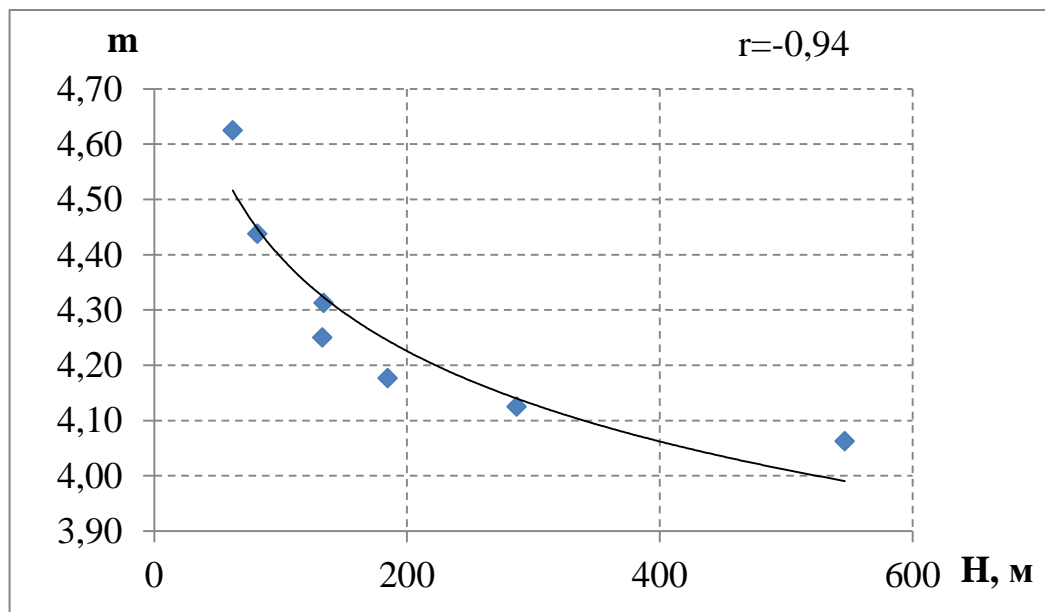


Рисунок 3.8. Зависимость числа выделенных интервалов повышенной плотности точек эмпирического закона распределения от высоты в замыкающем створе для бассейна р. Обь

Прямая корреляция между числом интервалов с повышенной плотностью вероятности и температурой согласуется с результатами, полученными В.В. Коваленко [26,27,30,31], которые заключаются в том, что «степень неустойчивости формирования стока растет к югу» [26]. Также

большой процент несоответствия аналитических и эмпирических кривых обеспеченностей был выявлен Конаржевским для рек именно степной зоны [32].

При рассмотрении всего массива данных по арктическому бассейну Сибири и Дальнего Востока в каждую группу точек, объединенных по широтному положению водосбора, попадают ряды данных с самыми разными условиями формирования стока, высотным положением и другими характеристиками, влияющими на степень полимодальности законов распределения. Поэтому объединение этих районов не позволяет выделить никаких закономерностей в распространении характеристик полимодальности и их зависимости от физико-географических характеристик и статистических параметров стока.

Объединение пунктов наблюдений по широте было обусловлено исходной гипотезой о том, что степень полимодальности законов распределения годового стока рек Сибири и Дальнего Востока зависит от широтного положения водосбора. Однако фактический материал показывает, что степень полимодальности очень неоднородно распределена по территории (рисунки 4.2-4.5) и, вероятно, в значительной мере зависит от особенностей рельефа местности (экспозиции, высоты над уровнем моря), климатических и стокоформирующих условий.

3.4 Обоснование двумодальности законов распределения годового стока рек на основе представлений, учитывающих региональные типы атмосферной циркуляции

Ниже рассмотрена возможность физической интерпретации выделенной эмпирической полимодальности на примере рек севера Дальнего

Востока: бассейнов рек Колыма и Анадырь. При этом ставится задача выявить физический механизм формирования наиболее простых и вероятных, двумодальных законов распределения. При такой постановке задачи выделенная двумодальность рассматривается как результат работы программы для случая наибольшего несоответствия эмпирических и аналитических кривых по обеспеченности (см. п. 2.2.2). Если такой механизм будет обнаружен, не исключена возможность его распространения на случаи с большим числом мод.

Для исследования зависимости полимодальности закона распределения годового стока от повторяемости различных типов атмосферной циркуляции были выбраны гидрологические посты, расположенные на реках бассейнов Анадыря и Колымы (рисунок 3.9). Были проанализированы ряды наблюдений для трех групп гидрологических постов, соответствующих бассейнам верхней Колымы, нижней Колымы и Анадыря.

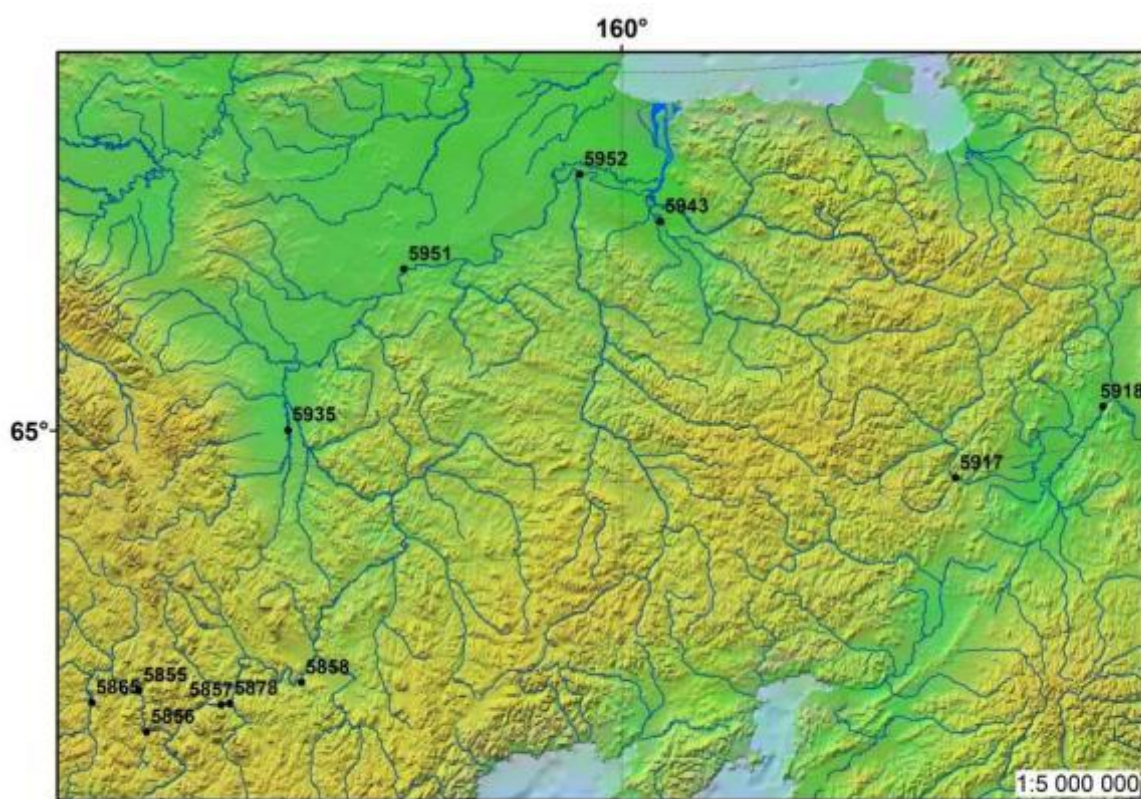


Рисунок 3.9. Карта-схема расположения рассматриваемых гидрологических постов

Для получения данных об особенностях атмосферной циркуляции был использован «Календарь типов атмосферной циркуляции», разработанный А.М. Поляковой [55].

3.4.1 Типы атмосферной циркуляции

Типизация атмосферных процессов выполнена А.М. Поляковой в ТОИ ДВО РАН на базе 61-летнего ряда наблюдений.

В основу типизации положены три признака: два основных – основные траектории движения циклонов и положение поля высокого давления, и один второстепенный, вытекающий из двух основных – характеристики воздушных масс и особенности их переноса.

Всего выявлено 6 типовых атмосферных процессов: северо-западный (СЗ), охотско-алеутский (ОА), широтный алеутский (ША), южный широтный (ЮШ), охотско-гавайский (ОГ), циклоны над океаном (Цн) [55]. Ниже дана краткая характеристика каждого типа.

1. Северо-западный тип атмосферной циркуляции (NW).

Траектории циклонов при данном типе атмосферной циркуляции располагаются в северо-западной части Тихого океана (см. рисунок 3.10).

Основные траектории движения циклонов над акваторией северной части Тихого океана проходят в направлении с юго-запада на северо-восток, или с запада, юго-запада на восток, северо-восток. Они обычно фиксируются, начиная от Японских островов, продвигаются в генеральном направлении на северо-восток и заканчивают свой путь в алеутской депрессии [55].

Второй характерной особенностью данного типа является положение поля высокого давления: наблюдается два антициклональных поля. Один, обычно устойчивый во времени и квазистационарный, имеет одно или несколько ядер и располагается над Дальним Востоком (Хабаровский край, Магаданская область, северная часть Охотского моря) [55].

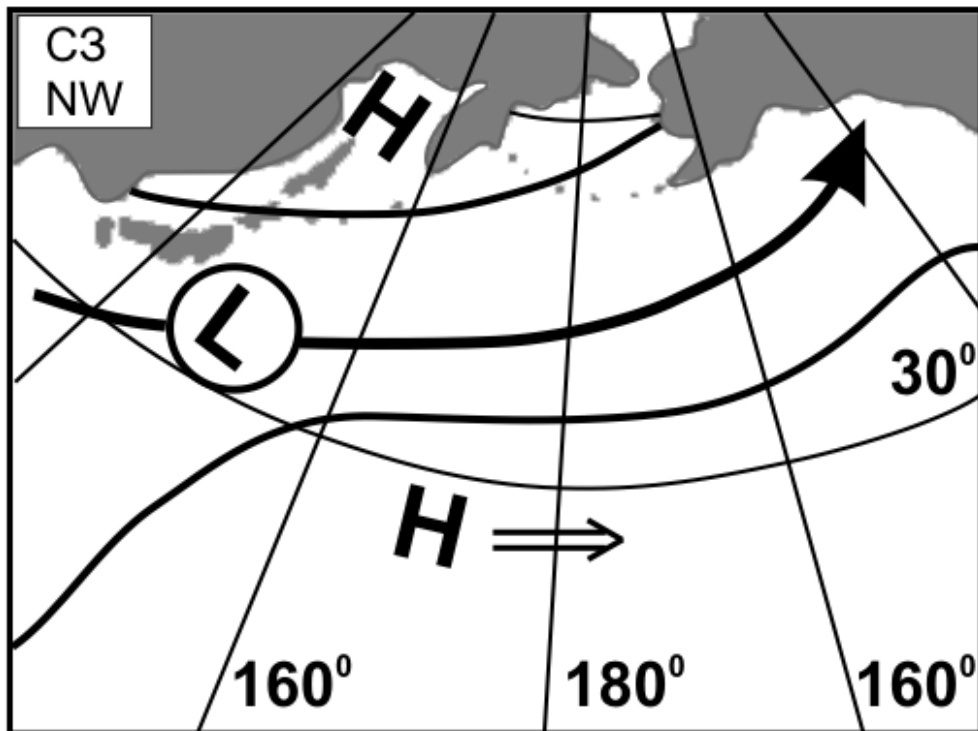


Рисунок 3.10. Карта-схема, иллюстрирующая положение циклонов и антициклонов, характерное для северо-западного типа атмосферной циркуляции [55]

Другой антициклон находится к востоку или юго-востоку от поля циклогенеза. Он также обширен, устойчив по времени и имеет значительный сезонный ход по интенсивности и занимаемой площади.

Северо-западный тип циркуляции имеет ярко выраженный сезонный ход; наиболее активен он зимой и осенью: циклоны, следующие один за другим, имеют большую глубину, их траектории стремятся к широтной ориентации. Летом интенсивность этого типа атмосферной циркуляции резко падает, траектории циклонов стремятся к меридиональному перемещению.

2. Охотско-алеутский тип атмосферной циркуляции (ОА)

Для охотско-алеутского типа атмосферной циркуляции характерно наличие двух депрессий: одна географически тяготеет к акватории Охотского моря, другая представляет собой алеутскую депрессию (рисунок 3.11).

Основные траектории циклонов определяются действием охотской и алеутской барических систем, которые работают независимо друг от друга. Охотская депрессия – это система циклонов, которые вращаются вокруг

квазистационарного центра, территориально тяготеющего к акватории Охотского моря. При этом территории отдельных циклонов спиральные, с большим или меньшим радиусом, который может изменяться в процессе движения.

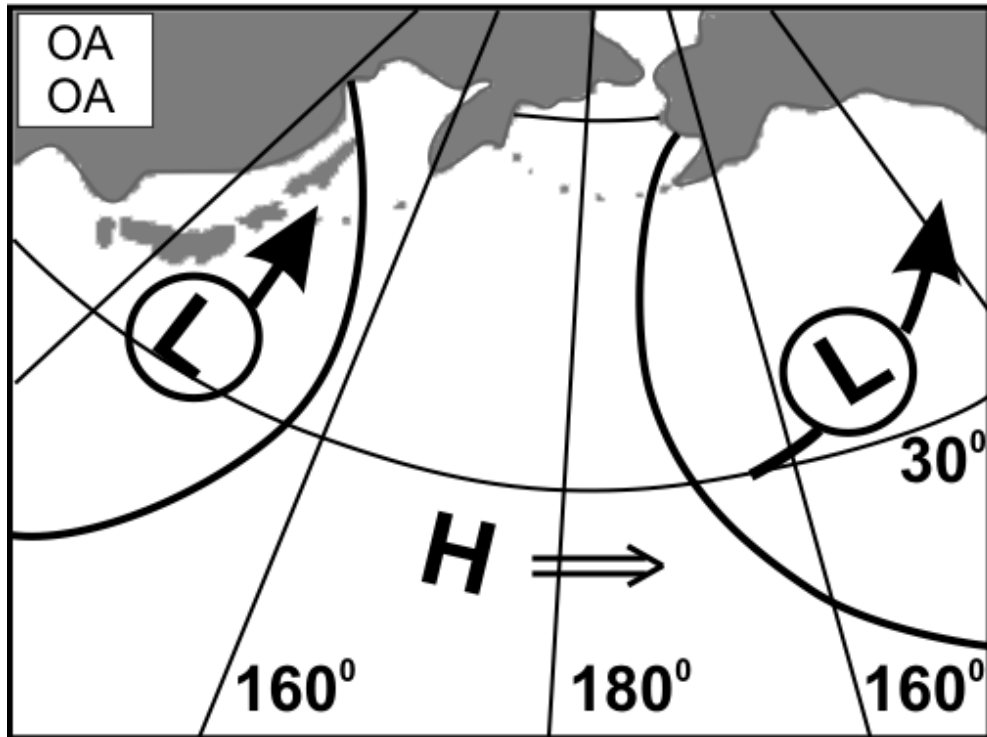


Рисунок 3.11. Карта-схема, иллюстрирующая положение циклонов и антициклонов, характерное для охотско-алеутского типа атмосферной циркуляции [55]

Вторая депрессия располагается над акваторией залива Аляска, обычно проявляет меньшую интенсивность, чем охотская.

Вторым признаком типизации является исключительно обширный антициклон, располагающийся над всей центральной частью северной половины Тихого океана, почти до самого экватора, который, распространяясь на юге на запад и на восток почти на всю ширину океана, изолирует обе депрессии с юга.

Для данного типа циркуляции также характерны сезонность хода и максимум интенсивности зимой. Особенность движения воздушных масс обуславливается наличием двух изолированных депрессий и состоит в замкнутости траекторий циклонов, находящихся в них.

3. Широтный алеутский тип атмосферной циркуляции (LA).

При действии данного типа циркуляции основные траектории циклонов проходят вдоль Алеутских островов в широтном направлении (рисунок 3.12). Циклоны проходят сериями в направлении с запада на восток по 50 параллели или севернее ее.

Над всей северной частью Тихого океана, не занятой циклоническими образованиями, располагается поле высокого давления.

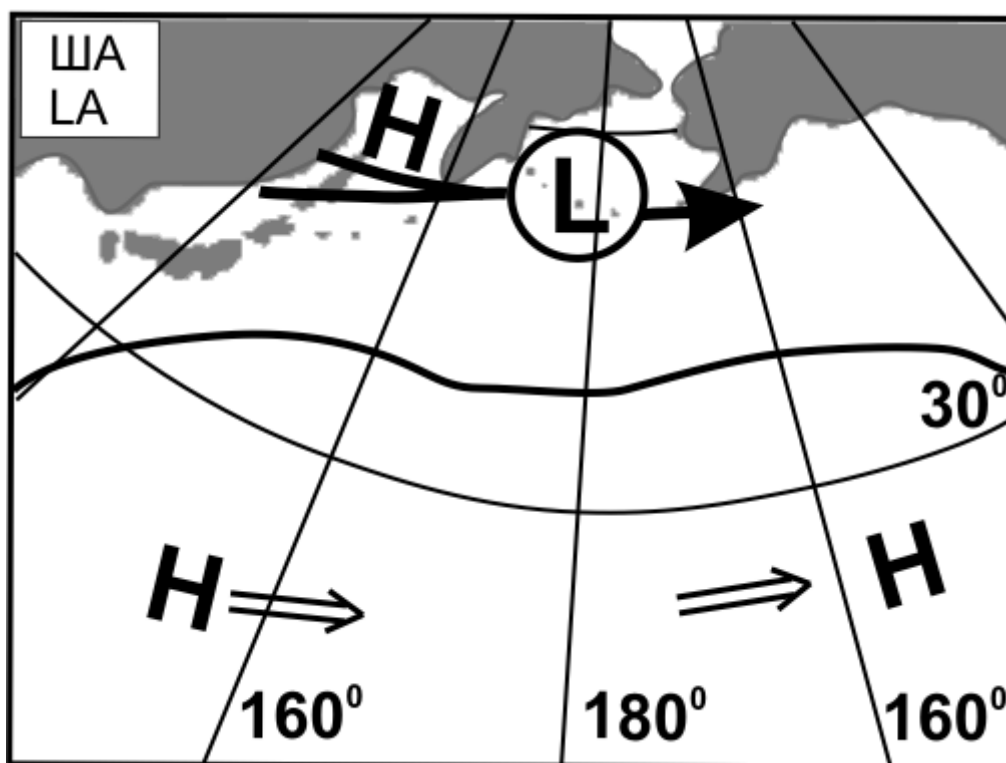


Рисунок 3.12. Карта-схема, иллюстрирующая положение циклонов и антициклонов, характерное для широтно-алеутского типа атмосферной циркуляции [55]

В холодное полугодие, во время наибольшей интенсивности широтного алеутского типа циркуляции, над северной частью Тихого океана преобладает широтный перенос воздушных масс.

