



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

Кафедра Гидрометрии

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(бакалаврская работа)

На тему: **Оценка влияния изменения
климата на гидрометеорологические
параметры на примере Алданского
бассейна**

Исполнитель Ширалиева Оксана Николаевна
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель д.г.н, профессор
(ученая степень, ученое звание)

Барышников Николай Борисович
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»
Заведующий кафедрой


(подпись)

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

Барышников Николай Борисович
(фамилия, имя, отчество)

«27» июня 2017г.

Санкт-Петербург

2017

Оценка влияния изменения климата на гидрометеорологические параметры на примере Алданского бассейна

Оглавление

		стр.
	Оглавление	2
	Введение	3
1	Физико-географическая характеристика территории Якутии	
1.1	Рельеф и геологическое строение	
1.2	Почвы и растительность	
1.3	Климат Якутии	
1.4	Гидрография Якутии	
2	Физико-географическая характеристика Алданского улуса	
2.1	Геологическое строение, тектоника, рельеф и полезные ископаемые	
2.2	Климат и мерзлотные условия	
2.3	Внутренние воды	
2.4	Почвенно-растительный покров	
2.5	Общая гидрографическая характеристика рек Алданского бассейна	
3	Исходная информация. Результаты ее анализа	
3.1	Результат анализа метеорологических характеристик	
3.1.1	Расчет индекса увлажнённости на примере индекса де-Мартона	
3.1.2	Внутригодовое распределение температур воздуха и сумм осадков	
3.2	Результат анализа среднегодового стока	
3.2.1	Проверка рядов на однородность	
3.2.2	Результат расчета статистических характеристик среднегодовых расходов воды	
3.2.3	Внутригодовое распределение расходов воды	
3.3	Сравнительный анализ метеорологических и гидрологических характеристик	

	Заключение	
	Список использованной литературы	
	Приложения	
	Приложение А – Среднемесячные и среднегодовые расходы воды по рекам Алдан, Амга и Чульман, м ³ /с	
	Приложение Б – Среднемесячные и среднегодовые температуры воздуха, °С	
	Приложение В – Сумма осадков за месяц и год, мм	
	Приложение Г – Хронологические графики распределения индекса де-Мартона за период с 1973 по 2011 года	
	Приложение Д – Внутригодовое распределение температур воздуха за период с 1973 по 2011 года	
	Приложение Е – Внутригодовое распределение сумм осадков за период с 1973 по 2011 года	
	Приложение Ж – Хронологические графики распределения среднегодовых расходов воды за период с 1973 по 2011 года	
	Приложение И – Внутригодовое распределение стока за период с 1973 по 2011 года	

Введение

Современные изменения климата различных регионов Земли оказывают значимые воздействия на водные объекты. Алданский бассейн расположен на территории Алданского улуса Республики Саха (Якутия). Район расположен на юге республики Саха (Якутия), на Алданском щите. Площадь района – 156,8 тыс. км². Самая высокая точка района – 2264 м (гора у истоков р. Гонам).

Крупные реки района: Алдан, Унгра, Тимптон, Гонам, Учур, Амга. Все реки обладают быстрым течением, изобилуют перекатами и порогами. Судосходный участок реки Алдан составляет 1763 км. Долины рек практически безлюдны и слабо освоены. Климат рассматриваемой территории – континентальный, более умеренный, чем в Центральной Якутии. По преобладающему поступлению влагоносных воздушных масс, вызывающих значительные ливневые осадки, территория Алданского улуса относится к южным районам южной части территории Республики Саха (Якутия), в которой влага поступает с юга. Здесь имеют место горнодолинные ветры с систематическими изменениями направления в течение суток (ночью вниз, а днем вверх по долине). Зимой эти ветры почти не выражены.

Наиболее высокие температуры наблюдаются в июле, а наиболее низкие – в декабре-январе. Для лета характерны значительные колебания температур в течение суток. Иногда по ночам, даже в середине лета, наблюдаются заморозки, но они обычно начинаются с середины августа.

Гидрологический режим поверхностных и грунтовых вод региона определяется стоком основных речных систем в северном направлении. Речная сеть района относится к бассейну реки Алдан, который является самым крупным притоком реки Лены. Длина ее 2273 км, площадь бассейна 729000 км², средний годовой расход 5200 м³/сек. Характерным для рек изучаемой

территории является резкая неравномерность стока в течение года, связанная с наличием весенних и летних паводков, зимнее промерзание многих рек и ручьев, широкое развитие в руслах наледей. [8]

Цель работы, является оценить влияние изменения климата на гидрометеорологические параметры на примере Алданского бассейна.

Задачи работы:

- сбор данных гидрометеорологических наблюдений;
- подсчет статистических характеристик годового стока, индекса увлажненности де-Мартона;
- построение хронологических графиков гидрометеорологических характеристик;
- сравнительный анализ полученных результатов.

Исходные материалы получены в отделах гидрологии и метеорологии Якутского управления по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды.

Использовались данные по 9 пунктам наблюдений за период с 1973 по 2011 года включительно. Длина рядов составила 39 лет.

1 Физико-географическая характеристика территории Якутии

Общая протяжённость морской береговой линии территории Якутии превышает 4500 км. Общая площадь территории Якутии составляет 3103200 км². Якутия расположена в северо-восточной части Сибири. Граничит на востоке с Чукотским автономным округом и Магаданской областью, на юго-востоке с Хабаровским краем, на юге с Амурской областью и Забайкальским краем, на юго-западе с Иркутской областью, на западе с Красноярским краем, на севере её естественные рубежи образуют моря Лаптевых и Восточно-Сибирское. Общая протяжённость морской береговой линии превышает 4500 км. На рисунке 1.1 изображена физико-географическая карта Якутии.

Огромны расстояния, с которыми приходится иметь дело в Якутии: от Якутска до ее крайних северо-восточных точек примерно столько же, сколько от Москвы до Мурманска или от Москвы до Батуми. Это крупнейшая в нашей стране республика.

Якутия занимает большую часть (65%) бассейна Лены, кроме его верхней части, а также бассейны рек Анабара, Оленёка, Яны, Индигирки, Алазеи, среднюю и нижнюю части бассейна Колымы. Лена служит хозяйственным стержнем республики и вместе со своими главными притоками – Алданом и Вилюем образует основную систему ее водных путей. По своей длине – более 4000 км – Лена занимает второе место в стране и девятое в мире.

Хотя самые южные точки республики находятся даже южнее Москвы, а районы Центральной Якутии – на параллели Петрозаводска, из-за чрезвычайно резкой континентальности климата (а во многих местностях – и приподнятости над уровнем моря) зимы здесь более суровы, чем на тех же широтах в Европейской части страны. Большая же часть республики расположена в высоких широтах. Так, важные горнопромышленные центры республики в бассейнах Яны, Индигирки и Колымы находится вблизи полярного

круга или севернее его, причем суровость климата здесь нередко еще усугубляется значительной высотой над уровнем моря. Самая северная точка республики — остров Генриетты находится на 77° с. ш.