4. Южный широтный тип атмосферной циркуляции (SL).

Для южного широтного типа циркуляции, как и для широтного алеутского типа, характерно перемещение циклонов с запада на восток в

широтном направлении, но в более южных широтах: по 45 параллели и южнее (рисунок 3.13).

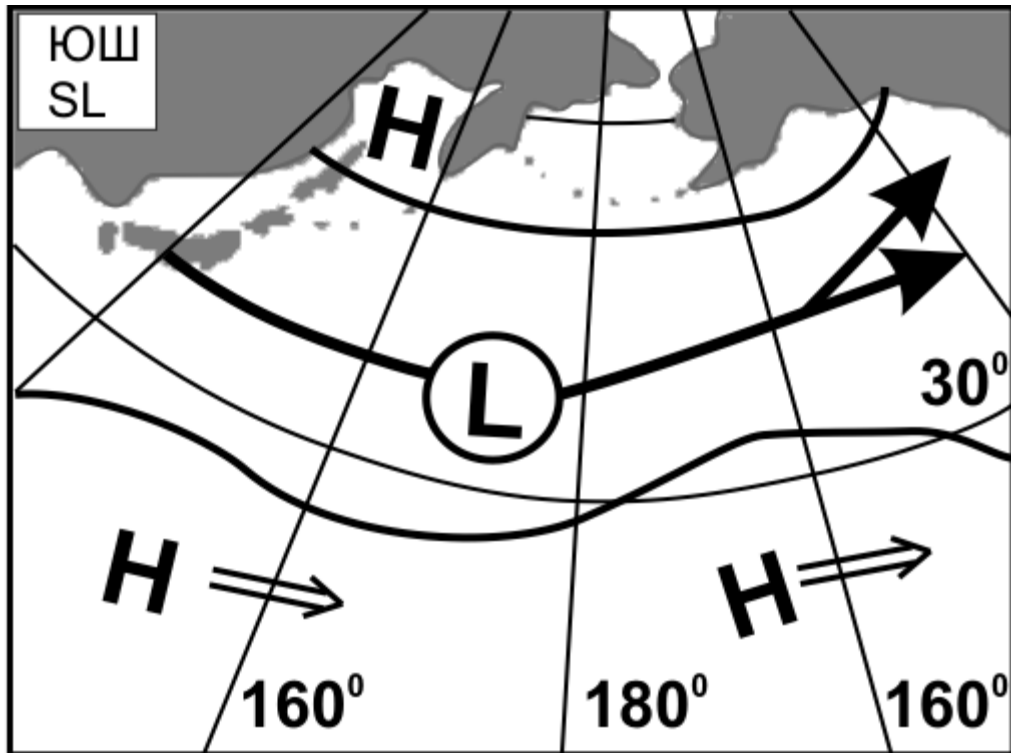


Рисунок 3.13. Карта-схема, иллюстрирующая положение циклонов и антициклонов, характерное для южно-широтного типа атмосферной циркуляции [55]

Также данный тип характеризуется наличием двух обширных областей повышенного давления: один квазистационарный антициклон находится к югу от нижней границы циклонических образований; другой занимает всю северную часть Тихого океана, к северу от зоны циклогенеза.

Общая циркуляция воздушных масс схожа со схемой, свойственной широтному алеутскому типу: над акваторией океана преобладает широтный перенос воздушных масс, а над побережьями прилегающих территорий - меридиональный.

5. Охотско-гавайский тип атмосферной циркуляции (ОН)

Уникальность охотско-гавайского типа атмосферной циркуляции заключается в противоположном традиционному распределении барических полей: вместо алеутской депрессии наблюдается антициклон, а в зоне гавайского антициклона наблюдается зона циклогенеза (рисунок 3.14).

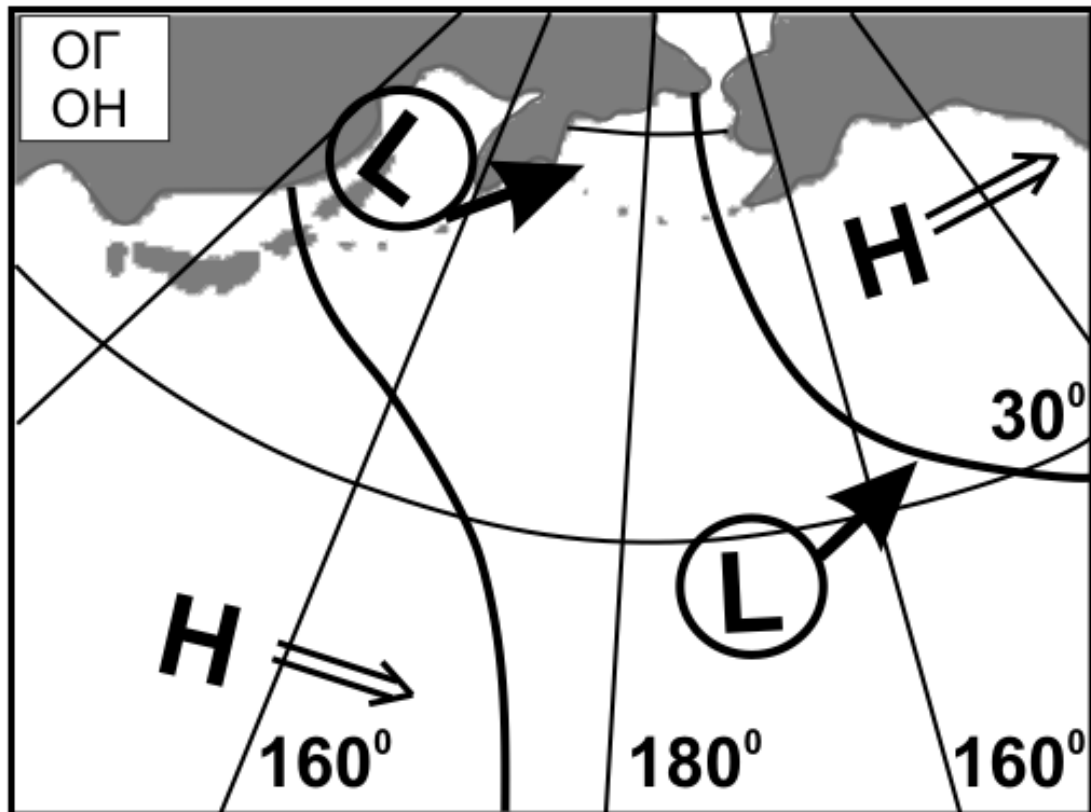


Рисунок 3.14. Карта-схема, иллюстрирующая положение циклонов и антициклонов, характерное для охотско-гавайского типа атмосферной циркуляции [55]

Также меняется на противоположный знак барического поля над экваторией Японского моря и прилегающей частью океана: здесь наблюдается антициклонное поле вместо поля низкого давления, которое чаще всего наблюдается здесь при действии других типов атмосферной циркуляции.

6. Циклоны над океаном (Zn)

Для данного типа атмосферной циркуляции характерно то, что над северной частью Тихого океана преобладают циклонические образования. Траектории движения циклонов могут быть самыми разнообразными, трудно поддаются классификации и частично относятся к ранее рассмотренным пяти типам синоптических процессов (рисунок 3.15).

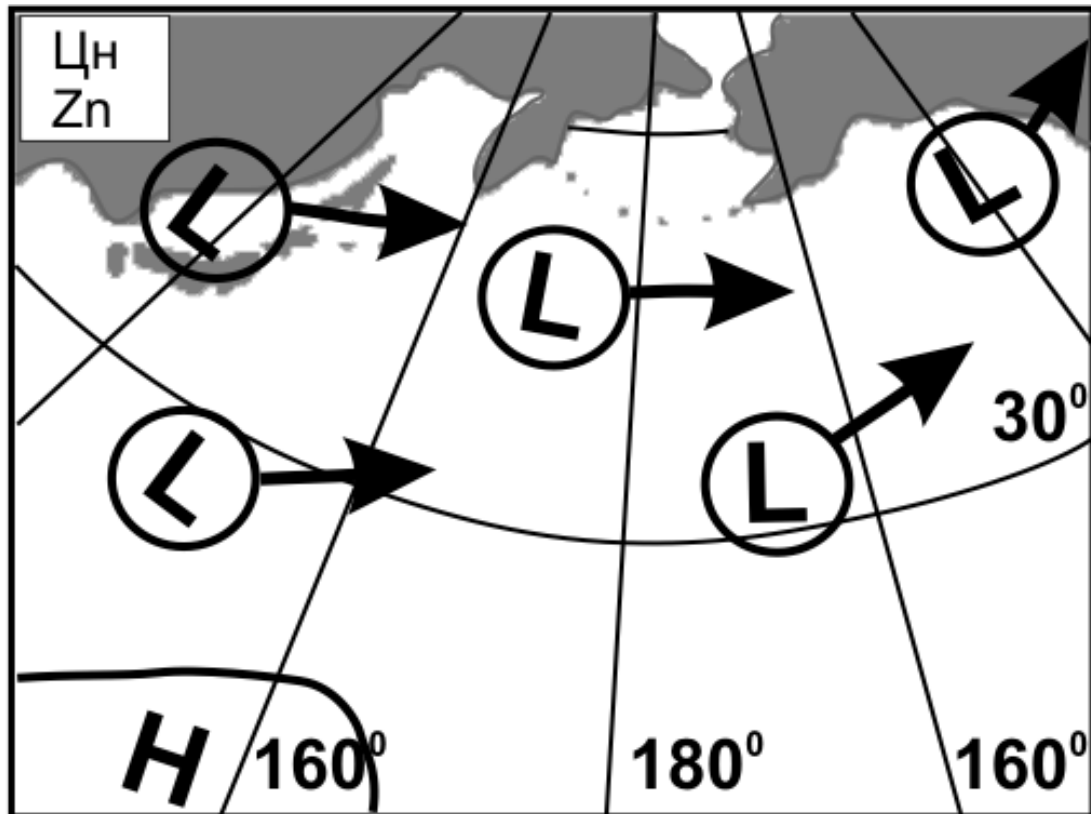


Рисунок 3.15. Карта-схема, иллюстрирующая положение циклонов и антициклонов, характерное типа атмосферной циркуляции «циклоны над океаном» [55]

Над всей северной частью Тихого океана наблюдается большое количество циклонов, глубина которых, как правило, невелика, а поведение может быть исключительно разнообразным, хотя общая тенденция и соответствует западно-восточному переносу, существующему в атмосфере Земли.

Антициклоны же в данном случае в виде локальных ядер появляются на непродолжительное время, не сохраняют своего географического положения и быстро исчезают. Давление в них мало отличается от окружающего барического поля. Таким образом, устойчивые антициклональные образования не характерны для данного типа атмосферной циркуляции.

За весь рассматриваемый период наблюдений (1949-2009гг) повторяемость вышеперечисленных типов атмосферной циркуляции может быть показана в виде гистограммы (рисунок 3.16).

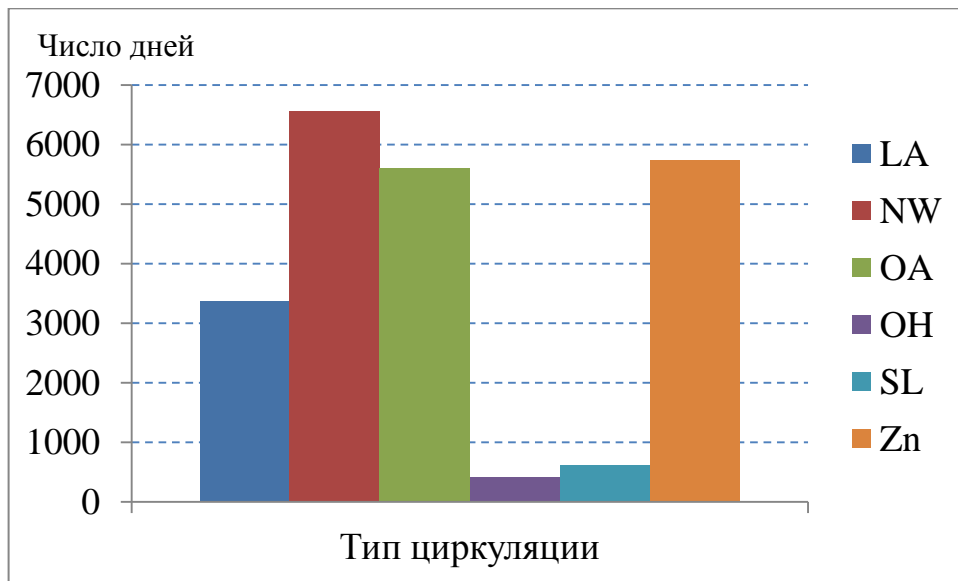


Рисунок 3.16. Повторяемость типов атмосферной циркуляции над северной частью Тихого океана

3.4.2 Типы атмосферной циркуляции и внутренняя неоднородность годового стока

Ниже сформулирована гипотеза по проверке внутренней неоднородности ЗР рек бассейна Колымы и Анадырь. Климатическая обусловленность регионального гидрологического режима рек связана с тем, что типы атмосферной циркуляции определяют внутригодовое распределение стока рек, его распределение по территории. Как отмечается в работе [39], «Климатические же изменения осадков для отдельной территории больше определяются сменой типов атмосферной циркуляции, что проявляется в виде ступенчатых переходов от одного стационарного состояния (типа циркуляции) к другому». Естественно полагать, что особенности местных типов атмосферной циркуляции определяют также особенности внутренней неоднородности законов распределения годового стока рек.

Типизация атмосферных процессов по Поляковой показывает, что циклональная погода, дающая высокую сумму годовых осадков, характерна для атмосферной циркуляции «циклоны над океаном» (рисунок 3.15), а

пониженная сумма осадков – для северо-западного и охотско-алеутского типа атмосферной циркуляции. Поэтому естественно в качестве критерия, который бы показывал влияние таких переносов на количество выпадающих осадков, взять отношение числа дней с типом циркуляции «циклоны над океаном» к числу дней с северо-западным, охотско-алеутским, охотско-гавайским и широтно-алеутским. Таким образом, критерий количества годовых осадков K , определенного через типы атмосферной циркуляции Поляковой, может быть выражен отношением:

$$K = Z_n / (NW + OA + LA + OH) \quad (3.9)$$

Общую схему исследования связи между повторяемостью типов атмосферной циркуляции и полимодальностью законов распределения годового стока можно описать следующими этапами:

1. Определение аналитических ординат кривой обеспеченности годового стока для гидрологического поста (программа Ordinate);
2. Выделение максимального разрыва аналитических обеспеченностей (максимальный нулевой интервал);
3. Определение лет, формирующих первый и второй ненулевые интервалы;
4. Определение процентного соотношения повторяемости различных типов циркуляции, соответствующих годам, формирующим первый и второй ненулевые интервалы;
5. Построение графиков, иллюстрирующих распределение повторяемости типов циркуляции для первого и второго ненулевого интервала;
6. Анализ полученных соотношений.

Определение процентного соотношения повторяемости типов циркуляции производилось в среде табличного редактора MS Excel при помощи функции сводной таблицы (рисунок 3.17), построенной на основе календаря типов атмосферной циркуляции [55].

Количество по полю Type	Type							
Year	LA	NW	OA	OH	SL	Zn	Общий итог	
1981	76	101	48	21	28	91	365	
1982	86	182	15	8	15	59	365	
1983	130	140	20	31		44	365	
1984	137	116	78	24		11	366	
1985	39	73	70		5	178	365	
1986	67	55	117			126	365	
1987	98	49	94	3		121	365	
1988	49	81	136		1	99	366	
1989	80	51	100	28	28	78	365	
1990	94	66	105	6		94	365	
1991	43	24	139	2	5	152	365	
1992	29	51	90		2	194	366	
1993	27	136	97	4	14	87	365	
1994	24	67	126			148	365	
1995	18	51	139		8	149	365	
1996	59	37	87	5	67	111	366	
1997	52	46	140		4	123	365	
1998	41	74	86	14	6	144	365	
1999	70	82	122			91	365	
2000	80	77	86		12	111	366	
2001	70	158	83		1	53	365	
2002	77	105	64	6	36	77	365	
2003	51	160	63		12	79	365	
2004	102	137	37	5		85	366	
2005	51	170	10		12	122	365	
2006	21	186	26		2	130	365	
2007	44	58	78		9	176	365	
2008	32	111	106	6	3	108	366	
2009	54	112	122	2	2	73	365	
Общий итог	1801	2756	2484	165	272	3114	10592	

Рисунок 3.17. Фрагмент сводной таблицы календаря типов атмосферной циркуляции

Ниже будут подробно рассмотрены результаты вычислений для каждого гидрологического поста.

Бассейн р. Колымы в верхнем течении

В группу гидрологических постов, условно отнесенных к бассейну верхней Колымы, входит 6 рядов наблюдений (рисунок 3.18).