Рисунок 1.1 – Физико-географическая карта Якутии

1.1 Рельеф и геологическое строение

Речная эрозия и процессы физического выветривания разрушали, поднявшись, горные массивы. Эта разрушительная работа продолжалась десятки миллионов лет и, в конце концов, привела к тому, что древние складчатые горы повсюду превратились в почти равнинные пространства, на которых цепочки невысоких водораздельных холмов чередовались с широкими долинами, заполненными рыхлыми песчано-глинистыми отложениями.

Современный горный рельеф окраинных областей Восточной Сибири возник уже в кайнозойское время в результате новейших тектонических дви-

жений. Под их действием выровненные участки древних горных областей были приподняты на разные уровни и образовали ступенчатые плоскогорья с плоскими вершинами и крутыми обрывистыми склонами.

Разрушительные силы с новой энергией возобновили свою работу. Реки прорезали узкими и глубокими ущельями окраинные участки поднявшихся массивов; на их вершинах возобновились процессы морозного выветривания, а на склонах появились гигантские осыпи.

В результате воздействия этих процессов рельеф поднявшихся участков как бы «омолодился», и они снова приобрели горный облик.

Восточнее Хатангского залива неширокая низменная полоса продолжается вдоль побережья Северного Ледовитого океана, а по долине Лены узким «заливом» уходит далеко на юг и в районе Якутска сливается с Центрально-Якутской низменностью, занимающей прогиб Сибирской платформы.

Значительная часть Центрально-Якутской низменности представляет собой террасы широких долин рек Лены и Вилюя. На них и на плоских платообразных междуречных пространствах повсюду располагается множество озер.

Котловины большинства этих озер возникли в результате просадок грунта на месте растаявших линз подземных льдов.

Низменная полоса распространена на побережье Северного Ледовитого океана вплоть до низовьев Колымы. Отдельные ее участки, разделенные горными массивами, образуют Яно-Индибирскую и Колымскую низменности, которые по долинам рек Яны, Индибирки и Колымы уходят далеко на юг.

Их плоская поверхность слабо расчленена реками. Почти везде заболочена. В междуречьях много небольших озер, которые соединяются между собой узкими протоками («висками») или вообще бессточны.

Средне-Сибирское плоскогорье на севере, юге и востоке оконтурено гигантским амфитеатром горных хребтов. Горы отличаются сложным геологическим строением и большими колебаниями относительных высот.

Там, где сейчас поднимаются эти горы, некогда располагались глубоководные моря и на дне их отлагались известняки, пески и глины. Площадь морей в результате горообразовательных движений постепенно уменьшалась, и на их месте возникали возвышенные участки суши.

По соседству с высокими хребтами в истоках реки Витима располагается сравнительно высокое Витимское плоскогорье. На его поверхности чередуются невысокие увалы и сильно заболоченные равнины. Средняя высота плоскогорья – около 1000-1300 м, но отдельные вершины на главных водоразделах поднимаются до 1700-1800 м.

Почти вся его территория сложена древними гранитами и сланцами, но в отличие от соседних гор здесь местами встречаются и молодые, палившие, но трещинам базальты, а в верховьях Витима сохранилось несколько конусов потухших вулканов: Мушкетова, Обручева, Лопатина, Домбровского и другие. Западная, центральная и южная части Якутии находятся в области жесткой Сибирской платформы, покоящейся на докембрийском фундаменте.

Платформа эта смята лишь по краям. На северо-западе докембрийские породы выходят на поверхность, образуя выпуклый Анабарский кристаллический щит.

Верхняя часть бассейна Вилюя захватывает часть обширной области траппов – выходов изверженных пород. Южная часть республики занята Алданской плитой, примыкающей к Становому хребту. В центральной части Якутии расположена Лено-Вилюйская впадина – пологий прогиб платформы, заполненный отложениями морских трансгрессий мелового и особенно юрского периодов, перекрытыми в дальнейшем позднечетверичным материалом. Мощные горообразовательные процессы мезозоя и кайнозоя создали здесь, целую систему хребтов и сильно пересеченных плоскогорий, которые занимают более 70% поверхности.

Якутия – классический край вечной мерзлоты. Летнего тепла хватает лишь для оттаивания верхнего почвенного слоя на глубину 1-2 м, а иногда и еще меньше. На глубине 10-13 м даже в жаркие дни господствуют отрица-

тельные температуры: минус 1.5 °С в Южной и Средней Якутии, минус 5 °С в северной части республики. Толщина вечномёрзлого грунта в средних и южных районах республики – от нескольких десятков до двухсот метров, вблизи северного побережья – до нескольких сот метров.

Слой вечной мерзлоты образует как бы ледяную броню, отделяющую поверхностные воды от залегающих в глубине подземных вод. Пары воздуха, проникающего летом в почву, конденсируются над вечномёрзлым слоем, и это является дополнительным источником увлажнения почвы, очень важным в условиях здешней засушливости.

Оттаивание деятельного слоя также дает водное питание растениям, получающим недостаточно атмосферной влаги.

1.2 Почвы и растительность

На территории Якутии находятся лишь две основные природные зоны: тундровая со своими широтными подвариантами и таежная, не считая переходной лесотундровой. Одна из характерных черт республики – монотонность природного облика. Отклонения от общей широтной схемы «тундра – лесотундра – тайга» связаны лишь со значительной неоднородностью геологического строения Якутии и с вытекающим отсюда разнообразием ее рельефа.

Иногда под напором грунтовых вод, замерзающих близко к поверхности, образуются булгунняхи – своеобразные бугры с ледяным ядром; такие бугры могут «испортить» пахотное поле. Но при подземных работах вечная мерзлота очень упрощает дело: шахты почти не нуждаются в креплении, не нужен водоотлив и т. д.

Климатическая зональность Якутии отражается в характере ее растительного покрова. Большая часть равнинных пространств покрыта тайгой, причем господствующей породой в ней является даурская лиственница – титмас (по-якутски «тит» — лиственница, «мас» — дерево).

К лиственнице всегда примешана береза, иногда сосна, реже ель. Сосна, как и в европейской тайге, занимает гари и вырубки. Береза имеет в Якутии и собственные микроландшафтные участки – чараны. Встречаются в якутской тайге и чистые сосняки, особенно на боровых террасах больших рек, таких как: Лена, Алдан, Вилюй, Олёкма. Но все, же чаще на протяжении десятков и сотен километров в тайге не встречается ничего, кроме лиственницы.

На приподнятых над центрально-якутскими равнинами или к северу от них участках характер тайги совершенно иной. Тайга постепенно изреживается, «строевые» деревья встречаются реже, преобладает «жердяковый» лес. Выше появляются мари с очень неглубоким почвенным слоем, под которым лежит щебенка.

Участки хорошего леса приурочены по большей части к долинам рек и ручьев, где лучше обеспечен сток. В горах тайга сменяется кустарниками или кедровым стлаником, самые высокие вершины представляют собой гольцы. На севере республики редкостойная тайга незаметно переходит в лесотундру, сменяемую затем лишайниковой тундрой. Каемка тундры проходит по всему побережью Ледовитого океана; на северо-западе республики есть даже полоса арктической тундры. Но в отдельных местах лес по долинам рек доходит почти до побережья: ведь лиственница – самая северная в мире древесная порода.

Почвы центрально-якутских равнин, поросших светлой лиственничной тайгой, имеют совершенно особый характер, отличный от обычных подзолистых почв тайги. Они характеризуются повышенной гумусностью в самых верхних горизонтах, буровато-серым цветом, нейтральной или слабощелочной реакцией.

В безлесных понижениях и на чаранах развиты лугово-черноземные почвы, обычно солонцевато-осолоделые с пятнами солонцов и солодей (под березовыми колками).

Около 20% территории Якутии занято тундрой мохово-лишайниковой, травянистой, кустарниковой. Почвы тундры – глеевые, примитивные, мало-мощные; их неперенное свойство – торфянистость верхнего горизонта.

Своеобразны в тайге участки с аласами. Аласы – неглубокие понижения, образовавшиеся в результате вытаявания льда в толще лессовидных отложений. Площадь их колеблется от нескольких сот квадратных метров до многих десятков квадратных километров. Дно аласов довольно плоско, в центре часто сохраняется озерцо, иногда наполовину заросшее. «Бровки» аласов, глубина которых обычно 6-10 м, очерчены довольно резко. Иногда несколько аласов соединяются, и возникает западина причудливых очертаний, часто в виде цепочки понижений, разделяемых острыми мысами и связанных между собой как бы «проливами».

Аласы безлесны; на них встречаются лишь единичные деревья или группы их, чаще всего березы. Зато густой травяной покров имеет еще более остепненный характер. Это связано с особенно активно происходящим в западинах, как правило, бессточных, соленакоплением в почве; нередко даже образуются солопцы. Среди растительности много трав, переносящих не только сухость, но и засоленность почв, – галофитов. В ходе смены травяного покрова, особенно вокруг центрального озера, осока уступает место менее влаголюбивым травам. Аласные озера часто успевают до своего высыхания стать солеными или содово-солеными. В центрально-якутской тайге они занимают от 10 до 25%, а иногда и до 40% всей площади.

1.3 Климат Якутии

Якутия знает в сущности лишь два сезона – долгую, почти семь месяцев, зиму и короткое лето. Весна и осень очень коротки. Осенью ночные морозы делаются все продолжительнее, и скоро температура в течение всех часов суток становится ниже 0°C. Солнце еще греет, но в тени уже с начала октября лежит иней. Во многих районах в сентябре появляется тонкий снеговой

покров. Весна проходит за какой-нибудь месяц; снег не столько тает, сколько испаряется в сухом воздухе.

В гористых районах холодный воздух нередко стекает в котловины, образуя температурную инверсию, когда распределение температур по вертикали как бы перевернуто. Явление образования «озер» холодного воздуха в пониженных местах часто наблюдается и на равнине, создавая летние заморозки.

Точно так же собирают холодный воздух долины мелких рек, особенно если они имеют крутые склоны. Напротив, в широких долинах, например Лены, получающих тепло от значительных масс воды, угроза летних заморозков уменьшается. Здесь налицо своеобразное «водяное отопление».

Область наиболее низких температур примерно совпадает с треугольником Якутск – низовья Лены – низовья Колымы. На востоке этого треугольника лежит Оймяконское плоскогорье. Здесь отмечены самые низкие в северном полушарии температуры у земной поверхности. Обычны зимние температуры минус 50 °С; абсолютный минимум в Якутске достигает минус 65 °С, в Верхоянске минус 67.8 °С и Оймяконе минус 67.7 °С.

Даже при слабом движении воздуха в морозы в 50-55 °С каждый дополнительный градус ощущается уже болезненно. В январе-феврале это сильно затрудняет работу на открытом воздухе: при такой температуре изменяется поведение металла, действие смазки и т. д.

Но в остальное время зима здесь не так тяжела. Морозы в 30-40 °С вследствие безветрия и сухости воздуха переносятся несравненно легче, чем 20-25 °С морозы в Европейской части нашей страны.

За суровую зиму жители Якутии, особенно ее равнинной части, получают компенсацию в виде теплого, солнечного, хотя и короткого лета. Два с половиной наиболее жарких месяца как бы превращают Якутию в совершенно иную страну. Средняя температура июля в Якутске плюс 19 °С, причем эта цифра получена с учетом ночной температуры, низкой и летом (ночные заморозки могут быть и летом почти во всех районах Якутии). Днем часто

даже знойно; наивысшая наблюдавшаяся температура доходила до плюс 38 °С. Дни длинные, и при малой облачности быстро происходит рост и созревание растений.

В Якутии, особенно в ее равнинных районах и на северо-востоке, выпадает мало осадков. В этом снова проявляется континентальность климата. Среднее годовое количество осадков в районе Якутска менее 200 мм, что приближает Центральную Якутию по засушливости к степным и пустынным районам Казахстана и Средней Азии, правда, при значительно меньшей испаряемости.

Зимы малоснежны, снег сухой, мелкий и легко сдувается. Малоснежность усиливает теплоотдачу почвы, но зато скот может добывать из-под неглубокого снега корм. Летом осадков тоже немного, выпадают они нерегулярно, так что сельское хозяйство испытывает одновременно неблагоприятное воздействие заморозков и засух.

1.4 Гидрография Якутии

Кроме Лены в моря Северного Ледовитого океана несут воды и многие другие, менее значительные реки. Некоторые из них считались бы крупнейшими в других странах, но среди огромных сибирских рек они занимают относительно скромное место. Таковы, например, Колыма (длина 2600 км), Оленек (2270 км), Индигирка (1980 км), Алазея (1250 км), Анабар (939 км), Яна (1490 км), Пяси́на (820 км).

Почти все реки питаются в основном водами от таяния снега весной и от летне-осенних дождей. Это определяет их режим и распределение стока воды по сезонам: сток за теплый период составляет от 70 до 90% годового, а на зиму приходится не более 10%.

Главная масса воды проходит по рекам в период половодья. Оно бывает в конце весны на реках южной и средней частей Якутии, в начале лета в Восточной Якутии.

Весной, когда температура воздуха быстро повышается, начинается дружное таяние снега, вызывающее подъем воды на реках еще до начала ледохода. Половодье проходит повсюду в то время, когда грунты еще слабо оттаяли, поэтому воды не просачиваются в почву и почти целиком стекают в реки. Все это и служит причиной значительного подъема уровней воды во время весеннего (на севере – летнего) половодья. Уровень воды в это время поднимается в среднем на 4-6 м, а на главных реках, где много талых вод приносится притоками, в нижнем течении паводки достигают больших размеров. В низовьях Лены вода, поднимается более чем на 10 м. В это время реки широко разливаются, затопляют острова и «подпруживают» свои северные притоки.