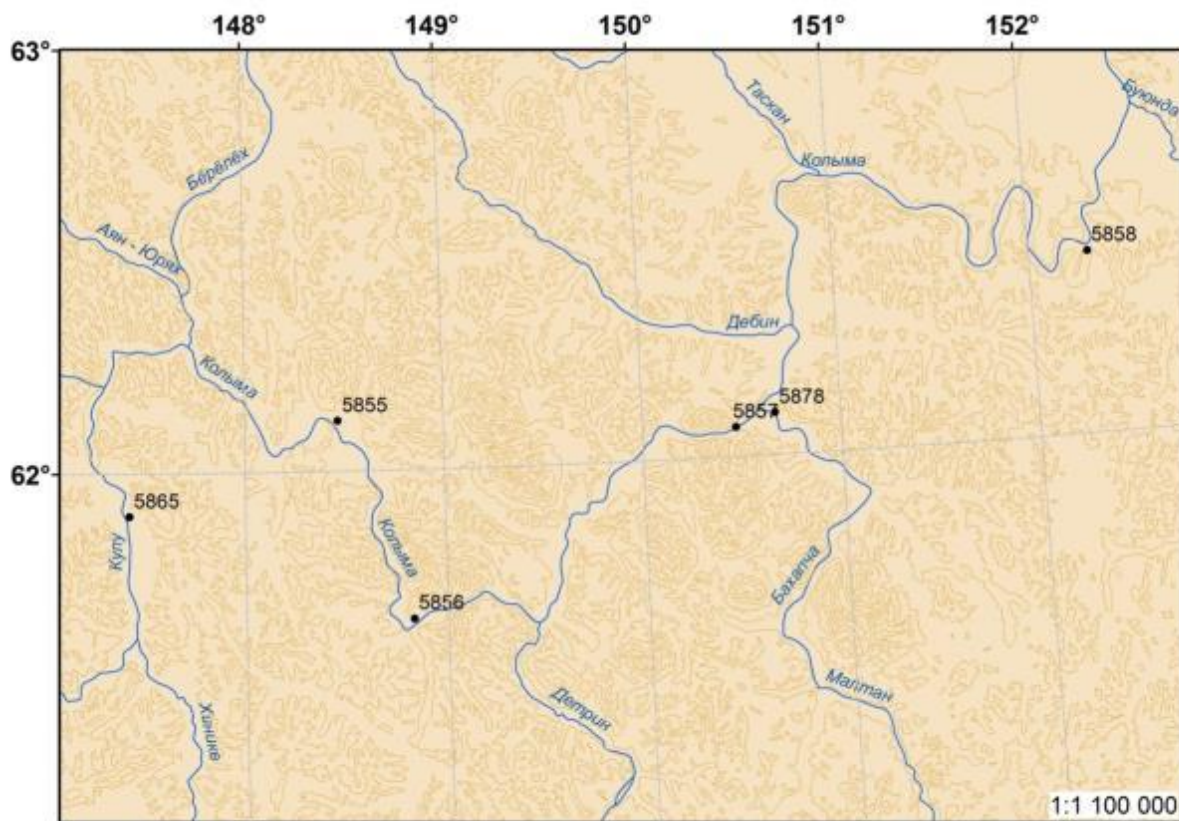


Рисунок 3.18. Гидрологические посты, относящиеся к бассейну верхней Колымы

В таблицах 3.7 – 3.12 показаны результаты расчетов, выполненных указанным выше способом. Графики, представленные на рисунках 3.19-3.24, иллюстрируют эти таблицы.

Таблица 3.7 - Процентное соотношение повторяемостей различных типов циркуляции для п. 5855, р. Колыма - п. Оротук

Группы лет	LA	NW	OA	OH	SL	Zn	K
повышенной водности	13,83	28,19	26,32	1,99	3,28	26,39	0,38
пониженной водности	14,46	39,92	26,32	3,24	2,24	13,82	0,16

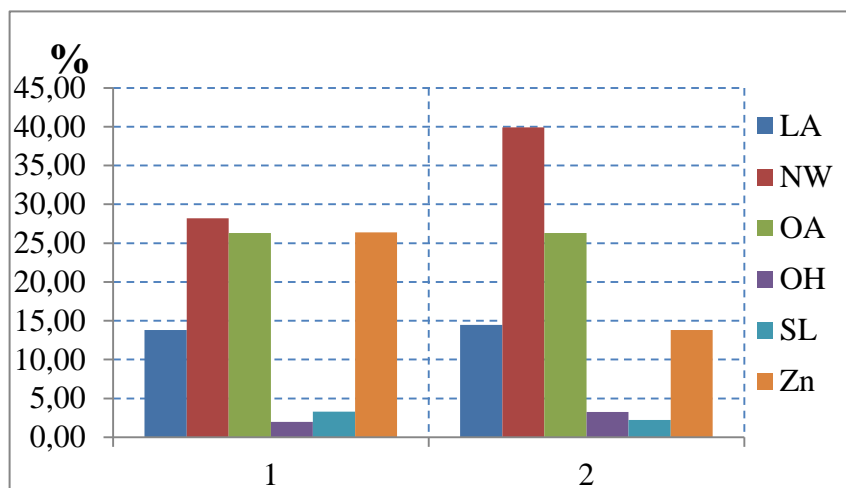


Рисунок 3.19. Гистограмма распределения количества дней с различными типами циркуляции для п. 5855, р. Колыма - п. Оротук

Таблица 3.8 - Процентное соотношение повторяемостей различных типов циркуляции для п. 5856, р. Колыма - п. Дусканья

Группы лет	LA	NW	OA	OH	SL	Zn	K
повышенной водности	11,17	30,11	29,06	1,78	3,61	24,28	0,34
пониженной водности	15,83	35,04	25,42	2,61	2,53	18,57	0,24

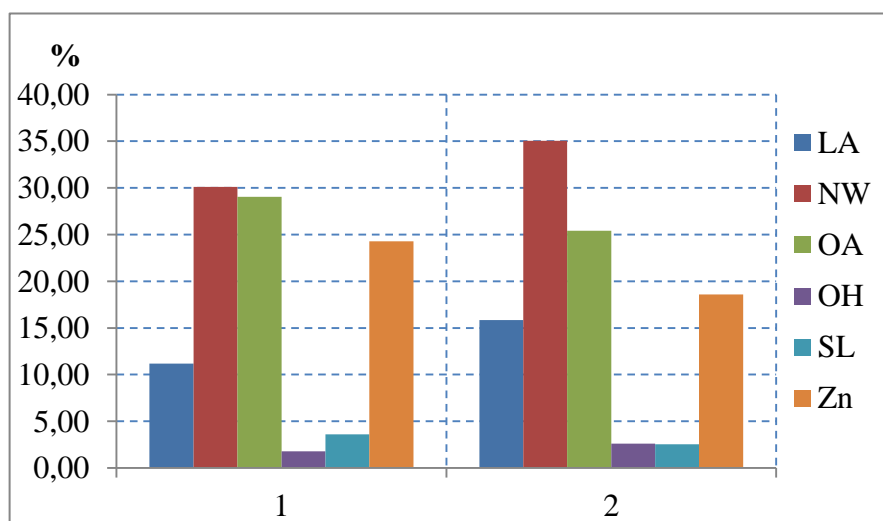


Рисунок 3.20. Гистограмма распределения количества дней с различными типами циркуляции для п. 5856, р. Колыма - п. Дусканья

Таблица 3.9 - Процентное соотношение повторяемостей различных типов циркуляции для п. 5857, р. Колыма - п. Синегорье

Группы лет	LA	NW	OA	OH	SL	Zn	К
повышенной водности	18,89	28,20	22,23	2,53	2,57	25,58	0,36
пониженной водности	21,05	31,09	22,39	4,47	3,01	17,98	0,23

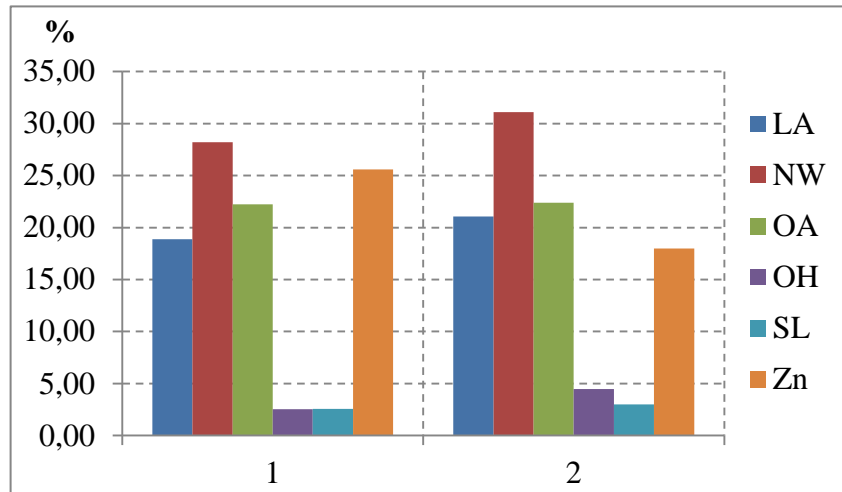


Рисунок 3.21. Гистограмма распределения количества дней с различными типами циркуляции для п. 5857, р. Колыма - п. Синегорье

Таблица 3.10 - Процентное соотношение повторяемостей различных типов циркуляции для п. 5858, р. Колыма - п. Усть-Среднекан

Группы лет	LA	NW	OA	OH	SL	Zn	К
повышенной водности	15,27	30,19	26,83	1,50	2,42	23,80	0,36
пониженной водности	12,76	36,04	24,75	3,00	3,15	20,30	0,35

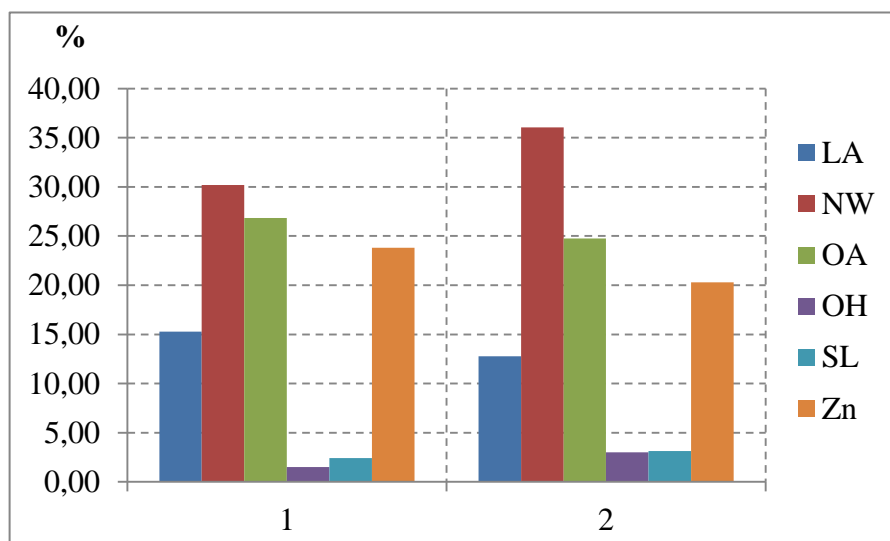


Рисунок 3.22. Гистограмма распределения количества дней с различными типами циркуляции для п. 5858, р. Колыма - п. Усть-Среднекан

Таблица 3.11 - Процентное соотношение повторяемостей различных типов циркуляции для п. 5865, р. Кулу - п. Кулу

Группы лет	LA	NW	OA	OH	SL	Zn	К
повышенной водности	17,65	27,73	23,31	2,15	1,85	27,31	0,39
пониженной водности	14,46	30,19	26,95	2,19	2,84	23,36	0,32

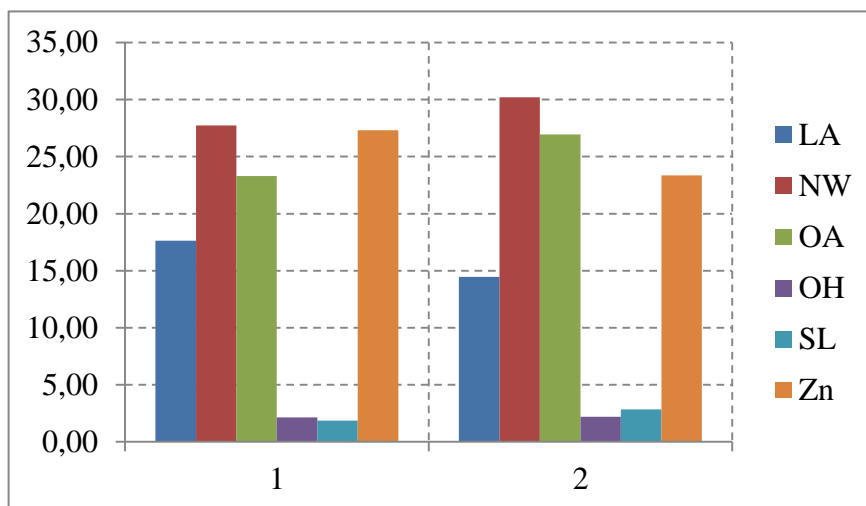


Рисунок 3.23. Гистограмма распределения количества дней с различными типами циркуляции для п. 5865, р. Кулу - п. Кулу

Таблица 3.12 - Процентное соотношение повторяемостей различных типов циркуляции для п. 5878, р. Бохлача. - п. 5,4 км от устья

Группы лет	LA	NW	OA	OH	SL	Zn	К
повышенной водности	16,77	25,26	25,50	0,86	2,28	29,3	0,43
пониженной водности	14,0	29,9	26,63	2,66	3,14	23,65	0,32

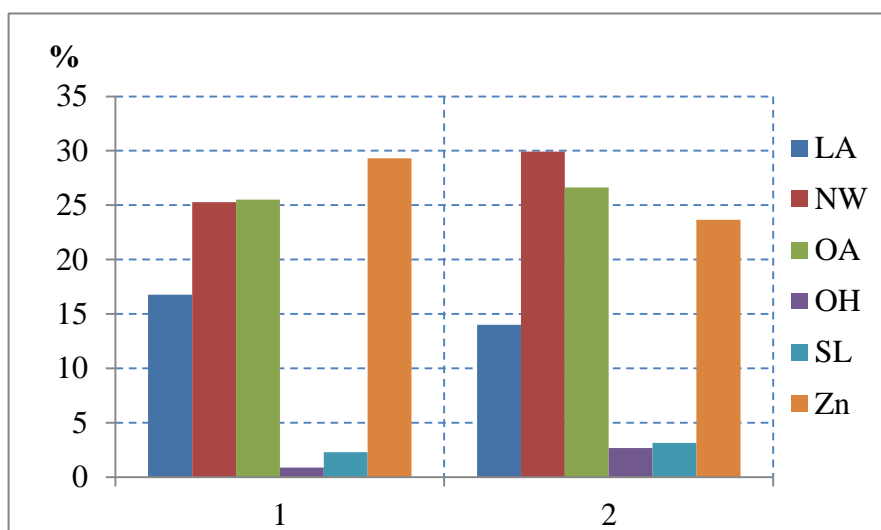


Рисунок 3.24. Гистограмма распределения количества дней с различными типами циркуляции для п. 5878, р. Бохлача. - п. 5,4 км от устья

Бассейн р. Колымы в нижнем течении

Были проанализированы ряды наблюдений для четырех гидрологических постов, относящихся к бассейну р. Колыма в нижнем течении, их расположение показано на рисунке 3.25. В таблицах 3.13 – 3.16 показаны результаты расчетов, выполненных указанным выше способом. Графики, представленные на рисунках 3.26-3.29, иллюстрируют эти таблицы.

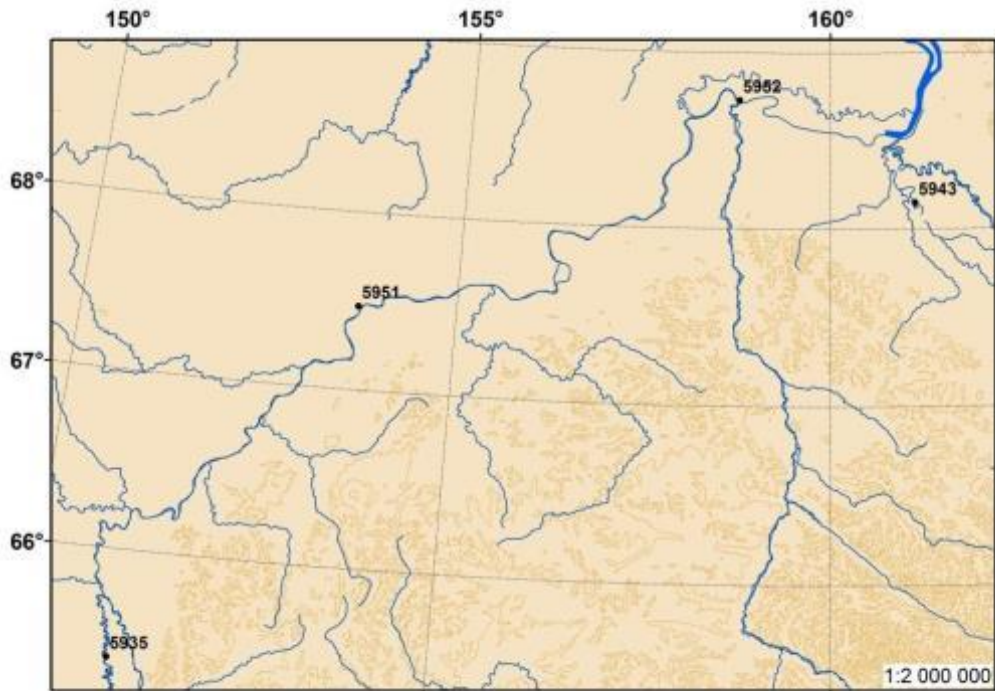


Рисунок 3.25. Гидрологические посты, относящиеся к бассейну нижней Колымы

Таблица 3.13 - Процентное соотношение повторяемостей различных типов циркуляции для п. 5935, р. Ясная - п. Нелемное

Группы лет	LA	NW	OA	OH	SL	Zn	К
повышенной водности	19,3	29,5	20,6	1,51	1,64	27,4	0,39
пониженной водности	23,3	34,5	14,9	4,11	3,01	20,1	0,26

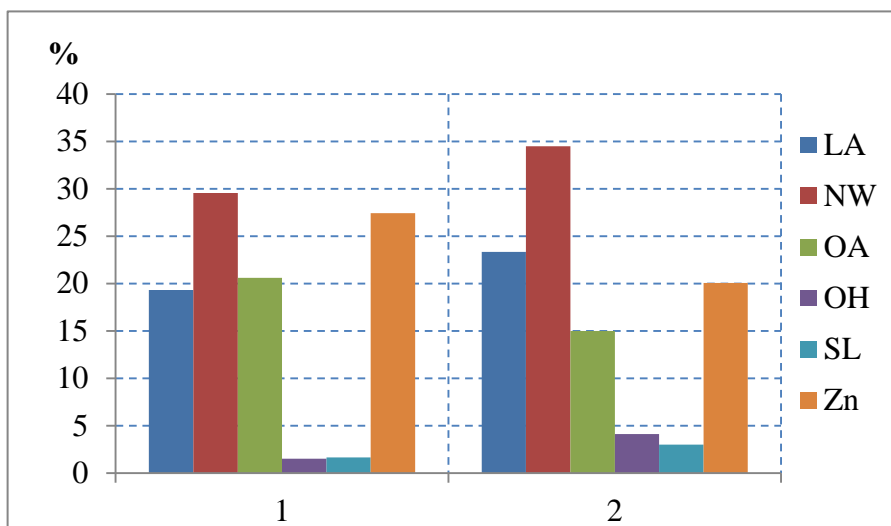


Рисунок 3.26. Гистограмма распределения количества дней с различными типами циркуляции для п. 5935, р. Ясная - п. Нелемное

Таблица 3.14 - Процентное соотношение повторяемостей различных типов циркуляции для п. 5943, р. Большой Ануй. - п. Константиново