В течение лета реки питаются в основном за счет дождей. Особенно велика роль дождевого питания в горах Якутии, где осадков выпадает значительно больше, чем на равнинах. В начале осени, с первыми заморозками, уровень воды заметно понижается. В конце сентября на притоках Яны, Индигирки и Колымы появляется шуга и «сало», а в начале октября, они уже одеваются сплошным ледяным покровом. В октябре замерзают все тундровые и таежные реки, а в начале ноября лед сковывает реки самых южных районов.

Продолжительность ледостава весьма различна. В апреле начинают освобождаться ото льда горные реки Южной и Центральной Якутии. В течение мая сходит лед почти на всех остальных реках, и только на далеком севере ледоход задерживается до июня. Таким образом, в крайних северных районах, вблизи Ледовитого океана, реки покрыты льдом более восьми месяцев, а на юге в горах Южной Якутии – менее пяти месяцев.

На реках Якутии навигация продолжается недолго из-за раннего замерзания и позднего вскрытия, их транспортная роль очень велика. Это и понятно: прокладка дорог через непроходимую сибирскую тайгу, горы, болота в малонаселенном огромном крае всегда была трудна и дорога. Особенно важное значение имеет речной транспорт для населения обширных пространств

далекого Севера, лежащих на большом расстоянии от железнодорожных магистралей.

Больше всего озер на равнинах северных районов: в низовьях Колымы и Индигирки. В основном они небольшие, с глубиной менее 10 м. Обилие озер в тундре объясняется высокой влажностью воздуха и незначительным испарением летом, а также наличием вечной мерзлоты и плоским рельефом затрудняющим сток.

Южнее озера чаще всего располагаются в глубоких межгорных понижениях. Исключение составляют только равнинные пространства Центрально-Якутской низменности. Здесь густота размещения и характер озер напоминают картину тундровых районов, и, так же как и на севере, они занимают понижения рельефа, встречаясь иногда и на плоских невысоких водоразделах.

Озерные котловины имеют главным образом тектоническое, провальное или ледниковое происхождение. Первые образовались в результате опускания участков земной коры во время горообразовательных процессов. Небольшие озера северных районов Якутии в основном заполняют котловины, образовавшиеся как результат просадок рыхлого грунта вследствие таяния линз погребенного льда и ледяных частиц, заключенных в вечномерзлой почве.

Ледниковые озера – результат деятельности древних ледников. Они встречаются в подпруженных моренами долинах, в понижениях, холмистого мореного рельефа или на дне чашеобразных каров и цирков, выработанных горными ледниками.

Вследствие малого количества осадков средний годовой сток в Якутии невелик: на большей части территории 2-4 л/сек с 1 км², даже несмотря на слабое испарение. Поэтому якутские реки, особенно не получающие питания с более увлажненного юга республики, характеризуются сравнительно малой водоносностью.

Зимой небольшие реки чаще всего промерзают до дна и совсем не имеют стока. На более крупных реках из-за перемерзания перекатов образуются отдельные плесы, и сплошное течение приостанавливается. Образуются наледи: поступающая вода, «сдавливаемая» ледовыми препятствиями в русле, выступает у берегов или прорывается сквозь трещины льда и, разливаясь нередко на значительном пространстве, сразу же замерзает. Особенно известны грандиозные наледи (по-якутски тарыны) в бассейне Индигирки, где суровость зим приводит к промерзанию даже довольно значительных рек, например притока Индигирки Момы, а временами и отдельных участков самой Индигирки. Наледи, возникающие по соседству с автодорогами даже на мелких ручьях, могут привести к заполнению ледяной кашей кювета, а затем и полотна дороги; с ними приходится вести упорную борьбу.

Якутия очень богата озерами; большинство их имеет термокарстовое происхождение (в пониженной части аласов), но крупных озер мало.

Нередко озера вытягиваются в цепочки, соединенные понижениями, по которым весной талые воды образуют сквозное течение, часто промывающее эти перемычки. Такие цепочки превращаются в «от-уряхи» (травяные речки), летом и зимой совсем не имеющие воды и становящиеся водотоками только в случае дождей. «От-уряхи», заросшие густыми травами, – хорошие лесные сенокосы, характерная деталь таежно-аласного ландшафта Центральной Якутии.

2.1 Геологическое строение, тектоника, рельеф и полезные ископаемые

Территория Алданского улуса почти вся без исключения занята горами и плоскогорьями высотой над уровнем моря от 500-600 до 2500-3000 м. По характеру орографии территория улусов делится на несколько районов.

– Алдано-Амгинское таежное плато, сложенное почти ненарушенной толщей, состоящей в основном из кембрийских известняков и доломитов. Поверхность плато измерено многочисленными распадками.

– Алданское нагорье. Сильно расчлененная горная система, представляющая собой систему плоскогорий, отдельных друг от друга среднегорными хребтами или межгорными впадинами. Абсолютные отметки поверхности плоскогорий 600-1200 м. Высота горных хребтов и отдельных гольцовых возвышенностей 1600-2000 м. Днища межгорных котловин лежат на отметках 700-800 м. В тектонических впадинах залегают юрские угленосные отложения и карбонатные породы нижнего кембрия. Для них характерны разнообразные типы рельефа, включая эрозионно-ледниковые глыбовые горы со следами древнего оледенения, денудационно-эрозионные глыбовые плоскогорья и плато, а также равнины.

– Лено-Алданское плато развивается на древнем аллювии и эллювиально-деллювиальных продуктах выветривания бескарбонатных пород.

– Учуро-Майское гольцово-таежное нагорье занимает восточную часть территории улуса, характеризующуюся более интенсивными дифференцированными новейшими движениями, сильно усложнившими его структуру и рельеф, очень часто здесь встречаются надледные поляны.

Часть территории Алданского улуса располагается в пределах Алданского архейсакого кристаллического щита. Этот щит протягивается до Прибайкалья в восточно-северо-восточном направлении, пересекая меридиональный участок верхнего течения реки Алдан и его правые притоки Тимптон, Учур, Моло. Под Алданским щитом понимается площадь распростране-

ния древних (архейских) кристаллических пород. Породы, слагающие территорию района, могут быть сгруппированы в следующие основные группы:

- архейский комплекс гранито-гнейсовых пород;
- протерозойский комплекс гнейсовых пород;
- кембрийский комплекс карбонатных осадочных пород;
- верхнепалеозойские изверженные породы;
- юрский комплекс песчано-глинистых континентальных отложений;
- мезозойские породы;
- кайнозойские отложения;

Наиболее широко распространены метаморфические и изверженные породы архея, слагающие основания Алданского кристаллического щита. Архейские породы представлены, в основном, размытыми гнейсами и кристаллическими сланцами, среди которых встречаются прослои и линзы кварцитов, мраморов и некоторых других его разновидностей. Комплекс осадочных образований архея собран в складки и во многих местах прорван изверженными породами. Изверженные породы представлены преимущественно производными гранитного ряда.

Следующая возрастная группа пород представлена кембрийскими карбонатными породами, залегающими под пенепленизированным докембрийским фундаментом. Юрские континентальные отложения располагаются в виде отдельных пятен и состоят из чередующихся горизонтов глинистых сланцев, алевролитов, песчаников и конгломератов. Мезозойские изверженные породы в виде интрузий различной формы распространены в Алданском и Угоянском гольцевых районах. Глыбовые и сводовые структуры, характерные для кайнозойского этапа истории, оказали на рельеф района особенно сильное влияние. Это крупные, часто отвесные скалы по берегам рек, остатки эрозионных террас на высотах 150-200 м над руслом рек, каньонообразующие формы долин. Об интенсивности эрозионных процессов свидетельствует и то, что следы ледниковых долин в районе в настоящее время совершенно уничтожены, хотя они, несомненно, имели здесь широкое развитие.

Кайнозойские движения оказывали большое влияние на ход эрозионно-денудационных и аккумулятивных процессов. Первые из них охватывали преимущественно поднятия, вторые – участки относительных опусканий. Новейшие глыбовые движения являются одной из причин образования на реках порогов и перекатов, которые чаще всего приурочены к зонам разломов, пересекающих разломы.

Сводовые движения выражаются в виде регионального относительного поднятия территории. Тектонические преобразования исследуемого района могут быть подразделены на три этапа:

- доюрский;
- юрский комплекс песчано-глинистых континентальных отложений;
- среднемеозойский и верхнемеозойский;
- кайнозойский.

Древние доюрские тектонические движения проходили в верхнем архее. В этот период здесь возникла целая система крупных складок, преимущественно северо-западного простирания. На территории Алдано-Тимптонского водораздела выделяются четыре антиклинория и три разделяющих их синклинория. Эти структуры имеют длину волны от 20 до 50 км и осложнены многочисленными складками высшего порядка. В верхнепротерозойское время район испытал крупные колебательные движения. Это доказывает, во-первых, отсутствие на территории осадочных протерозойских образований, вероятно размывтых; во-вторых, глубинным характером метаморфизма архейских пород; в-третьих, выравненностью докембрийского фундамента.

В конце палеозоя Алданский щит испытывал тектонические напряжения, связанные с герцинской эпохой орогенеза. Одним из результатов этих напряжений явилось образование в фундаменте территории обширных и пологих антеклиз и синеклиз, ориентированных в согласии с архейской складчатостью в северо-западном направлении. Существенные изменения в тектоническом строении района в среднем и верхнем мезозое происходили, начи-

ная с нижнеюрского времени. В этот период начались волнообразные сводовые движения территории, на фоне которых совершались дифференциальные подвижки отдельных участков.

В результате этих движений зародилось Алдано-Учурское поднятие, пересекающее с запада на восток центральную часть исследуемого района, а также зоны тектонических опусканий. Значительно меньшая по размеру депрессия помещается к северу от осевой зоны свода. Эти депрессии, начиная со среднеюрского времени, стали вместилищами обширных мелководных озер и болот.

В северной части Алдано-Тимптонского водораздела количество тектонических дислокаций послеюрского возраста увеличивается. Целая сеть трещин в архейских, кембрийских и юрских породах охватывает верховья реки Селигдара, Большого Курранаха, верхнее и среднее течение Якокута и других районов. Эти разломы часто меняют направления, но, в общем, преобладает юго-западное простирание. Кроме структур дизъюнктивного типа, в период после юрского тектогенеза сформировали и пликативные структуры, развившиеся в мощных (от 1350 до 1500 м) пластичных толщах юрских осадков. Связывая после юрские магматические явления с зонами глубинных разломов в пределах Алданского щита и в приграничных с ним районах, выделяют шесть субпараллельных кулисообразно расположенных тектонических зон, имеющих примерно северо-восточную ориентировку: Амгинскую, Эльконскую, Суннагинскую, Гонамо-Учурскую, Сутамскую и Челасинскую.

Эпоха альпийского тектогенеза, сменившая предшествующий ей период относительной тектонической стабильности района, началась в верхнем плиоцене. Развитие альпийских тектонических структур шло, в общем, по унаследованному от прошлого, после юрского времени. Оно возродилось в тенденции к образованию новых или активизации ранее возникших глыбовых форм, происходивших одновременно с движениями крупных структур сводового типа. Относительное поднятие испытывает вся территория Алдано-Тимптонского водораздела, охватывающая участки Алданского щита и

Станового хребта вместе с разделяющей их субгеосинклинально – Южно-Якутской депрессии. При этом максимумы поднятий приурочены к двум осевым зонам: Алданского щита (Алданский свод) и Станового хребта.

Таким образом, рельеф и геологическое строение Алданского улуса в целом имеет сложное и разнообразное строение. Орографические особенности территории показывают влияние на характер климата, многолетней мерзлоты, почвы, растительности, животного мира, на размещение полезных ископаемых, на характер хозяйственной деятельности человека[10].

2.2 Климат и мерзлотные условия

Климат рассматриваемой территории – континентальный, более умеренный, чем в Центральной Якутии. По преобладающему поступлению влагоносных воздушных масс, вызывающих значительные ливневые осадки, территория Алданского улуса относится к южным районам южной части территории Республики Саха (Якутия), в которой влага поступает с юга. Здесь имеют место горнодолинные ветры с систематическими изменениями направления в течение суток (ночью вниз, а днем вверх по долине). Зимой эти ветры почти не выражены.

Наиболее высокие температуры наблюдаются в июле, а наиболее низкие – в декабре-январе. Для лета характерны значительные колебания температур в течение суток. Иногда по ночам, даже в середине лета, наблюдаются заморозки, но они обычно начинаются с середины августа.

Среднегодовое количество осадков колеблется от 450 до 650 мм в год, осадки в течение года выпадают неравномерно. Большая часть приходится на летний период и лишь 30% годового количества осадков выпадает в виде снега.

Радиационный баланс в связи с большой повторяемостью пасмурного состояния неба составляет 27 ккал/см². Продолжительность периода с отрицательным радиационным балансом составляет от 6 до 7 месяцев. Переход

радиационного баланса от отрицательного к положительному происходит в марте-апреле.

Характерной чертой распределения температуры почвы зимой является ее повышение с глубиной. Средняя месячная температура почвы на глубине 40 см бывает положительной с мая по октябрь. Самых низких значений до глубины примерно один метр она достигает в феврале. На глубине 1.6 м минимум температуры почвы запаздывает и отмечается в марте, а на глубине примерно в 6.0 м – только в июне-июле. Упругость водяного пара, содержащегося в воздухе, как и температура воздуха, наименьших значений достигает в январе (0.6–1.1 мб), а наибольших в июле (13–15 мб).

Относительная влажность воздуха в течение года меняется более значительно. Наиболее высокой она бывает зимой, наименьшей в начале лета. Зимой относительная влажность изменяется в пределах 65-80%, в начале лета в пределах 35-45%.

Снежный покров устанавливается в октябре и залегает в течение 220-250 дней. Высота снежного покрова вследствие антициклонического режима сравнительно невелика. Разрушение снежного покрова начинается с апреля. Наибольший запас воды в снеге отмечается примерно в середине марта и достигает 230 кг/м³.