Группы лет	LA	NW	OA	OH	SL	Zn	К
повышенной водности	18,9	19,7	26,8	2,16	3,09	29,2	0,43
пониженной водности	16,6	27,2	22,7	1,77	2,34	29,3	0,42

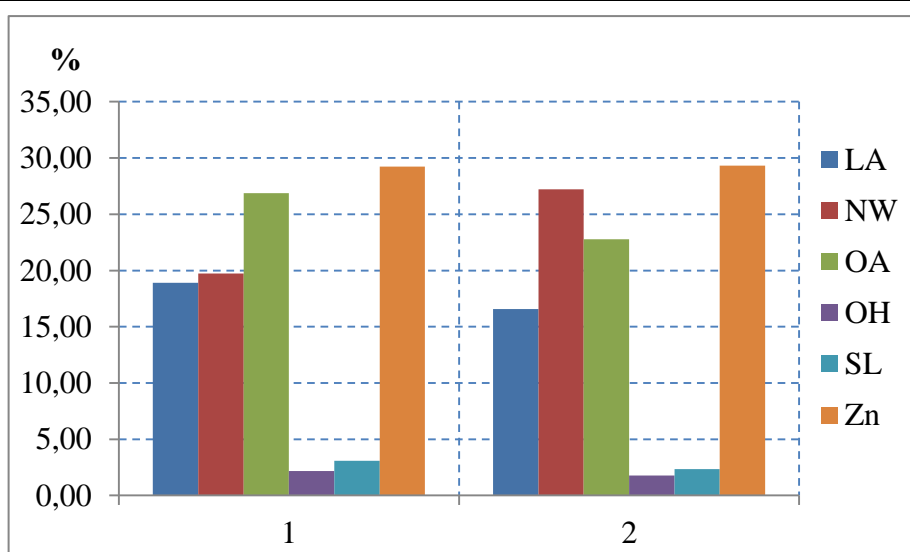


Рисунок 3.27. Гистограмма распределения количества дней с различными типами циркуляции для п. 5943, р. Большой Ануй. - п. Константиново

Таблица 3.15 - Процентное соотношение повторяемостей различных типов циркуляции для п. 5951, р. Колыма - п. Среднеколымск

Группы лет	LA	NW	OA	OH	SL	Zn	K
повышенной водности	15,7	24,2	25,1	0	3,39	31,5	0,48
пониженной водности	14,7	28,2	27,3	2,22	2,6	24,9	0,34

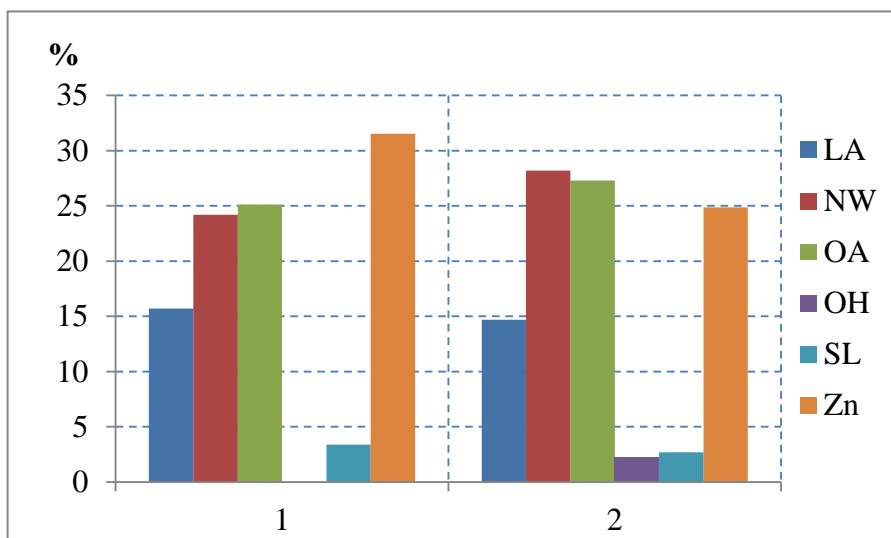


Рисунок 3.28. Гистограмма распределения количества дней с различными типами циркуляции для п. 5951, р. Колыма - п. Среднеколымск

Таблица 3.16 - Процентное соотношение повторяемостей различных типов циркуляции для п. 5952, р. Колыма – п. Колымское

Группы лет	LA	NW	OA	OH	SL	Zn	K
повышенной водности	17,1	22,9	25,2	0,38	3,01	31,4	0,48
пониженной водности	17,8	24,5	24,2	2,77	2,48	28,2	0,41

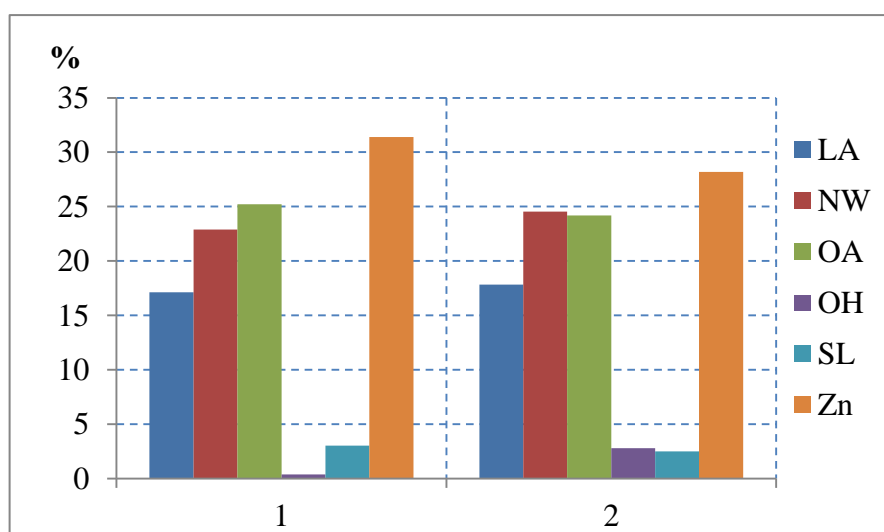


Рисунок 3.29. Гистограмма распределения количества дней с различными типами циркуляции для п. 5952, р. Колыма – п. Колымское

Бассейн р. Анадырь

Были проанализированы ряды наблюдений для двух гидрологических постов, относящихся к бассейну р. Анадырь, их расположение показано на рисунке 3.30. В таблицах 3.17-3.18 показаны результаты расчетов, выполненных указанным выше способом. Графики, представленные на рисунках 3.31-3.32, иллюстрируют эти таблицы.

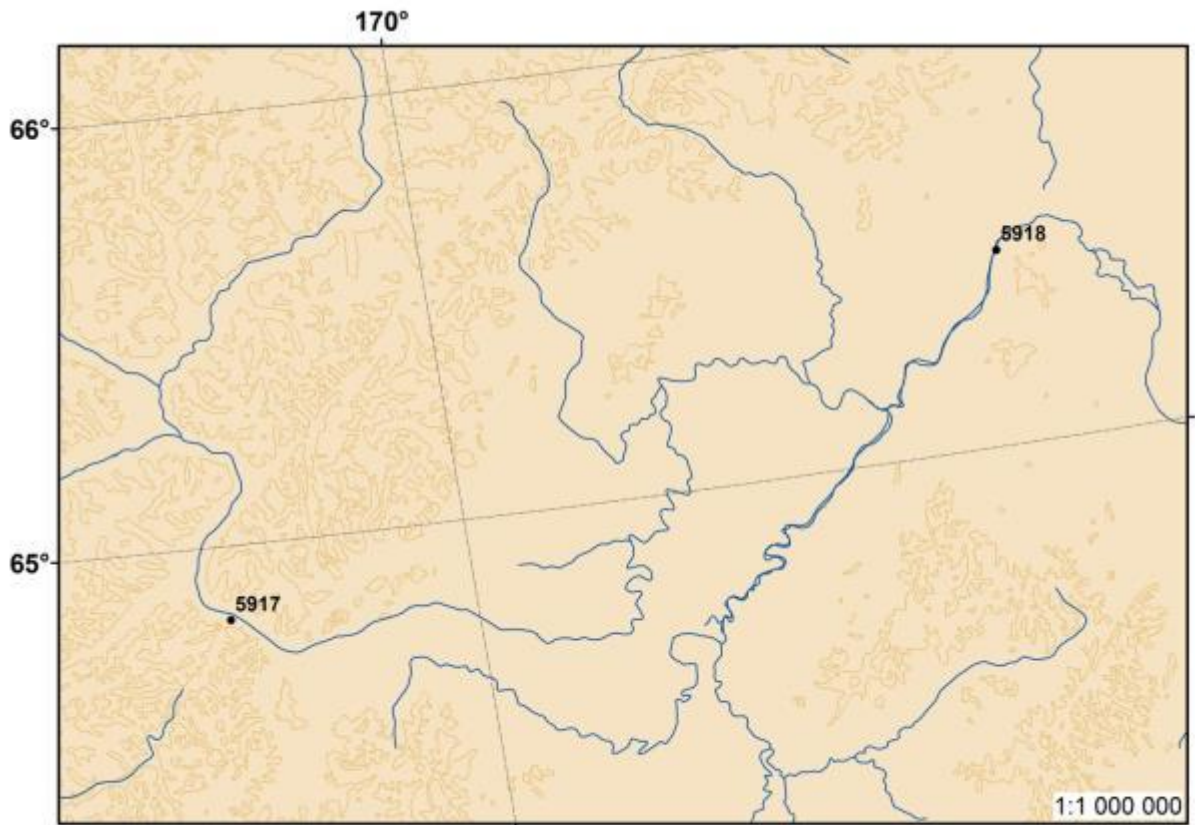


Рисунок 3.30. Гидрологические посты, относящиеся к бассейну р. Анадырь

Таблица 3.17 – Процентное соотношение повторяемостей различных типов циркуляции по для п. 5917, р. Анадырь – п. Новый Еропол

Группы лет	LA	NW	OA	OH	SL	Zn	K
повышенной водности	11,78	31,90	29,53	0,61	2,19	23,99	0,32
пониженной водности	15,01	35,55	22,79	3,42	3,02	20,20	0,26

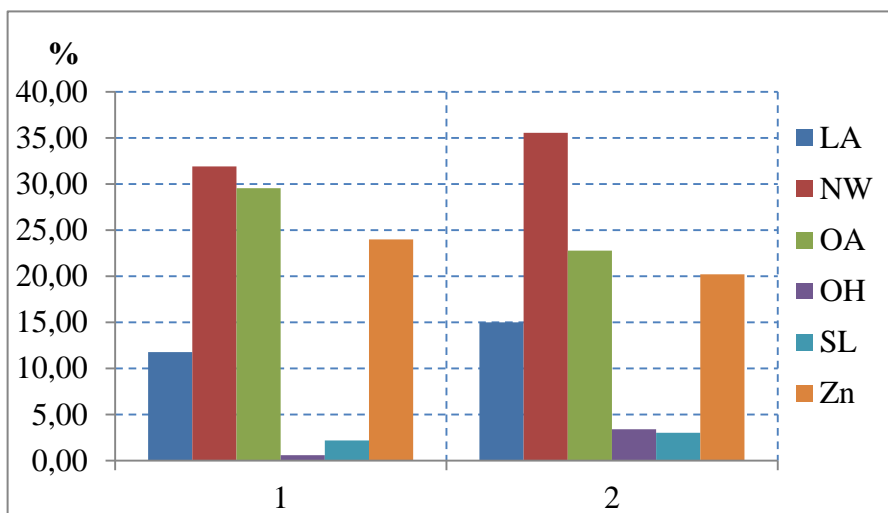


Рисунок 3.31. Гистограмма распределения количества дней с различными типами циркуляции для п. 5917, р. Анадырь – п. Новый Еропол

Таблица 3.18 - Процентное соотношение повторяемостей различных типов циркуляции по для п. 5918, р. Анадырь - п. Снежное

Группы лет	LA	NW	OA	OH	SL	Zn	K
повышенной водности	15,43	32,85	27,69	2,30	2,66	19,06	0,29
пониженной водности	12,53	34,25	20,96	2,61	2,49	27,16	0,28

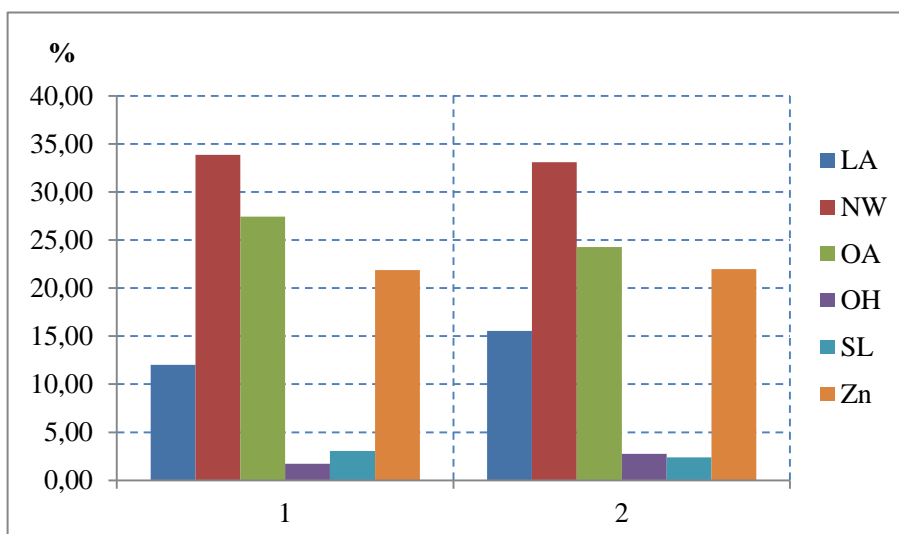


Рисунок 3.32. Гистограмма распределения количества дней с различными типами циркуляции для п. 5918, р. Анадырь - п. Снежное

Исходя из физического смысла критерия, который заключается в соотношении между количеством дней с типом циркуляции «циклоны над океаном» и числом дней с другими типами циркуляции, можно сделать следующее предположение: для первых мод, с большими расходами воды, такое отношение должно быть больше, чем для вторых, так как тип атмосферной циркуляции «циклоны над океаном» приносит большее количество осадков. Это предположение подтверждается для всех рассматриваемых рядов наблюдений, что позволяет объяснить выделенную двуmodalность рассмотренных рядов соотношением повторяемости различных типов атмосферной циркуляции.

Анализ таблиц 3.7-3.19 и иллюстрирующих их гистограмм (рисунки 3.19-3.32), показывает, что предложенный критерий соотношения типов атмосферной циркуляции K в 100% случаев для групп лет повышенной водности больше, чем для групп лет пониженной водности.

4 ГИС-ПРОЕКТ ДЛЯ ОЦЕНКИ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ ХАРАКТЕРИСТИК СТЕПЕНИ ВЫДЕЛЕННОЙ ПОЛИМОДАЛЬНОСТИ ЗАКОНОВ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ГОДОВОГО СТОКА РЕК СИБИРИ И ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА

Разработанный в рамках диссертационного исследования ГИС-проект «Полимодальность» способствует решению нескольких задач:

1. Разработка карт распределения характеристик степени полимодальности по территории арктического бассейна Сибири и Дальнего Востока;

2. Разработка серии карт расположения отдельных гидропостов и их групп для исследования особенностей характеристик степени полимодальности от физико-географических характеристик и статистических параметров стока;

3. Автоматизированная модель, позволяющая корректировать карты с поступлением новых данных;

4. Автоматизированная модель, позволяющая использовать в исследованиях карты продукта АгроАтлас [81].

Проект включает в себя (Рисунок 4.1):

1. Слои общегеографической основы: гидрография, рельеф, очертания материков, границы государств;

2. Точечные слои с гидрологическими постами, участвующими в расчетах отдельно по бассейнам рек Обь, Енисей, Лена, Колыма с атрибутивными данными, включающими в себя: код гидропоста, значение длины выборки, географические координаты, площадь водосбора, значение нормы годового стока, модуль стока, высоту водосбора, значение средней среднемноголетней температуры июля, значение среднеквадратического отклонения среднемноголетнего значения осадков за июль, коэффициенты

вариации, асимметрии и автокорреляции, значение критерия Лобанова, относительные величины критерия Лобанова;

3. Точечные слои, содержащие группы точек каждого бассейна, по которым проводилось осреднение;

4. Растровые карты распространения характеристик полимодальности по территории;

5. Автоматизированные модели «Интерполяция» и «Извлечение», разработанные в редакторе ModelBuilder.

4.1 Картографирование характеристик выделенной полимодальности

Получение карты распределения характеристики полимодальности (критерий Лобанова) осуществлялось при помощи геоинформационной системы ArcGIS 9.3.1. лицензия ArcView и QuantumGIS (QGIS) 1.7.0 с дополнительными модулями.

Этапы разработки карты:

1. Добавление данных на карту.