Суровый климат местности с расчлененным рельефом способствует возникновению в районе мощных температурных инверсий, что является одной из основных причин формирования современных геофизиологических условий.

Многолетнемерзлые породы здесь имеют преимущественно прерывистое по площади и сплошное по вертикали распространение. Глубина залегания верхней поверхности многолетней мерзлоты находится в пределах от 0.5 до 3.5 м и определяется величиной ее сезонного протаивания. Мощности многолетнемерзлых толщ изменяется от нескольких метров до 400 м и более, а среднегодовые температуры в подошве слоя их сезонных колебаний изменяются в среднем от 0 до минус 6 °С. Среднегодовая температура талых по-

род большей частью не превышают плюс 2 °С. Мощности сезонно мерзлых пород колеблются от 1 до 12 м.

Одной из главных особенностей территории является неоднородность ее мерзлотных условий. Наиболее мягкие мерзлотные условия свойственны районам выровненного, плоскогорного рельефа и особенно их водораздельным пространствам. Плоские и полого-выпуклые водораздельные поверхности Приалданского плато слаборасчлененных и низко высотных районов Алданского плоскогорья характеризуются широким развитием таликов. Наиболее высокими среднегодовыми температурами пород (от плюс 3 до минус 1 °С) и минимальными мощностями мерзлых толщ (в среднем до 50 м). В целом для водораздельных поверхностей районов плоскогорного рельефа характерно островное развитие мерзлоты, а для склонов речных долин сплошное. Наиболее суровыми мерзлотными условиями отличаются районы интенсивных мезокайнозойских поднятий – сводово-горстовые горы и группы отпрепарированных мезозойских интрузий. Для них характерно сплошное распространение, большая мощность (200-400 м и более) и низкие (от минус 2 до минус 6 °С) среднегодовые температуры многолетнемерзлых пород.

2.3 Внутренние воды

Гидрологический режим поверхностных и грунтовых вод региона определяется стоком основных речных систем в северном направлении. Речная сеть района относится к бассейну реки Алдан, который является самым крупным притоком реки Лены. Длина ее 2273 км, площадь бассейна 729000 км², средний годовой расход 5200 м³/сек. На рисунке 2.2 изображена схема расположения гидрологических постов в Алданском улусе.

Начиная от истоков, находящихся в пределах Станового хребта, река Алдан неоднократно меняет свой облик. Так, в верховье, в области распространения кристаллических пород докембрия, почти до устья реки Унгры,

долина имеет черты каньона, русло порожи́сто. Его уклон около 2.2 ‰ при скорости течения до 5-6 м/с.

В пределах Приалданского плато с широким развитием осадочных карбонатных пород долина реки расширяется и имеет целую серию аккумулятивных террас и островов, покрытых лесом. Средний уклон от устья реки Унгры до устья реки Учур составляет более 0.3 ‰. Река судоходна до города Томмот.

Питание рек бассейна Алдана формируется главным образом за счет весеннего снежного и летнего дождевого питания. Роль грунтового питания рек по сравнению с поверхностным в общем балансе стока невелика. Сток в весенне-летние месяцы по сравнению с зимними и осенними чрезвычайно велик. Большие реки в этот период пропускают до 75-80% годовой нормы стока, малые реки до 95%. В зимние месяцы многие реки района замерзают и не имеют стока. Безводный период некоторых малых рек составляет от 150 до 180 дней.

Половодья наблюдаются весной в результате таяния снежного покрова, и в летне-осенний период – после длительных дождей. Высота и продолжительность прохождения половодья зависят от количества зимних осадков и интенсивности весеннего снеготаяния, от количества и продолжительности выпадающих дождей, от крутизны склонов рек бассейна и коэффициента впитываемости грунтов. Верховья рек имеют в горах широкое распространение многолетней мерзлоты, особенно в пределах Алданского кристаллического массива. Все это, в совокупности, с глубоким зимним промерзанием горных пород создает благоприятные условия для быстрого стока атмосферных осадков и обуславливает высокие подъемы уровней воды в реках при прохождении паводков. Вскрытие рек приурочивается к середине мая. Продолжительность периода, в течение которого река свободна ото льда, составляет примерно 141 день. Начало ледохода на реке Алдан у города Томмот отмечается в среднем 15-16 мая. Осенние ледовые явления начинаются 7 октября, средняя дата начала ледостава 29 октября, при среднем уровне 121 см.

СХЕМА РАСПОЛОЖЕНИЯ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ПОСТОВ



Рисунок 2.2 – Схема расположения гидрологических постов в Алданском улусе

Характерным для рек изучаемой территории является резкая неравномерность стока в течение года, связанная с наличием весенних и летних па-

водков, зимнее промерзание многих рек и ручьев, широкое развитие в руслах наледей, а в пределах распространения карбонатных пород – подруслового карста. Многочисленные наледи способствуют частичному перераспределению поверхностного стока. Развитие карста в долинах прекращает поверхностный сток мелких рек и ручьев иногда на длительные периоды. Все эти обстоятельства, несмотря на относительно высокое развитие гидрографической сети, в значительной степени ограничивают возможность использования поверхностных вод рек для водоснабжения предприятий и населения, особенно в зимний период.

Озера в пределах района не имеют широкого распространения. Наиболее развиты старичные озера. Скопления старичных озер располагаются на пойме и на участках тектонических опусканий. Озера невелики по площади (не более 1-2 км²), имеют вытянутую форму и небольшую глубину до 3 м. Еще в меньшей степени распространены термокарстовые озера, образовавшиеся в результате протаивания льдистых грунтов. На плоских водоразделах, сложенных карбонатными породами нижнего кембрия, имеют место мелкие, часто пересыхающие карстовые озера.

Подземные воды в пределах района имеют широкое распространение. Большой частью они обладают напором, и некоторые скважины, при вскрытии этих вод, фонтанируют. Одним из основных источников питания подземных вод являются поверхностные воды и атмосферные осадки. Выходы подземных вод образуют незамерзающие источники, которые приурочены главным образом к долинам рек и, реже – к склонам водоразделов. Подавляющее большинство источников принадлежит к типу субаквальных и выходит на поверхность в руслах рек.

В толще многолетнемерзлых пород наряду с водами таликов встречаются ископаемые льды. Подземные льды представляют собой частично или полностью законсервированные многолетней мерзлотой водоносные горизонты.

2.4 Почвенно-растительный покров

Наличие многолетней мерзлоты и короткий вегетационный период затормаживают развитие биохимических реакций в почве. Вследствие этого формирование почвенного профиля идет медленно, что обуславливает маломощность, скелетизированность и примитивность большинства почв района. В силу преимущественно островного распространения многолетнемерзлых пород выделяются виды и разновидности почв, относящиеся к мерзлотному и немерзлотному рядам.

Мерзлотные почвы тесно связаны с особенностями слоя сезонного протаивания и распространены на участках развития многолетнемерзлых пород. Мерзлые породы служат водупором на протяжении всего периода вегетации, и почвы находятся в постоянно переувлажненном состоянии. Для профиля этих почв характерна особая дифференциация минеральной массы на генетические горизонты. Общая мощность почв составляет 30-80 см.