По умолчанию программа Polymod выдает в файле itog.xls данные для всех гидрологических постов рек Сибири и Дальнего востока в следующем формате:

<i>Код поста</i>	<i>n</i>	<i>φ</i>	<i>λ</i>	<i>F</i>	\bar{Q}	<i>M</i>	<i>H</i>	<i>T</i>	<i>sr</i>	<i>Cv</i>	<i>Cs</i>	<i>r</i>	<i>P</i>	<i>Pl</i>	<i>Pl/n</i>	χ^2	$n\omega^2$
------------------	----------	----------	----------	----------	-----------	----------	----------	----------	-----------	-----------	-----------	----------	----------	-----------	-------------	----------	-------------

Где:

Код поста – номер гидрологического поста в базе данных rArcticnet;

n – длина выборки;

φ – широта, °с.ш. (десятичные доли градуса);

λ – долгота, °в.д. (десятичные доли градуса);

Картографирование.mxd - ArcMap - ArcInfo

Файл Правка Вид Закладки Вставка Выборка Инструменты Окно Справка

1:18 782 745

100%

Слой: Тектоническая карта СССР.jpg Слой: Psp

Слои

- [-] Psp
- [+] Бассейны
 - [x] Все точки F>1000
 - [x] №1
 - [x] №2
 - [x] №3
 - [x] №4
 - [x] №5
 - [x] №6
 - [x] №7
 - [x] №8
 - [x] №9
 - [x] №10
 - [] Лена_Енисей_без_1_9
 - [] Енисей_и_Лена
 - [] Сибирь_и_Дальний_В...
 - [] Енисей_15000
 - [] Лена_15000

Атрибуты №6

FID	Shape *	Код пост	Кол в	Широта	Долгота	Площадь	Норма	Модуль	Н	Т	вг	Сv	Сs	г	минус	Кол в	Pl л	m л
0	Точка	7033	48	55,48	77,82	2740	6,5	2,37	10	18,5	30	0,5	0,84	0,4	4,52	3	0,09	0,06
1	Точка	6781	42	55,5	84,73	1390	3,63	2,61	20	18,2	22	0,3	0,4	0,1	4,8	3	0,11	0,07
2	Точка	6515	35	55,53	97,6	7940	104,03	13,1	33	16,8	23	0,1	0,08	0	5,05	3	0,14	0,09
3	Точка	6798	28	55,55	89,63	1600	2,08	1,3	30	17,3	26	0,4	0,82	0,3	5,18	3	0,18	0,11
4	Точка	6814	36	55,6	88,05	3420	84,77	24,79	26	16,1	25	0,1	-0,01	0,0	7,9	7	0,22	0,19
5	Точка	6593	53	55,65	95,48	8710	97,21	11,16	25	17,5	22	0,1	0,57	0	5,97	4	0,11	0,08
6	Точка	7016	21	55,67	77,57	3150	4,78	1,52	11	18,3	31	0,8	1,35	0,4	4,31	5	0,21	0,24
7	Точка	7018	35	55,67	77,25	2310	2,85	1,23	10	18,3	31	0,9	1,63	0,4	6,64	3	0,19	0,09
8	Точка	7008	31	55,68	79,07	10200	15,87	1,56	11	17,7	30	0,8	1,19	0,5	4,66	3	0,15	0,1
9	Точка	6597	42	55,7	95,73	11500	136,03	11,83	24	18,1	21	0,2	0,38	0	5,22	6	0,12	0,14
10	Точка	6802	49	55,73	89,22	5000	32,79	6,56	24	17,6	26	0,2	0,23	0,1	4,45	3	0,09	0,06
11	Точка	6828	37	55,73	86,3	1060	11,1	10,47	17	16,9	23	0,2	0,59	0	3,79	3	0,1	0,08
12	Точка	6400	22	55,75	109,3	2380	38,77	16,29	66	15,4	45	0,1	0,47	0	3,42	3	0,16	0,14
13	Точка	6517	24	55,8	97,28	4580	52,6	11,48	27	18,2	22	0,2	0,13	0,1	2,22	5	0,09	0,21
14	Точка	8631	21	55,83	80,33	5530												
15	Точка	7007	25	55,85	80,03	6500												
16	Точка	6819	26	55,87	88,32	1320												
17	Точка	6401	32	55,88	109,78	1050												
18	Точка	6587	53	55,9	92,5	9260												
19	Точка	6820	28	55,95	88,1	1720												

Извлечение

Имя поля с извлеченным значением
Temp

Исходный растр - карта АгроАтласа
F:\Картирование\Агроатлас\Temperature_avg_07.RST

Точечный слой, в который будут извлекаться значения растра
Бассейны\Все точки F>1000\№1

OK Отмена Параметры среды... Показать Справку >>

15506180,021 5411484,853 Метры

Рисунок 4.1. Фрагмент ГИС-проекта «Полимодальность»

F – площадь водосбора, км²;

\bar{Q} – норма годового стока, м³/с;

M – модуль стока, л/с км²;

H – высота над уровнем моря в замыкающем створе, м;

T – средняя среднелетняя температура июля в замыкающем створе, °С;

sr – среднее среднеквадратическое отклонение среднелетних среднемесячных значений осадков за июль;

Cv – коэффициент вариации, определенный методом моментов;

Cs – коэффициент асимметрии, определенный методом моментов;

r – коэффициент автокорреляции;

P – вероятность случайного появления полимодальности;

Pl – критерий полимодальности Лобанова, $Pl = -lgP$;

m – количество выделенных ненулевых интервалов эмпирического закона распределения;

Pl/n – относительная степень полимодальности;

m/n – относительное количество мод;

χ^2 – критерий Пирсона;

$n\omega^2$ – критерий Крамера-Мизеса-Смирнова.

При помощи инструмента геокодирования «Добавить данные XY» точки наносятся на карту, при этом поле λ указывается, как содержащее значение координат X (долгота), поле φ указывается, как содержащее координаты Y (широта). Данные добавляются в проект в виде временного слоя, и для последующей работы его необходимо экспортировать в шэйп-файл и задать ему географическую систему координат. При этом все существующие в исходном файле поля сохраняются как поля атрибутивной таблицы точечного слоя. Все данные в проекте хранятся в географической системе координат Пулково 1942.

2. Добавление цифровой модели рельефа (ЦМР) и извлечение значений ячеек растра в поле атрибутивной таблицы слоя с точками.

Поскольку в работе выполняется исследование зависимости степени полимодальности от высоты над уровнем моря в замыкающем створе, необходимы сведения о высотных отметках замыкающих створов, которые исходная база данных не предоставляет. В качестве источника такого рода данных была использована цифровая модель рельефа eToro2.

Для получения значений растра в заданных точках в модуле SpatialAnalyst программы ArcGIS предусмотрен специальный инструмент «Извлечь значения в точки». В качестве входных точечных объектов указывался слой с гидрологическими постами, в качестве исходных растровых данных – цифровая модель рельефа. В результате выполнения операции создается новый точечный слой, в котором полностью сохраняются все поля входной атрибутивной таблицы, и добавляется поле с извлеченными значениями ячеек растра. В данном случае это отметки высот.

3. Вычисление значений полей.

Для построения карт характеристик полимодальности, отнесенных к высотному и широтному положению водосбора использовался инструмент «калькулятор поля». Каждая картографируемая величина была вычислена в отдельном поле атрибутивной таблицы точечного слоя и использована для создания карты.

4. Интерполяция в растр.

Карта распределения характеристик степени полимодальности по территории Сибири и Дальнего Востока была получена путем интерполяции точечных данных в растровое покрытие. Модуль SpatialAnalyst программы ArcGIS9.3.1, при помощи которого производилась данная операция, предоставляет возможность интерполяции в растр по пяти алгоритмам:

- Слайн;
- Обратно взвешенные расстояния (ОВР);
- Кригинг;
- Естественная окрестность;
- Тренд.

Для решения задач настоящего исследования оптимален метод «естественной окрестности» («метод ближайшего соседа»), который подходит для обработки большого количества точек.

Результатом выполнения интерполяции является растровый слой данных, каждая ячейка которого содержит вычисленное значение отображаемой характеристики.

5. Визуализация растра.

Растр может быть визуализирован различными способами: растяжка, уникальные значения, классификация. Для решения задач данного исследования метод классификации подходит более всего, так как позволяет наглядно оценить распределение исследуемой величины по территории.

При использовании данного метода визуализации ключевыми являются два параметра: количество создаваемых классов и используемая схема классификации.

Схема классификации определяет максимальные и минимальные значения, входящие в каждый класс. ArcMap предоставляет несколько типовых схем классификации, выбор конкретной схемы зависит от вариации исходных данных. Для решения задач данного диссертационного исследования была использована схема классификации «естественные границы»: «классы основаны на естественном группировании данных. ArcMap находит точки группировки, подбирая границы между классами таким образом, чтобы сгруппировать схожие значения и максимально увеличить различия между классами. Объекты делятся на классы там, где встречаются относительно большие скачки значений»[1].

6. Выбор системы координат и проекции.

Так как в данном исследовании рассматривалась довольно значительная территория, не позволяющая отобразить её на плоской карте без искажений, большое значение при представлении данных имеет используемая географическая проекция.

На выбор проекции влияет множество факторов:

- географические особенности картографируемой территории, её положение на земном шаре, размеры и конфигурация;
- назначение, масштаб и тематика карты, предполагаемый круг потребителей;
- условия и способы использования карты, задачи, которые будут решаться по ней, требования к точности результатов измерений;
- особенности самой проекции – искажение длин, площадей, углов и их распределение по территории, форма меридианов и параллелей, их симметричность, изображение полюсов, кривизна линий кратчайшего расстояния [7].

Исследуемые реки протекают по территории Сибири и Дальнего Востока, широта самого северного створа – $72,37^{\circ}$ с.ш, самого южного – $49,92^{\circ}$ с.ш. Так как основная цель данной карты – дать наглядное представление о существующих закономерностях в распределении степени полимодальности по широте, особенных требований к сохранению без искажений длин, углов или же площадей к проекции не предъявляется, поэтому была выбрана равновеликая коническая проекция Альберса для Сибири со следующими параметрами:

- стандартные параллели: 52° с.ш., 64° с.ш.;
- центральный меридиан: 105° в.д.;
- используемый эллипсоид: эллипсоид Красовского.

7. Создание компоновки карты.

В качестве общегеографической основы для карты использовалась растровая карта NASA, полученная при помощи дистанционного зондирования, с пространственным разрешением 5км. Данные находятся в свободном доступе (www.nasa.gov), имеют географическую привязку, что позволяет применять к ним любую проекцию.

Как видно на рисунке 4.2, распределение степени полимодальности по территории неравномерно, сильно зависит не только от широты водосбора, но также и его высотного положения. Если разделить исследуемую характеристику на значение высоты в замыкающем створ (рисунок 4.3), то получается более «гладкая» поверхность, что подтверждает сильную связь степени полимодальности с высотой водосбора. Число выделенных ненулевых интервалов, отнесенных к высоте, принимает максимальные значения на территории Западно-Сибирской низменности и рек бассейна Колымы.

Для оценки характера распространения характеристик степени полимодальности по территории мы прибегли к интегральной характеристике, выделяя на карте участки, число выделенных ненулевых интервалов на которых составляет 3 и более, 5 и более, 7 и более (рисунок 4.4) и участки со значением критерия Лобанова (Pl) 3 и более, 5 и более, 7 и более (рисунок 4.5). Полученная таким образом карта позволяет определить районы, обладающие более или менее высокой степенью неоднородности законов распределения годового стока рек, выраженной чередованием интервалов повышенной и пониженной плотности точек, что может трактоваться как полимодальность. Анализ карт показывает, что вероятность случайного появления выделенной эмпирической полимодальности меньше 0,01 наблюдается в верховьях трех сибирских рек: Обь, Енисей, Лена.

Аналогичные, но более подробные карты были разработаны отдельно для бассейнов рек Обь, Лена и Енисей (рисунки 4.6-4.8).

4.2 Разработка карт расположения гидрологических постов

Данная серия карт разрабатывалась с целью иллюстрации графиков зависимости характеристик степени полимодальности от физико-географических условий и статистических параметров стока. Эти карты позволяют определить, какие гидрологические посты участвовали в осреднении для получения точек, по которым строятся зависимости. Карты получены для каждого рассматриваемого района, а также в целом для арктического бассейна Сибири и Дальнего Востока. Карты представлены в п. 4.5.

4.3 Автоматизированная модель корректировки карт

Программная среда ArcGIS 9.3 позволяет автоматизировать процессы геообработки с использованием встроенного редактора Model Builder. Model Builder позволяет создавать модели, выполняющие последовательность операций в автоматическом режиме с возможностью задавать параметры используемых инструментов геообработки. Использование таких моделей удобно в том случае, если существует необходимость многократного выполнения одной и той же последовательности действий. В данном случае задачей, которую выполняет модель, является построение карт распространения характеристик степени полимодальности.

Повторное построение таких карт может понадобиться, например, при пополнении рядов данных наблюдений, при исключении тех или иных гидрологических постов из общего массива, для построения карт для отдельных территорий, и т.д.

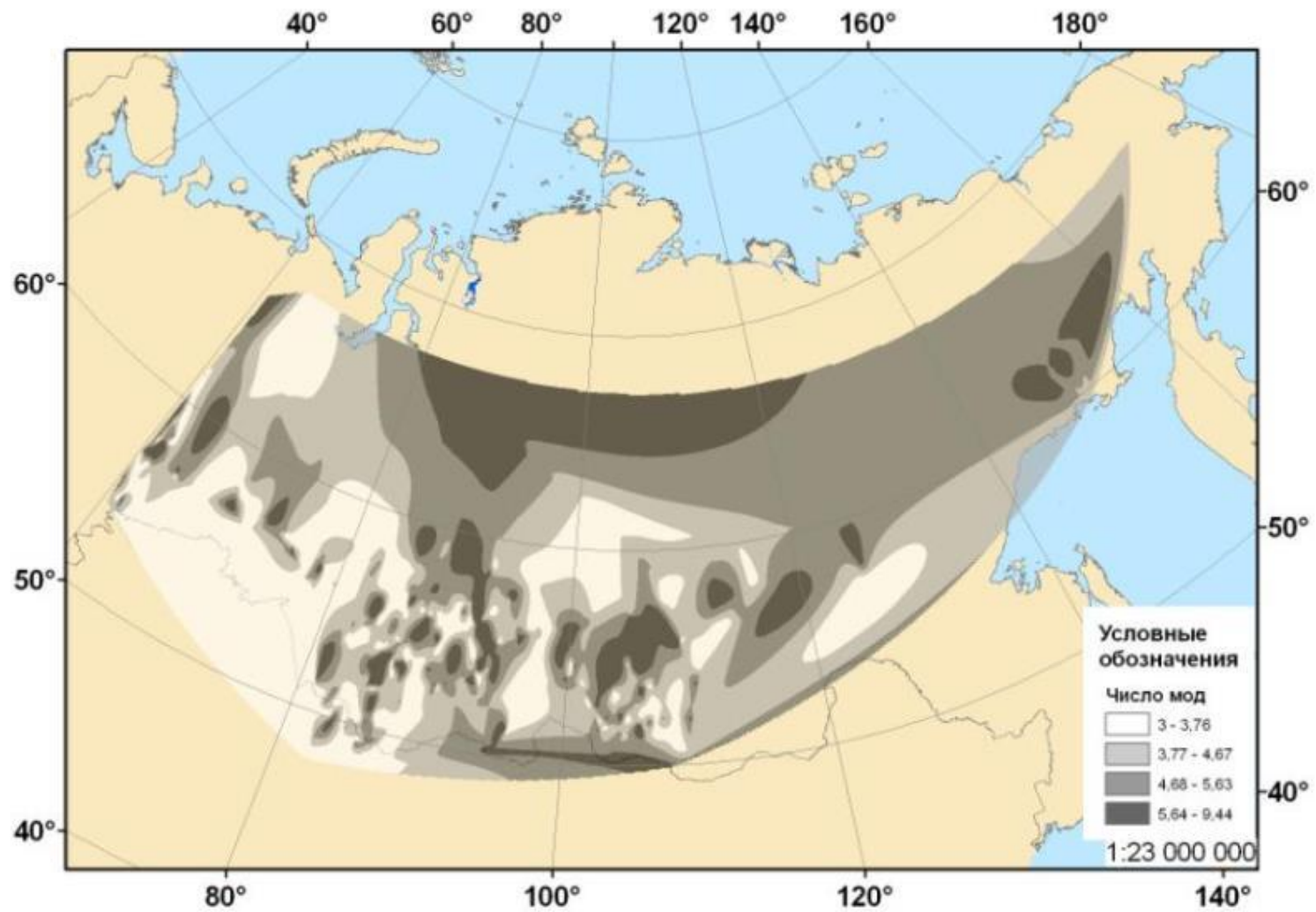


Рисунок 4.2. Распределение по территории числа выделенных интервалов повышенной плотности эмпирической вероятности, снятой с аналитической кривой

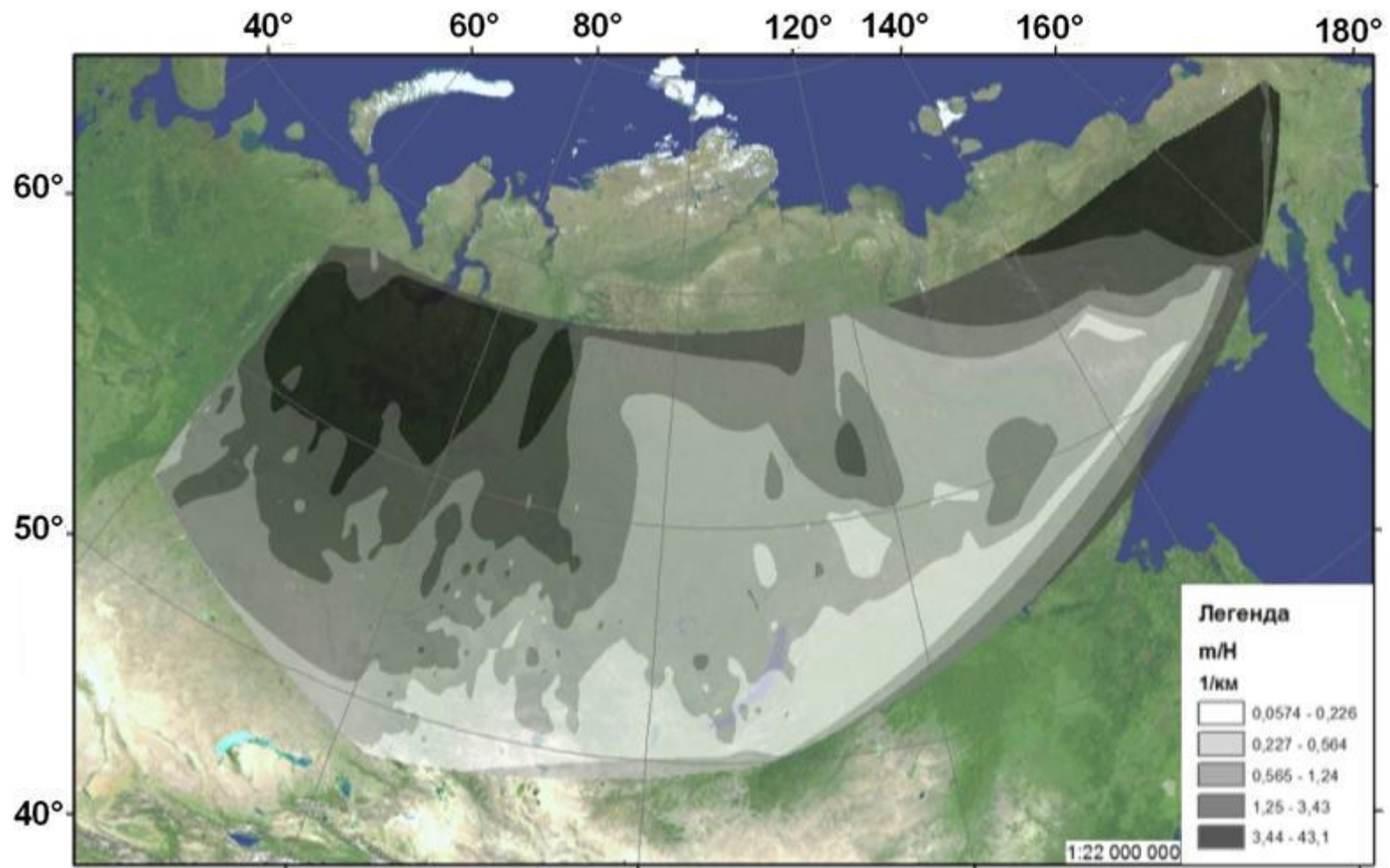


Рисунок 4.3. Распределение по территории величины выделенных ненулевых интервалов, отнесенных к высоте в замыкающем створе

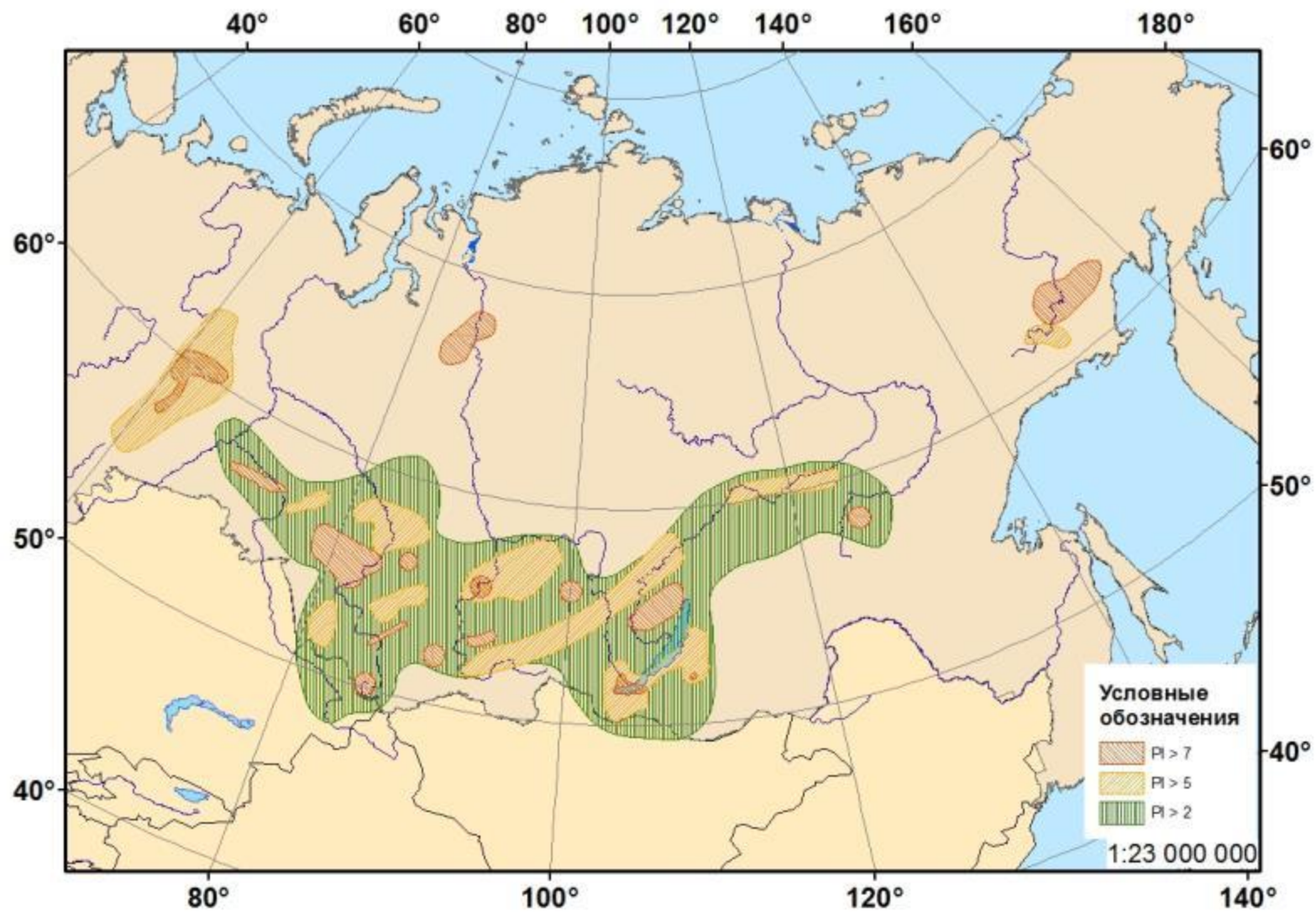


Рисунок 4.4. Карта распространения значения критерия Лобанова по территории Сибири и Дальнего Востока

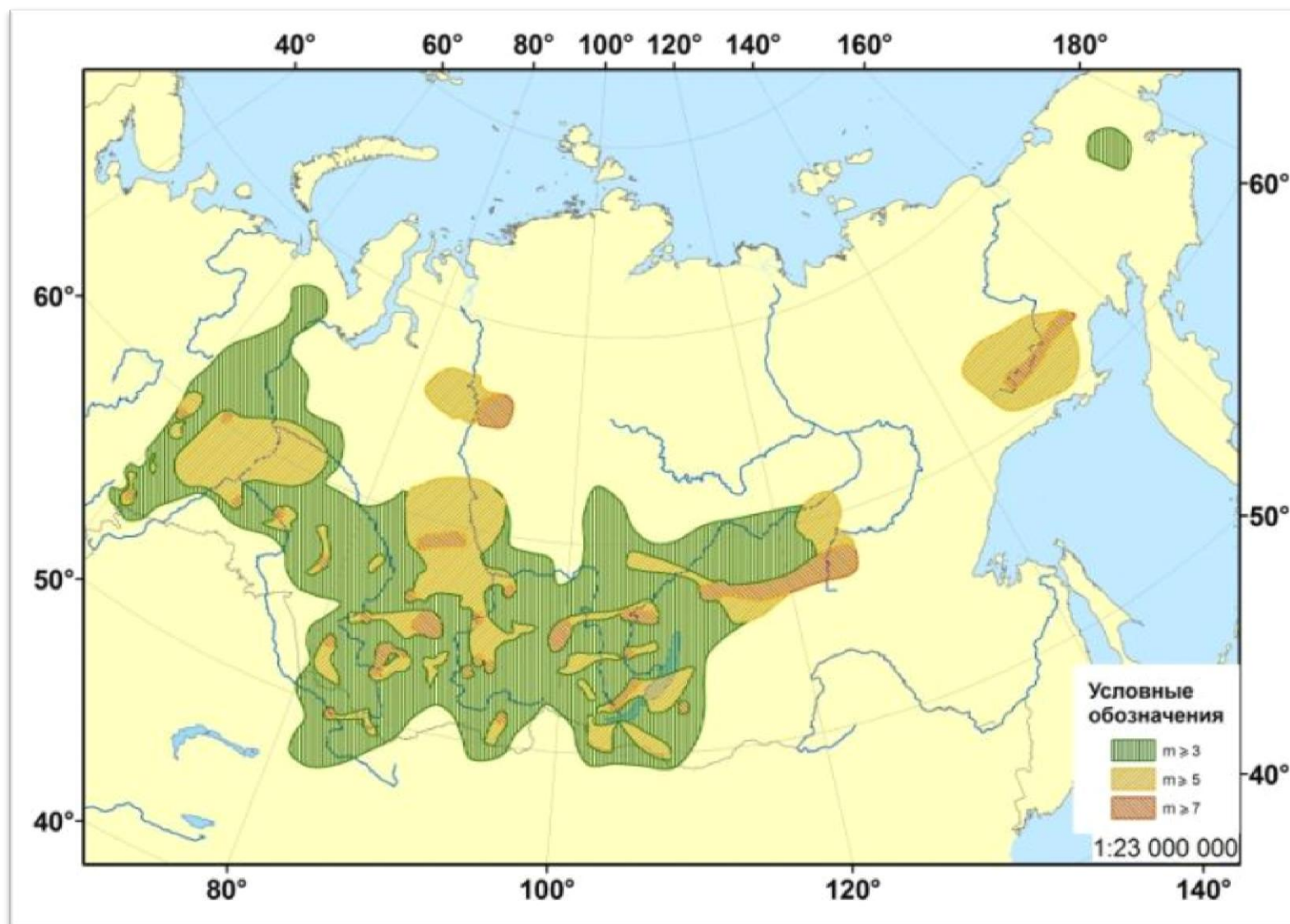


Рисунок 4.5. Карта распределения числа выделенных ненулевых интервалов по территории Сибири и Дальнего Востока

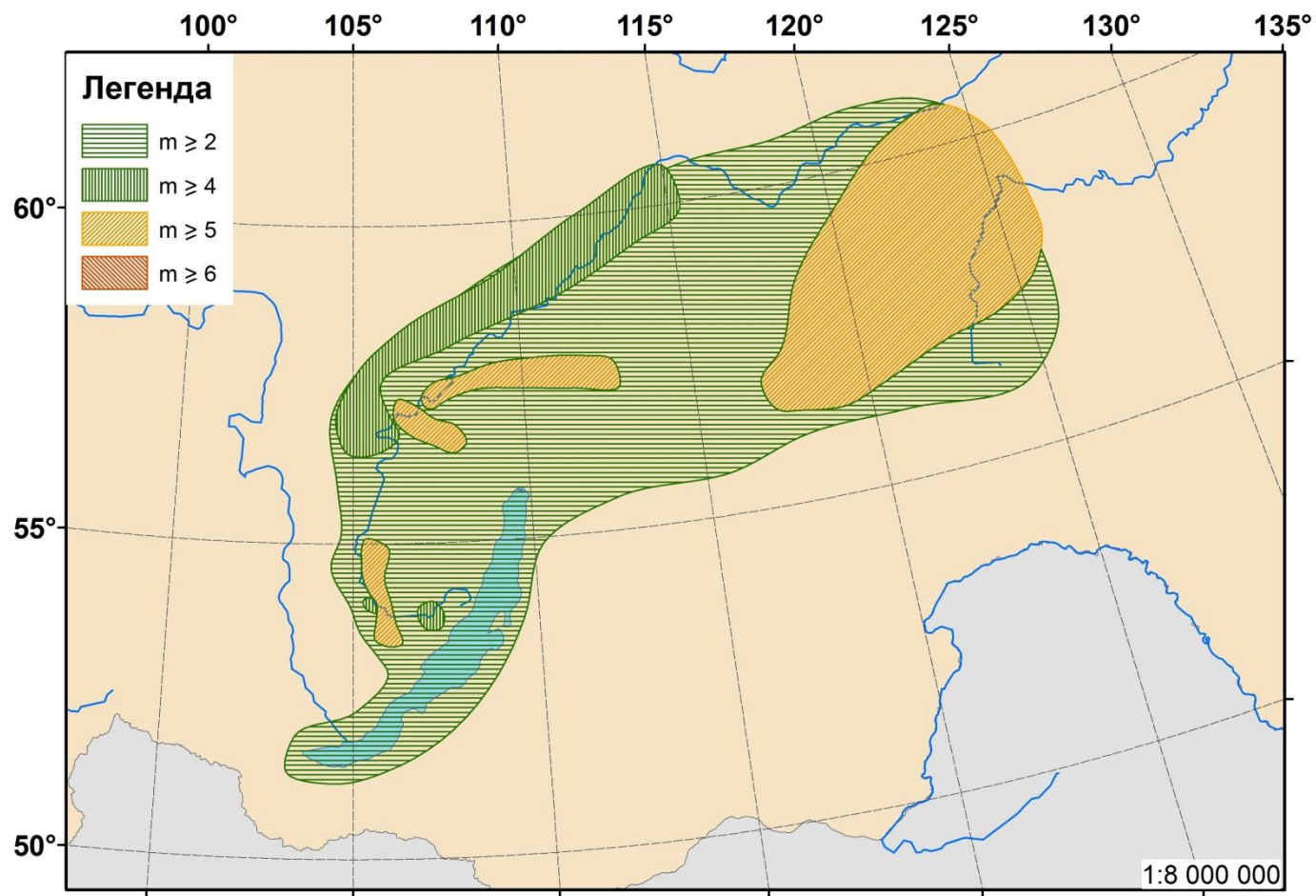


Рисунок 4.6. Карта распределения числа выделенных ненулевых интервалов по территории бассейна р.Лена

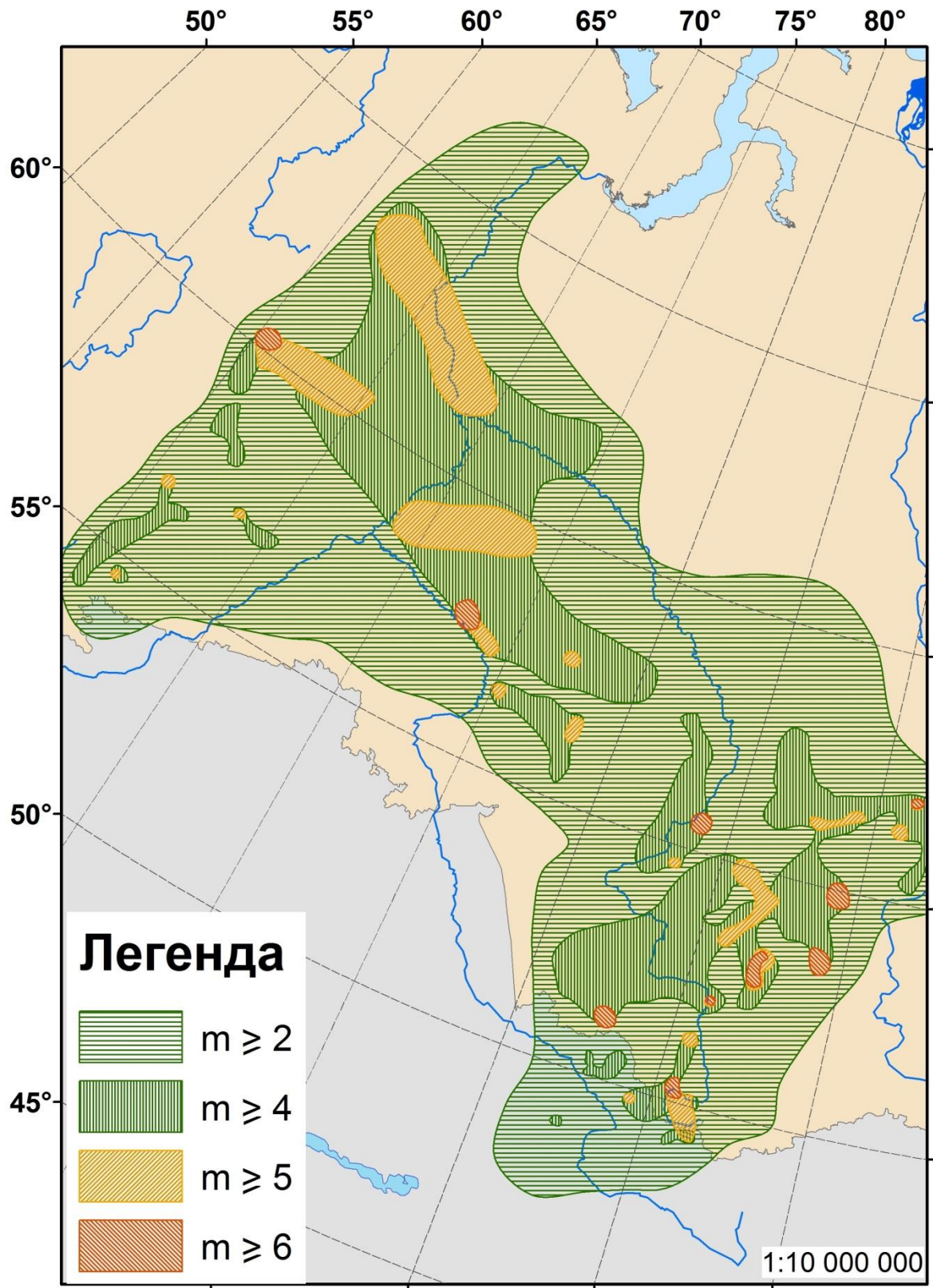


Рисунок 4.7. Карта распределения числа выделенных ненулевых интервалов по территории бассейна р. Обь

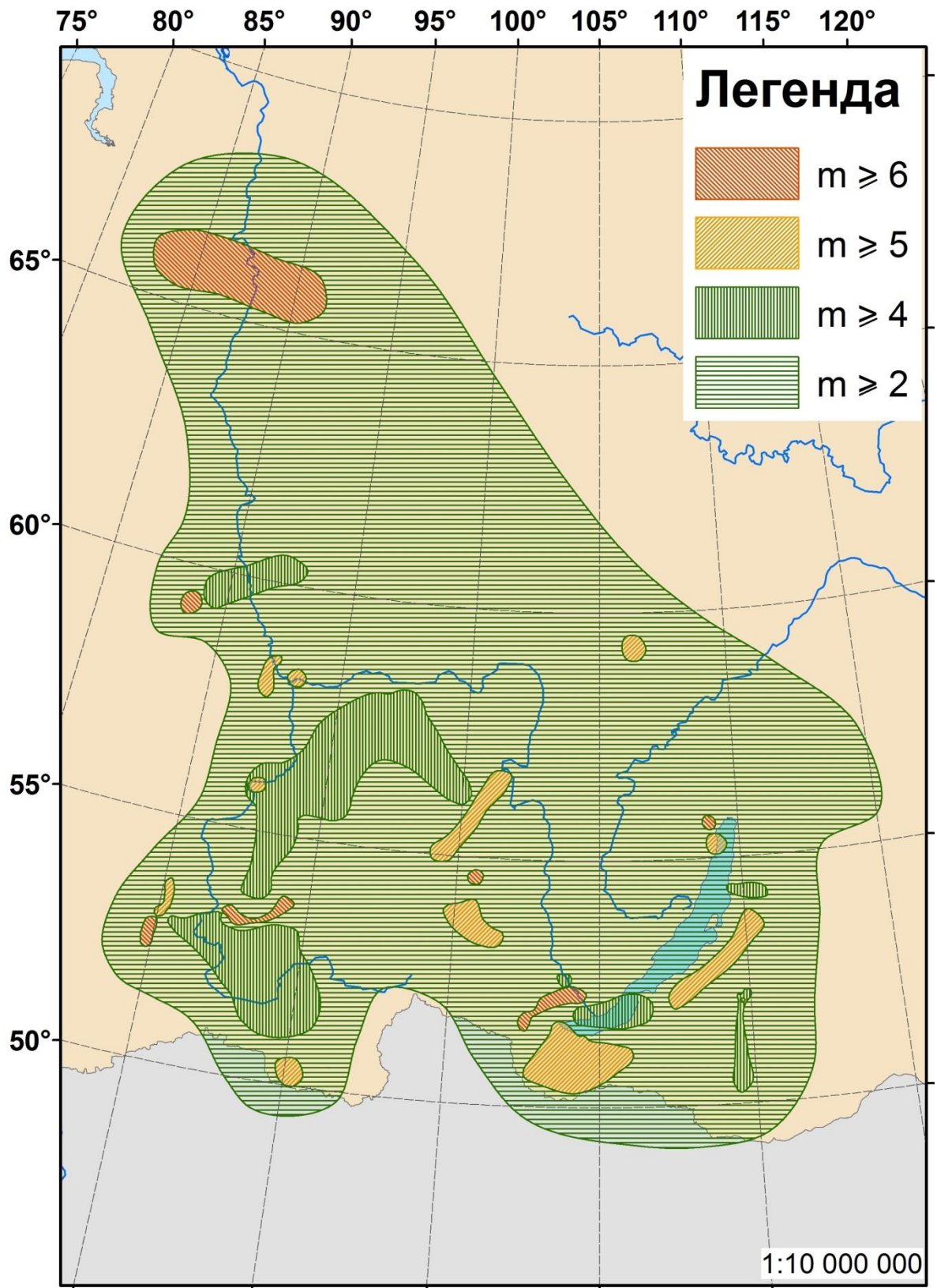


Рисунок 4.8. Карта распределения числа выделенных ненулевых интервалов по территории бассейна р. Енисей

В общем случае последовательность операций выглядит следующим образом:

1. Добавление на карту гидрологических постов с атрибутивными данными;
2. Определение географической привязки;
3. Интерполяция в растр;
4. Переклассификация растра с целью получения наиболее четкой картинки.