Почвы немерзлотного ряда распространены на участках, сложенных тальными породами. Вследствие дифференциации условий формирования почв отмечается их приуроченность к трем поясам развития растительности: горно-таежному, горно-тундровому и горно-гольцовому.

В пределах горно-таежного пояса развиты: мерзлотные горно-аллювиально-гумусовые и дерново-подзолистые оглеенные почвы, почвы на элювии пород докембрия и мезозоя; мерзлотные дерново-карбонатные почвы на элювии карбонатных пород; мерзлотные подзолисто-болотные и торфянисто-болотные почвы; немерзлотные горно-таежные дерново-подзолистые и дерново-карбонатные почвы.

В пределах горно-тундрового пояса развиты мерзлотные горно-тундровые перегнойно-карбонатные почвы на породах кембрия и торфянисто-оподзоленные на склонах гор и гольцов, сложенных мезозойскими и докембрийскими породами.

По общему характеру растительного покрова территория входит в провинцию светлохвойной тайги среднетаежной подзоны. На различных элементах рельефа при изменении эдафических условий к лиственнице примешиваются другие породы, на отдельных участках вытесняющие ее. На мощных дерново-подзолистых супесчано-суглинистых почвах наблюдается примесь сосны обыкновенной, которая на вершинах увалов и полого-выпуклых склонах южной экспозиции вытесняет лиственницу и образует небольшие по площади чистые сосновые боры. В долинах на хорошо увлажненных, но не заболоченных участках прирусловых валов и на участках, приуроченных к зонам тектонических нарушений, лиственницу сменяет ель сибирская с небольшим участием ели аянской (представитель охотской флоры). К местам развития современных форм карста приурочены заросли березы пушистой и осины, нередко высокостебельные (высотой до 30 м, диаметром ствола до 30-40 см), образующие сообщества с подлеском из элементов дубравного типа: рябины, ольхи, ивы, можжевельника – реликтов флоры верхнего и среднего плейстоцена. На заливаемой пойме и бечевниках встречается тополь душистый, на песчаном и песчано-галечном, реже валунном аллювии по долинам на участках сквозных и глубоких несквозных таликов произрастает чозения.

По обилию видов на втором месте стоят арктическо-тундровые и высокогорные виды: крупка лесная, очеток пурпурный, рододендрон арктический, адамса, щитовник, кассиопея и др. В сосново-лиственничных лесах, на каменистых склонах встречаются элементы мезофильностепной флоры. Кроме местных видов, имеются выходцы из других флор: борец бородатый – лесостепная маньчжурская флора; кобрезия, птофильдия – североамериканские прерии.

Леса с участием пихтового сланца эндемичные для Алданского нагорья и нигде в других районах Якутии не встречаются. Реликтовыми являются тополевые и тополево-чозеновые заросли с пестрым травостоем из разнотравья,

злаков и осок на песчано-галечных бечевниках. У верхней границы леса в защищенных долинах местами встречаются рощи березы каменной.

На особенности строения и пространственного распространения растительных сообществ непосредственное влияние оказывают одновременно несколько факторов. Важнейшим из них, определяющим структуру и экологические особенности растительного сообщества является наличие многолетнемерзлых горных пород. Характер распределения сообществ зависит от геолого-геоморфологического строения и подчинен законам распределения почв и климатических особенностей.

3 Исходная информация. Результаты ее анализа

В качестве исходных данных использовались ряды среднемесячных и среднегодовых расходов воды основных рек Алданского бассейна: Алдан, Амга и Чульман, а также среднемесячные и среднегодовые температуры воздуха, месячные и годовые суммы осадков по прилегающим к рекам метеостанциям за период с 1973 по 2011 года. Основные гидрографические характеристики исследуемых рек в створах гидрологических постов приводятся в таблице 3.1.

Таблице 3.1 – Основные гидрографические характеристики

Река – створ	F, км ²	I, км	H _{ср} , м	$f_{ос'}$ %	$f_{б'}$ %	$f_{л'}$ %
Алдан – Суон-Тит	18500	345	920	<1	<5	75
Алдан – Томмот	49500	669	810	<1	<5	70
Алдан – Угино	102000	1484	810	<1	<5	75
Алдан – Усть-Миль	269000	966	810	<1	<5	70
Алдан – Охотский Перевоз	514000	565	810	<1	<5	85
Алдан – Верхоянский Перевоз	696000	151	810	<1	<5	85
Амга – Буяга	23900	436	540	<1	<5	80
Амга – Амга	56800	530	430	<1	<5	85
Чульман – Чульман	3840	80	1050	<1	<5	70

3.1 Результат анализа метеорологических характеристик

На первом этапе работы проводился сбор и систематизация метеорологических данных. Данные по 9 метеостанциям представлены в приложе-

ние Б – среднемесячная и среднегодовая температура воздуха и приложение В – месячная и годовая сумма осадков.

3.1.1 Расчет индекса увлажнённости на примере индекса де-Мартона

Индекс увлажненности – показатель характеризующий степень сухости климата.

Н.Н. Иванов ввел индекс увлажнения К. Этот индекс представляет собой отношение количества выпадающих в данном месте осадков (Р, мм) к количеству возможного при данных климатических условиях испарения с открытой пресной водной поверхности – испаряемости (Е₀, мм). Индекс К показывает, в какой мере выпадающие в данном месте осадки возмещают возможное с открытой водной поверхности испарение при данных климатических условиях. В зависимости от величины К Н.Н. Иванов выделил на земле следующие ландшафтно-географические зоны:

- зона влажных лесов или зона избыточного увлажнения (К > 1.5);
- зона лесов или зона достаточного увлажнения (К от 1.00 до 1.49);
- зона лесостепей или зона умеренного увлажнения (К от 0.60 до 0.99);
- зона степей или зона недостаточного увлажнения (К от 0.30 до 0.59);
- зона полупустынь или зона скудного увлажнения (К от 0.13 до 0.29);
- зона пустынь или зона ничтожного увлажнения (К от 0.00 до 0.12).

Для характеристики сухости климата используется обратное соотношение – индекс аридности Стенца (S). Частное от деления испаряемости (Е) на сумму осадков (Р).

Степень аридности климата (α^M) можно также оценить с помощью индекса Де-Мартона, представляющего отношение суммы осадков за год (Р) к среднегодовой температуре воздуха (Т °С):

$$\alpha^M = \frac{P}{T \text{ °С} + 15} \quad (3.1)$$

Для 9 метеостанций рассчитан по формуле (3.1) индекс де-Мартона, результаты представлены таблице 3.2; также построены графики распределения индекса де-Мартона в течение рассматриваемого периода с 1973 по 2011 года, представленные на рисунках в приложение Г.

3.1.2 Внутригодовое распределение температур воздуха и сумм осадков

Таблица 3.2 – Среднегодовые значения индекса де-Мартона по постам на реке Алдан

3.2 Результат анализа среднегодового стока

На следующем этапе работы проводился сбор и систематизация данных о годовом стоке. Данные собраны по 9 гидрологическим постам и приведены в приложение А.