Разработанная модель, совершающая все указанные действия, показана на рисунке 4.9.

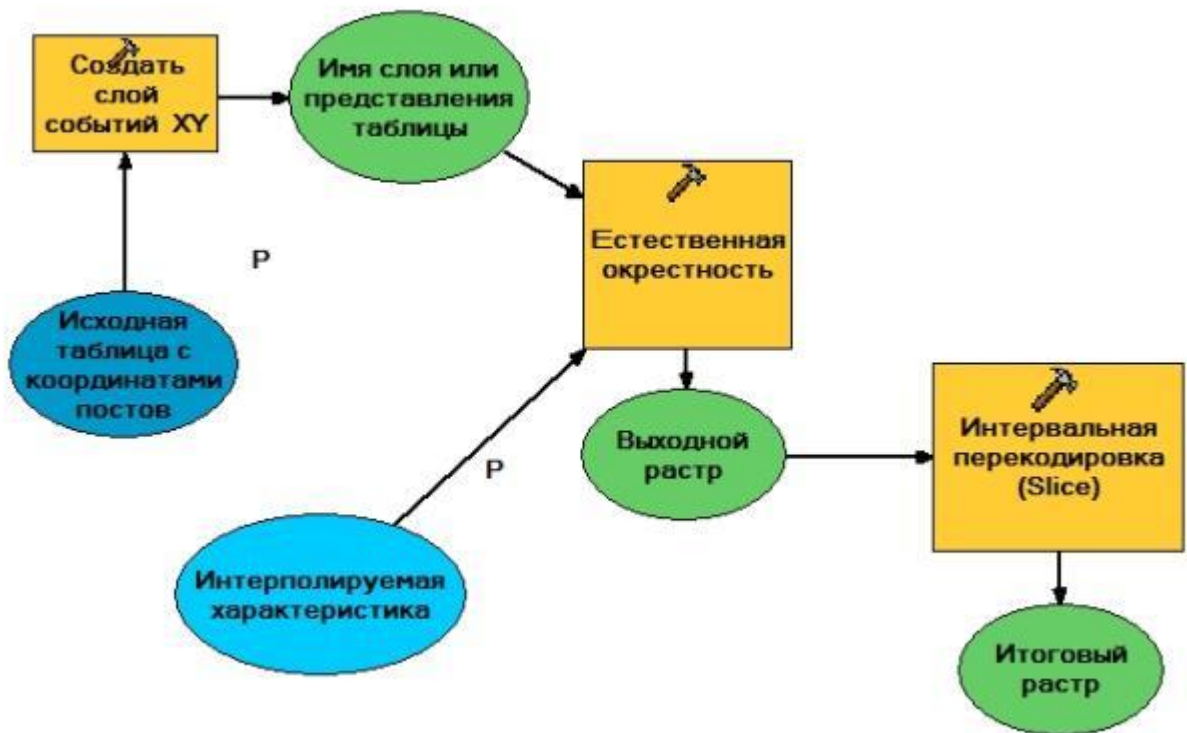


Рисунок 4.9. Модель для построения карт распространения характеристик полимодальности

Элементы «Исходная таблица с координатами постов» и «интерполируемая характеристика» являются параметрами моделей (об этом говорит буква «P» возле их обозначений). Значения параметров может задавать пользователь при запуске модели, указывая их в одноименных

полях (Рисунок 4.10). Остальные необходимые значения задаются в ходе выполнения модели автоматически.

Использованы следующие инструменты ArcToolbox:

1. «Создать слой событий XY» – добавление данных на карту по координатам, содержащимся в таблице. Параметры:
 - a. Таблица XY. Является параметром модели, задается пользователем при помощи диалогового окна открытия файла;
 - b. Поле X. Поле, содержащее значение долготы. По умолчанию имеет значение “Long”. Является параметром модели;
 - c. Имя слоя или представления таблицы. Имя выходного слоя событий;
 - d. Пространственная привязка. Указывается географическая система координат WGS 1984

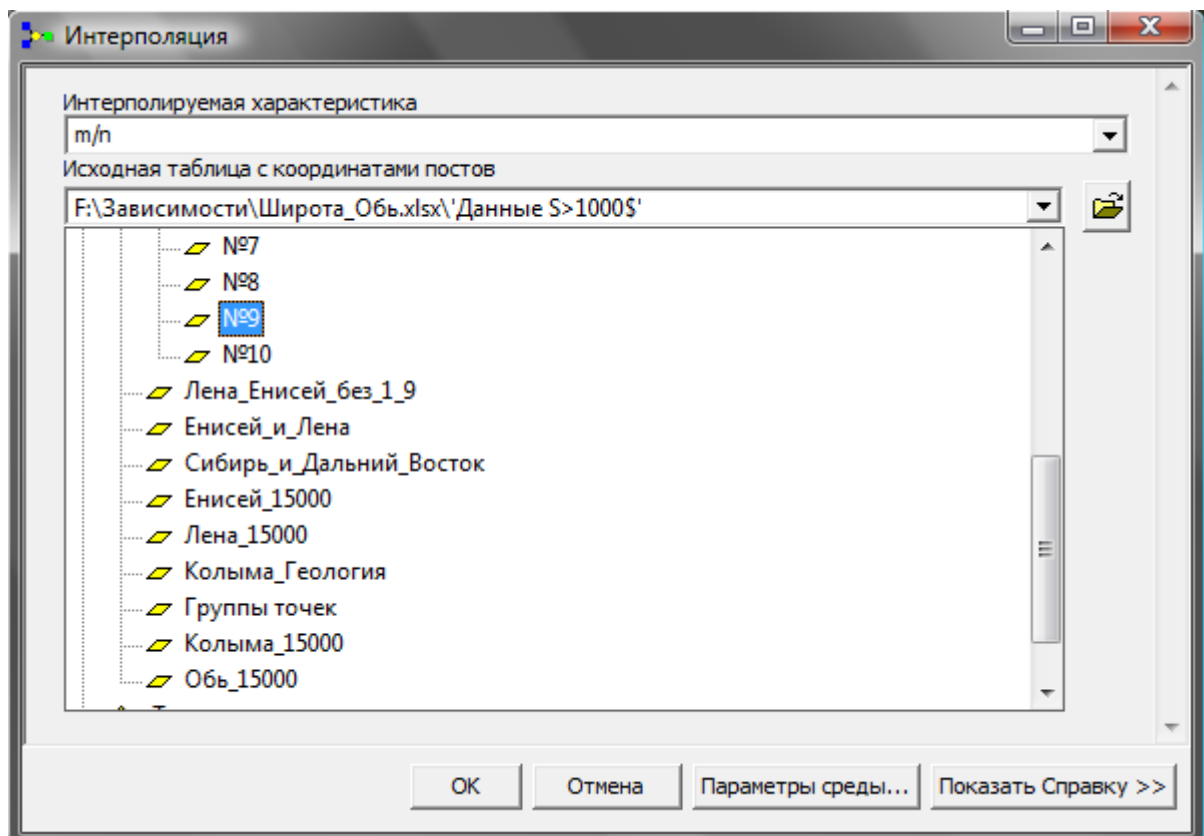


Рисунок 4.10. Рабочее окно модели «Интерполяция».

2. Естественная окрестность – инструмент модуля SpatialAnalyst, производящий интерполяцию в растровый слой величины, задаваемой точечным слоем. Параметры:
 - a. Входные точечные объекты – выходной слой инструмента «Создать слой событий XY»;
 - b. Поле значений Z – поле, содержащее интерполируемую величину. Параметр модели;
 - c. Выходной растр. Имя выходного растрового слоя.
3. Интервальная перекодировка – инструмент, задающий классификацию растра. Параметры:
 - a. Входной слой – выходной слой инструмента «Естественная окрестность»;
 - b. Выходной растр – имя переклассифицированного растрового слоя;
 - c. Число выходных зон – количество классов, на которые будет разделена вся совокупность значений растра;
 - d. Метод интервальной перекодировки (опционально) – метод разбиения на классы. Для целей данного исследования принят метод естественных границ (см. п. 3.1);
 - e. Базовая зона для выходного файла (опционально) – определяет минимальный номер зоны, который будет отображен на карту. В данном случае принималось значение по умолчанию 1.

4.4 Автоматизированная модель для работы с данными АгроАтласа

Карты, составляющие содержания АгроАтласа, представляют собой растровые слои в формате геоинформационной системы IDRISI, имеющие

2. ASCII в растр. Перевод полученного файла ASCII в формат GRID. Входные параметры:

- a. Входной растровый файл ASCII – имя полученного ASCII файла;
- b. Выходной растр;
- c. Тип выходных данных – числовой формат данных. Принимает значение INTEGER (целочисленный) или FLOAT (с точкой).

3. Задать проекцию. Назначает систему координат полученному файлу в формате GRID. В АгроАтласе использована равновеликая проекция Альберса на СССР. Среди встроенных в ArcGIS проекций такой нет, поэтому создавалась самостоятельно со следующими параметрами:

Проекция: Равноугольная коническая Альберса

Датум: Пулково 1942

Эллипсоид: Красовского

Начальный меридиан: 100

Начальная параллель: 0

Единицы измерения: метры

Стандартная широта 1: 44

Стандартная долгота 2: 68

4. Извлечь значения в точки. Извлекает значения ячеек растра на основании набора точек. Параметры:

- a. Точечный слой, в который будут извлекаться значения растра. В данном случае это гидропосты. Параметр модели;
- b. Входной растр;
- c. Выходные точечные объекты.

5. Добавить поле. Добавляет поле к атрибутивной таблице указанного слоя. В данном случае это слой с извлеченными значениями. Используется для задания нужного формата и названия для поля с извлекаемой характеристикой. Параметры:

- a. Входные объекты;
- b. Имя поля. Параметр модели;

- c. Тип поля. Определяет формат данных в поле. Может быть текстовым (TEXT), числовые значения с дробными величинами (FLOAT), числовые значения с плавающей точкой удвоенной точности (DOUBLE), короткие целые (SHORT), длинные целые (LONG), дата (DATE), изображения, мультимедиа (BLOB), растровые изображения (RASTER). В данном случае используется тип FLOAT;
- d. Число десятичных знаков. Зависит от принятой точности представления данных и порядков чисел. По умолчанию равняется трем знакам после запятой.

6. Вычислить поле. Вычисляет значение указанного поля. Входные данные:

- a. Входной объект;
- b. Имя поля – имя, заданное в предыдущем пункте;
- c. Выражение. Выражение, по которому вычисляется значение поля. В данном случае полю присваивается значения поля Rastervalue, в которое по умолчанию извлекаются значения растра. Выражение: Имя поля = RASTERVALUE

7. Удаление поля. Удаляется лишнее поле RASTERVALUE, так как его название и формат изменить нельзя, значения из него переносятся в созданное предыдущими инструментами поле, а само оно удаляется.

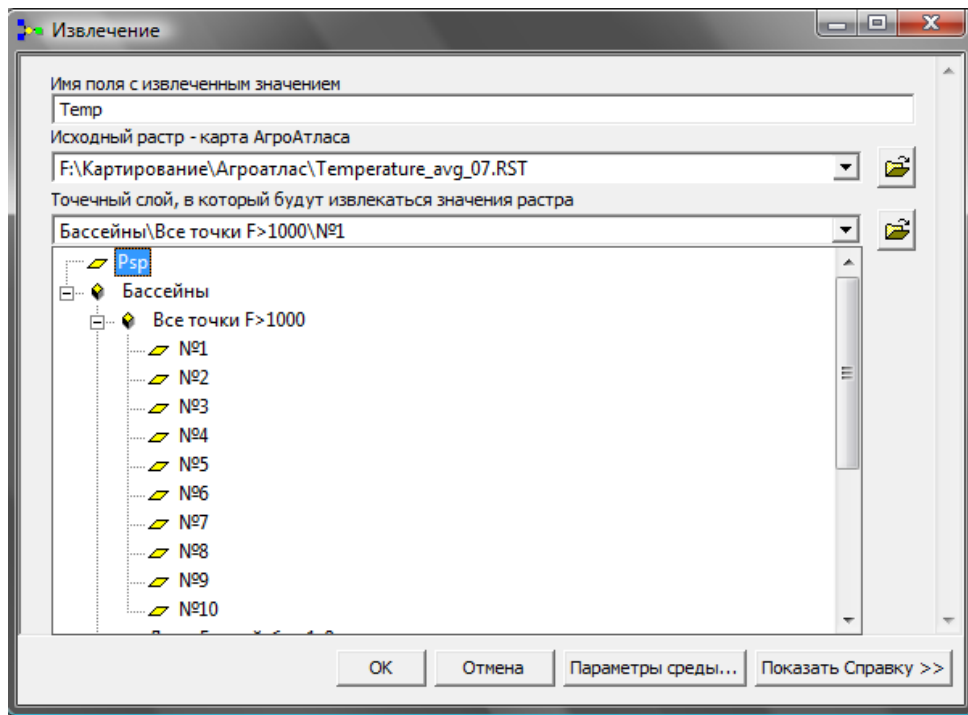


Рисунок 4.12. Рабочее окно модели «Извлечение»

В результате выполнения этой модели создается и добавляется на карту новый точечный слой, по содержанию идентичный исходному, но с дополнительным полем, содержащим значение извлекаемой величины.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Настоящая диссертационная работа посвящена исследованию степени внутренней неоднородности законов распределения годового стока рек арктического бассейна Сибири и Дальнего Востока, проявляющейся как чередование интервалов повышенной и пониженной плотности точек, что может интерпретироваться как полимодальность. Учет полимодальности необходим при гидротехническом проектировании с целью уменьшения рассогласованности между эмпирическими и сглаживающими их аналитическими кривыми обеспеченности.

Цель данного диссертационного исследования состояла в оценке степени полимодальности эмпирических законов распределения годового стока рек арктического бассейна Сибири и Дальнего Востока на основе использования критерия полимодальности Пирсона и Лобанова, а также в выявлении пространственного распространения характеристик степени полимодальности и их связи с физико-географическими характеристиками и статистическими параметрами стока.

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

1. Разработана автоматизированная система исследования:
 - 1.1. Разработаны приложения для автоматизированной статистической обработки базы данных годового стока рек арктического бассейна;
 - 1.2. Выполнено тестирование критериев полимодальности;
2. Разработаны карты распределения степени выделенной полимодальности годового стока рек по территории Сибири и Дальнего Востока при помощи геоинформационных систем;
3. Проведен анализ связи внутренней неоднородности кривых обеспеченности с типами атмосферной циркуляции на примере рек бассейнов Колымы и Анадыря.

Основными результатами исследования является следующее:

1. Разработана технология автоматизированной оценки (ТАО) полимодальности ЗР годового стока рек, опирающаяся на нормативный документ СП 33-101-2003 по определению основных расчетных гидрологических характеристик, критерий согласия Пирсона и критерий полимодальности Лобанова;

2. Выполнено тестирование ТАО методом Монте-Карло на основе моделирования искусственных выборок с заведомо полимодальными ЗР. Численные эксперименты показали высокую мощность используемых критериев: при длинах выборки 40-60 членов надежность не сделать ошибку 2-го рода составляет 96-99%. Высокая мощность критериев гарантирует высокую надежность статистических выводов при исследовании полимодальных ЗР в природе;

3. На основе большого количества данных (563 пункта наблюдений) показано широкое распространение (79% при уровне значимости 0,01) полимодальности ЗР годового стока рек Сибири и Дальнего Востока;

4. Впервые разработаны карты распределения характеристик степени полимодальности ЗР для территории Сибири и Дальнего Востока;

5. Показана связь внутренней неоднородности ЗР годового стока и повторяемости типов атмосферной циркуляции для рек бассейнов Колымы и Анадыря. Предложен критерий для объяснения причин существования двумодальности ЗР этих рек.

На основе полученных результатов можно сделать следующие выводы:

1. Критерии согласия Пирсона и Лобанова могут быть использованы для надежной оценки полимодальности ЗР годового стока рек и для обоснованного применения составных кривых обеспеченности, рекомендуемых СП 33-101-2003;

2. Опыт выделения двумодальности ЗР годового стока рек северо-востока России на основе типов атмосферной циркуляции, представленный в работе, может быть распространен на другие регионы;

3. Выявленное широкое распространение полимодальности ЗР годового стока рек по территории Сибири и Дальнего востока показывает необходимость дальнейшего глубокого изучения явления полимодальности и разработки физической модели ее формирования.

Практические результаты работы состоят в следующем:

- Разработана автоматизированная система для статистической обработки данных гидрологического стока, которая может быть использована для автоматизированной статистической обработки базы данных RArcticNet, построения эмпирических и сглаживающих их аналитических кривых обеспеченностей, расчета критериев полимодальности закона распределения;
- Разработанный ГИС проект «Распространение характеристик полимодальности законов распределения годового стока рек арктического бассейна Сибири и Дальнего Востока» позволяет количественно оценить значения критериев полимодальности, выполнять различные виды пространственного анализа. Разработанная модель автоматизирует процесс построения карт и позволяет быстро корректировать карты распространения характеристик степени полимодальности при пополнении базы данных.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. ArcGIS 9 ArcMap : руководство пользователя. – М.: ESRI, 2004. – 558 с.
2. ArcGIS 9 ArcCatalog : руководство пользователя. – М.: ESRI, 2004. – 274 с.
3. ArcGis 9 Редактирование в ArcMap 9. – М.: ESRI, 2004. –328 с.
4. ArcGis 9 SpatialAnalyst : руководство пользователя. – М.: ESRI, 2004. – 219 с.
5. ArcGIS 9 Картографические проекции. – М.: ESRI, 2004. – hj218 с.
6. ArcGIS 9. Геообработка в ArcGIS 9. – М.: ESRI, 2004. - 358 с.
7. Берлянт, А. М. Картография / А. М. Берлянт. – М. : Аспект Пресс, 2002. - 336 с.
8. Большая советская энциклопедия. - М. : Советская энциклопедия.
9. Большев, Л. Н. Таблицы математической статистики / Л. Н. Большев, Н. В. Смирнов. – М. : Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1983. – 416 с.
10. Брукс, К. Применение статистических методов в метеорологии / К. Брукс, Н. Карузерт. – Л. : Гидрометиздат, 1963. - 315 с.
11. Варламов, С. М. Исследование влияний термических характеристик подстилающей поверхности на атмосферу с помощью малокомпонентной модели / С. М. Варламов, Ю. Н. Волков // Метеорология и гидрология. – 1982. - № 11. – С. 44-51.
12. Варламов, С. М. Моделирование двухлетних колебаний тропосферной циркуляции умеренных широт / С. М. Варламов // Метеорология и гидрология. - 1982. - № 1. – С. 5-13.
13. Вентцель, Е. С. Теория вероятностей / Е. С. Вентцель. – М. : Физматгиз, 1962. - 564 с.

14. Виноградов, Ю. Б. Современные проблемы гидрологии : учеб. пособие / Ю. Б. Виноградов, Т. А. Виноградова. – М. : Академия, 2008. – 320 с.
15. Владимиров, А. М. Гидрологические расчеты / А. М. Владимиров. – Л. : Гидрометиздат, 1990. – 365 с.
16. Волков, В. Б. Понятный самоучитель Excel / В. Б. Волков. – СПб. : Питер, 2010. – 252 с.
17. Галин, М. Б. О множественности режимов общей циркуляции атмосферы / М. Б. Галин, С. Е. Киричков // Изв. АН СССР. Физика атмосферы и океана. - 1986. - Т. 22. - №5. - С. 451-457.
18. Георгиевский, Ю. М. Гидрологические прогнозы : учеб. / Ю. М. Георгиевский, С. В. Шаночкин. – СПб. : изд-во РГГМУ, 2007 – 436 с.
19. Голицын, Г. С. Динамика крупномасштабных атмосферных процессов : сб. / Г. С. Голицын, Л. А. Дикий. - М. : Наука, 1967. - 200 с.
20. Давыдов, Л. К. Общая гидрология / Л. К. Давыдов, А. А. Дмитриева, Н. Г. Конкина - Л. : Гидрометеиздат, 1973. - 463 с.
21. Дашко, Н. А. Исследование статистических характеристик метеорологических величин для целей гидрометеорологического обеспечения морских отраслей народного хозяйства / Н. А. Дашко, С. М. Варламов // Региональные вопросы синоптической метеорологии и экологии : межвузовский тематический сб. – Вып. 9. Деп. в ВНИИГМИ МЦД. - 1993.- № 1157. – Гм. - 93.
22. Дмитриев, А. А. Явление квантовой энергии зональной циркуляции атмосферы / А. А. Дмитриев, В. А. Малинников // Труды ГГО. – 1973. – Вып. 429. – С. 74 - 81.
23. Дружинин, В. С. Методы статистической обработки гидрометеорологической информации / В. С. Дружинин, А. В. Сикан. - СПб. : изд-во РГГМУ, 2001.
24. Евстигнеев, В. И. Речной сток и гидрологические расчеты : учеб. / В. И. Евстигнеев. – М. : изд-во МГУ, 1990. – 304 с.

25. Кобышева, Н. В. Климатическая обработка метеорологической информации / Н. В. Кобышева, Г. Я. Наровлянский. – Л. : Гидрометиздат, 1978. – 296 с.
26. Коваленко, В. В. Выбросы размерности фазовых пространств прогностических и диагностических моделей развития процессов катастрофического формирования многолетнего речного стока / В. В. Коваленко // Ученые записки Российского государственного гидрометеорологического университета. – 2010. - № 15. – С. 5 - 18.
27. Коваленко, В. В. Критерии устойчивого развития гидрологических процессов и картирование зон ожидаемых аномалий параметров годового стока рек СНГ при антропогенном изменении климата / В. В. Коваленко, В. А. Хаустов // Метеорология и гидрология. – 1998. - № 12. – С. 96 - 102.
28. Коваленко, В. В. Нелинейные аспекты частично инфинитного моделирования в эволюционной гидрометеорологии / В. В. Коваленко. - СПб. : изд-во РГГМУ, 2002. - 158 с.
29. Коваленко, В. В. Обеспечение устойчивости моделирования и прогнозирования речного стока методами частично инфинитной гидрологии / В. В. Коваленко
30. Коваленко, В. В. Частично инфинитная гидрология / В. В. Коваленко. – СПб. : изд-во РГГМУ, 2007. – 230 с.
31. Коваленко, В. В. Частично инфинитное моделирование и прогнозирование процессов развития / В. В. Коваленко. - СПб. : изд-во РГГМУ, 1998. - 112 с.
32. Конаржевский, Л. М. О несоответствии эмпирических кривых обеспеченностей некоторых гидрологических характеристик теоретической форме кривых Пирсона III-го типа / Л. М. Конаржевский // Труды III Всесоюзного гидрологического съезда. – Т. 2. – Л. : Гидрометиздат, 1959. - 762 с.

33. Корняков, В. Н. Программирование документов и приложений MS Office в Delphi / В. Н. Корняков. - СПб. : БХВ-Петербург, 2006. – 496 с.
34. Кудрявцев, А. С. Программирование в Delphi : учеб. пособие / А. С. Кудрявцев. - СПб. : ГОУ ВПО СПбГТУРП, 2011. – 102 с.
35. Культин, Н. Б. Основы программирования в Delphi 7 / Н. Б. Культин. - СПб. : БХВ-Петербург, 2007. – 608 с.
36. Крупномасштабные динамические процессы в атмосфере / ред. Б. Хоскинс, Р. Пирс. - М. : Мир, 1988. - С. 103 - 113.
37. Кузин, П. С. Географические закономерности гидрологического режима рек / П. С. Кузин, В. И. Бабкин. – Гидрометиздат, 1979. – 110 с.
38. Кучмент, Л. С. Расчет вероятностных характеристик максимального стока по метеорологическим данным с использованием динамико-стохастических моделей / Л. С. Кучмент, А. Н. Гельфан, В. Н. Демидов // Метеорология и гидрология. – 2002. - № 5. - С. 83 - 94.
39. Лобанов, В. А. Применение эмпирико-статистических методов для моделирования и анализа климатических изменений / В. А. Лобанов, А. Е. Шадурский // Ученые записки Российского государственного гидрометеорологического университета. – 2010. - № 14. – С. 73 - 88.
40. Лобанов, С. А. Картографирование характеристик полимодальности законов распределения годового стока рек Сибири и Дальнего Востока Арктического бассейна / С. А. Лобанов, Д. С. Задоя. - Экологические системы и приборы. – 2013. - № 3. - С. 17 - 20.
41. Лобанов, С. А. Критерий оценки степени полимодальности законов распределения случайных величин / С. А. Лобанов // Материалы IV Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Научное творчество XXI века». – Красноярск : Научно-инновационный центр, 2011. - С. 153 - 155.
42. Лобанов, С. А. Особенности территориального распространения полимодальности законов распределения годового стока рек Арктического бассейна Сибири и Дальнего Востока / С. А. Лобанов, Д.

- С. Монинец // Материалы XIII научного совещания географов Сибири и Дальнего Востока : т. 1. – Иркутск : изд-во Института географии СО РАН, 2007. – С. 160 - 161.
43. Лобанов, С. А. Оценка мощности критерия полимодальности законов распределения случайных величин методом Монте-Карло / С. А. Лобанов, Д. С. Задоя // Экологические системы и приборы. – 2012. - № 11. - С. 65 - 68.
44. Лобанов, С. А. Полимодальность законов распределения речного стока / С. А. Лобанов. – Владивосток : изд-во ДВГАЭУ, 2004. – 104 с.
45. Лобанов, С. А. Феномен всеобщего распространения полимодальности законов распределения гидрометеорологических характеристик / С. А. Лобанов // Материалы XIII научного совещания географов Сибири и Дальнего Востока : т. 1. – Иркутск : изд-во Института географии СО РАН, 2007. – С. 159 - 160.
46. Лоция реки Анадырь (№1450), ГУНиО МО, 1978.
47. Матвеев, Л. Т. Курс общей метеорологии. Физика атмосферы / Л. Т. Матвеев. – Л. : Гидрометиздат, 1976. – 640 с.
48. Монинец, Д. С. Разработка программного обеспечения для автоматизации статистического анализа гидрологических данных на примере базы данных RArcticNet / Д. С. Монинец // Сборник трудов IX Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Молодежь и современные информационные технологии» : ч. 2. Томск, 11 - 13 мая 2011 г. – Томск : Графикс. - С. 188 – 189.
49. Мохов, И. И. Множественные внутрисезонные температурные режимы и их эволюция в климатической модели ИФА РАН / И. И. Мохов, В. К. Петухов, В. А. Семенов // Изв. РАН. Физика атмосферы и океана. - 1998. - Т. 34.- № 2. - С. 163 - 171.

50. Мохов, И. И. Пространственно-временные климатические структуры / И. И. Мохов, В. К. Петухов. - М. : Препринт ИФА АН СССР. С. I, II. 1989. – 192 с.
51. Найденов, В. И. Гидрология суши : новый взгляд / В. И. Найденов // Вестник российской академии наук. – 2001. – Т. 71б. - № 5. – С. 405 - 414.
52. Найденов, В. И. Гидрофизический механизм эффекта Харста / В. И. Найденов, И. А. Кожевникова // Доклады РАН. - 2000. - № 1.
53. Найденов, В. И. Нелинейная динамика поверхностных вод суши / В. И. Найденов. - М. : Наука, 2004. - 318 с.
54. Найденов, В. И. Нелинейная модель колебаний уровня Каспийского моря / В. И. Найденов // Математическое моделирование. - 1992. - № 6.
55. Полякова, А. М. Влияние атмосферы на подстилающую поверхность и гидродинамические процессы Берингова моря / А. М. Полякова, Г. А. Власова, А. С. Васильев. – Владивосток : Наука, 2002. - 208 с.
56. Полякова, А. М. Календарь типов атмосферной циркуляции с учетом нестационарности над северной частью Тихого океана и их краткая характеристика / А. М. Полякова. – Владивосток : изд-во ДВГУ, 1999. - 116 с.
57. Полякова, А. М. Типы атмосферной циркуляции с учетом нестационарности над северной частью Тихого океана и особенности их развития в период проведения "Мегаполигона - 67" / А. М. Полякова // Эксперимент "Мегаполигон". - М. : Наука, 1992. - С. 186 - 195.
58. Пономарев, В. К. Базы данных в Delphi 7 : самоучитель / В. К. Пономарев. – СПб. : Питер. 2003. – 224 с.
59. Пособие по определению основных гидрологических характеристик. - Л. : Гидрометиздат, 1984. – 447 с.
60. Реймерс, Н. Ф. Природопользование : словарь-справочник / Н. Ф. Реймерс. – М. : Мысль, 1990. – 637 с.

- 61.Рождественский, А. В. Оценка точности гидрологических расчетов / А. В. Рождественский, А. В. Ежов, А. В. Сахарюк. – Л. : Гидрометиздат, 1990. - 276 с.
- 62.Рождественский, А. В. Статистические методы в гидрологии / А. В. Рождественский, А. И. Чеботарев. – Л. : Гидрометиздат, 1990. - 268 с.
- 63.Соколов, А. А. Гидрография СССР / А. А. Соколов. – Л. : Гидрометеиздат, 1952.
- 64.Соколовский, Д. Л. Речной сток / Д. Л. Соколовский. – Л. : Гидрометиздат, 1968. - 536 с.
- 65.Смирнов, Г. Н. Гидрология и гидротехнические сооружения / Г. Н. Смирнов, Е. В. Курлович, И. А. Витрешко и др. ; под ред. Г. Н. Смирнова. – М. : Высш. шк., 1988. – 472 с.
- 66.СП 33-101-2003. Определение основных расчетных гидрологических характеристик. Госстрой СССР. – М. : Стройиздат, 1985. - 36 с.
- 67.Основы геоинформатики : в 2 кн. Кн. 1 : учеб. пособие / Е. Г. Капралов, А. В. Кошкарев, В. С. Тикунов и др. ; под ред. В. С. Тикунова. – М. : Академия, 2004. – 352 с.
- 68.Хомоненко, А. Д. Delphi 7 / А. Д. Хомоненко. – СПб. : БХВ-Петербург, 2006. – 1216 с.
- 69.Чеботарев, А. И. Общая гидрология (воды суши) / А. И. Чеботарев. – Л. : Гидрометиздат, 1973. – 534 с.
- 70.Чупрынин, В. И. Нелинейные явления в геосистемах / В. И. Чупрынин. – М. : Наука, 2008. – 197 с.
- 71.Шелутко, В. А. Численные методы в гидрологии / В. А. Шелутко. – Л. : Гидрометиздат, 1991. – 238 с.
- 72.Hansen, A. R. Observation characteristics of atmospheric planetary waves with bimodal amplitude distributions / A. R. Hansen // Adv. Geophys. – 1986. – V. 29. - P. 227 - 249.

73. Lobanov, S. A. The phenomenon of poly-modality of the laws of distribution of annual discharge, maximum discharge and water levels / S. A. Lobanov.
74. Афонин, А. Н. Агроэкологический атлас России и сопредельных стран : экономически значимые растения, их вредители, болезни и сорные растения : [Интернет-версия 2.0] / А. Н. Афонин, С. Л. Грин, Н. И. Дзюбенко, под ред. А. Н. Фролова. – 2008. – Режим доступа : <http://www.agroatlas.ru>.
75. Генерация случайных чисел : [Электронный ресурс] // ALGLIB® - numerical analysis library, 1999-2012. – Режим доступа : <http://alglib.sources.ru/statistics/randomnumbers.php>. – Загл. с экрана.
76. Дубинин, М. Глобальная цифровая модель рельефа ETOPO2 : [Электронный ресурс] / М. Дубинин ; GIS-Lab. – Режим доступа : <http://gis-lab.info/qa/etopo2.html>. – Загл. с экрана.
77. Дубинин, М. Импорт данных SRTM с помощью Arcview Spatial Analyst : [Электронный ресурс] / М. Дубинин ; GIS-Lab. – Режим доступа : <http://gis-lab.info/qa/srtm-sa.html>. – Загл. с экрана.
78. Дубинин, М. Импорт табличных данных с координатной привязкой в share-файл (ArcGIS) : [Электронный ресурс] / М. Дубинин ; GIS-Lab. – Режим доступа : <http://gis-lab.info/qa/txt2points-ag.html>. – Загл. с экрана.
79. Дубинин, М. Начало работы с OpenStreetMap : [Электронный ресурс] / М. Дубинин ; GIS-lab. – Режим доступа : <http://gis-lab.info/qa/osm-begin.html>. – Загл. с экрана.
80. Дубинин, М. Фигурная обрезка растра по заданной форме : [Электронный ресурс] / М. Дубинин ; GIS-lab. – Режим доступа : <http://gis-lab.info/qa/clipraster-freeform.html>. – Загл. с экрана.
81. Лазарев, Е. Добавление атрибутов полигонального слоя точечному share-файлу в ArcGIS : [Электронный ресурс] / Е. Лазарев ; GIS-Lab. – Режим доступа : <http://gis-lab.info/qa/spatialjoin-ag.html>. – Загл. с экрана.

- 82.Поспелов, И. Подключение к базе данных MS Access из ArcGIS 9.x : [Электронный ресурс] / И. Поспелов ; GIS-Lab. - Режим доступа : <http://gis-lab.info/qa/ag-access.html>. – Загл. с экрана.
- 83.Соловьев, Ф. Л. Устойчивость формирования вероятностного режима многолетнего годового стока на европейской территории России / Ф. Л. Соловьев // Исследовано в России : [Электронный научный журнал]. - 2009.
- 84.Швейкина, В. И. Исследование одной модели формирования речного стока / В. И. Швейкина, И. А. Кожевникова // Исследовано в России : [Электронный научный журнал]. – 2008.
- 85.Шаповалов, С. Список функций доступных через калькулятор значений (Calculate) : [Электронный ресурс] / С. Шаповалов ; GIS-lab. - Режим доступа : <http://gis-lab.info/qa/calculate-funclist.html>. - Загл. с экрана.
- 86.Шумилин, В. П. AgroAtlas : программное ГИС обеспечение Агровьюер : [Online] / В. П. Шумилин, Ю. С. Ли. - 2009. – Режим доступа : <http://www.agroatlas.ru>.
- 87.A Regional, Electronic, Hydrographic Data Network For the Arctic Region : [Электронный ресурс] / Water Systems Analysis Group, University of New Hampshire, USA. – Режим доступа : <http://www.r-arcticnet.sr.unh.edu/v3.0/index.html>, свободный. – Загл. с экрана.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО
о государственной регистрации программы для ЭВМ
№ 2012660540
Polymod

Правообладатель(ли): **Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Дальневосточный федеральный университет» (ДВФУ) (RU)**

Автор(ы): **Задоя Дарья Сергеевна,
Лобанов Станислав Алексеевич (RU)**

Заявка № **2012618355**
Дата поступления **4 октября 2012 г.**
Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ
23 ноября 2012 г.



Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности


Б.П. Симонов

Рисунок А1. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ Polymod

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации программы для ЭВМ

№ 2012660541

Ordinati

Правообладатель(ли): *Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Дальневосточный федеральный университет» (ДФУ) (RU)*

Автор(ы): *Задоя Дарья Сергеевна,
Лобанов Станислав Алексеевич (RU)*

Заявка № **2012618356**
Дата поступления **4 октября 2012 г.**
Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ
23 ноября 2012 г.

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности


Б.П. Симонов



Рисунок А2. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ Ordinati