3.2.1 Проверка рядов на однородность

Проверка рядов на однородность проводилась с использованием критериев Фишера и Стьюдента.

Критерий Фишера позволяет оценить однородность ряда по дисперсии. Эмпирическое значение статистике Фишера рассчитывалось по формуле:

$$F^* = \frac{D_1^*}{D_2^*} \quad (3.4)$$

где D_1^* и D_2^* – дисперсии по первой и второй частям анализируемого ряда, при этом в качестве первой дисперсии обычно рассматривают ту, которая больше ($D_1^* > D_2^*$).

Критическое значение статистики Фишера определялось по таблицам, в зависимости от числа степеней свободы $\nu_1 = n_1 - 1$, $\nu_2 = n_2 - 1$ при уровне значимости $2\alpha = 5\%$ (n_1 и n_2 – длина первой и второй частей ряда).

Гипотеза об однородности рядов не опровергалась, если выполнялись условие:

$$F^* < F_{2\alpha}, \quad (3.5)$$

Критерий Стьюдента позволяет оценить однородность ряда по среднему значению. Эмпирическое значение Статистика Стьюдента рассчитывалось по формуле:

$$t^* = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{S} \sqrt{\frac{n_1 n_2}{n_1 + n_2}} \quad (3.6)$$

где

\bar{x}_1, \bar{x}_2 – средние значения по первой и второй частям анализируемого ряда;

σ_1, σ_2 – среднеквадратические отклонения по первой и второй частям ряда;

S – стандартное отклонение разности $(\bar{x}_1 - \bar{x}_2)$, определяемое по формуле:

$$S = \sqrt{\frac{(n_1 - 1)\sigma_1^2 + (n_2 - 1)\sigma_2^2}{n_1 + n_2 - 2}} \quad (3.7)$$

Критическое значение статистики Стьюдента определялось по таблицам, в зависимости от числа степеней свободы $\nu = n_1 + n_2 - 2$ при уровне значимости $2\alpha = 5\%$.

Гипотеза об однородности рядов не опровергалась, если выполнялись условие:

$$|t^*| < t_{2\alpha}, \quad (3.8)$$

Результаты проверки рядов на однородность представлены в таблице 3.6.

Таблица 3.3 – Результаты проверки на однородность рядов среднегодовых расходов воды главных рек Аладанского бассейна

Река – створ	F^*	$F_{2\alpha}$	$H_0: D_1 = D_2$	t^*	$t_{2\alpha}$	$H_0: \overline{Q}_1 = \overline{Q}_2$
Алдан – Суон-Тит	1.11	2.20	не опр	1.37	2.03	не опр

Алдан – Томмот	1.37	2.20	не опр	1.89	2.03	не опр
Алдан – Угино	1.10	2.20	не опр	1.85	2.03	не опр
Алдан – Усть-Миль	1.40	2.20	не опр	2.38	2.03	опр
Алдан – Охотский Перевоз	1.19	2.20	не опр	2.51	2.03	опр
Алдан – Верхоянский Перевоз	1.04	2.20	не опр	1.46	2.03	не опр
Амга – Буяга	1.06	2.20	не опр	1.46	2.03	не опр
Амга – Амга	1.54	2.20	не опр	1.62	2.03	не опр
Чульман – Чульман	1.95	2.20	не опр	3.28	2.03	опр

Как видно из таблицы 3.3 все ряды наблюдений по статистике Фишера однородны, а по статистике Стьюдента ряды по постам Усть-Миль, Охотский Перевоз и Чульман не однородны.

3.2.2 Метод расчета статистических характеристик среднегодовых расходов воды

Расчет оценок параметров распределения производился методом моментов. Ниже представлены основные расчетные формулы.

Среднее значение

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (3.9)$$

коэффициент вариации

$$C_v = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (k_i - 1)^2}{n - 1}} \quad (3.10)$$

коэффициент асимметрии

$$C_s = \frac{n \sum_{i=1}^n (k_i - 1)^3}{(n - 1)(n - 2)C_v^3} \quad (3.11)$$

относительная погрешность среднего значения

$$\varepsilon_{\bar{Q}} = \frac{C_v}{\sqrt{n}} \sqrt{\frac{1+r}{1-r}} 100 \quad (3.12)$$

относительная погрешность коэффициента вариации

$$\varepsilon_{C_v} = \frac{1}{n + 4C_v^2} \sqrt{\frac{n(1 + C_v^2)}{2}} 100\% \quad (3.13)$$

относительная погрешность коэффициента асимметрии

$$\varepsilon_{C_s, \%} = \frac{1}{C_s} \sqrt{\frac{6}{n} (1 + 6C_v^2 + 5C_v^4)} 100\%, \quad (3.14)$$

В том случае, когда коэффициент вариации (C_v) превышал 0.6, параметры пересчитывались методом наибольшего правдоподобия.

Основные статистические характеристики рядов среднегодовых расходов воды представлены в таблице 3.6.

Таблица 3.6 – Значения статистических характеристик рядов среднегодовых расходов воды рек Алданского бассейна

Река-створ	n , лет	\bar{Q}_M^3/c	C_v	C_s	$\varepsilon_{\bar{Q}}\%$	$\varepsilon_{C_v}\%$
Алдан – Суон-Тит	39	217	0.20	0.06	3.19	11.5
Алдан – Томмот	39	553	0.20	0.04	3.24	11.6

Алдан – Угино	39	2960	0.18	0.44	2.91	11.5
Алдан – Усть-Миль	39	1210	0.19	0.45	3.05	11.5
Алдан – Охотский Перевоз	39	4460	0.18	0.18	2.85	11.5
Алдан – Верхоянский Перевоз	39	5460	0.16	0.02	2.56	11.5
Амга –Буяга	39	130	0.33	0.70	5.24	11.9
Амга – Амга	39	209	0.38	0.77	6.02	12.1
Чульман – Чульман	39	54.2	0.25	0.40	4.00	11.7

3.2.3 Внутригодовое распределение расходов воды

3.3 Сравнительный анализ метеорологических и гидрологических характеристик

Река–Пост		По индексу де-Мартона	По расходам воды
Алдан – Суон-Тит	Маловодные годы	1980; 1985-86; 1990-92; 1995; 1998; 2003;	1973; 1985-87; 1990; 2001;
	Многоводные годы	1976-79; 1981; 1987; 2006; 2009	1978;1981-83; 1997; 2005; 2007-2009
Алдан – Томмот	Маловодные годы		
	Многоводные годы		
Алдан – Угино	Маловодные годы		
	Многоводные годы		
Алдан – Усть-Миль	Маловодные годы		

	Многоводные годы		
Алдан – Охотский Перевоз	Маловодные годы		
	Многоводные годы		
Алдан – Верхоянский Перевоз	Маловодные годы		
	Многоводные годы		
Амга –Буяга	Маловодные годы		
	Многоводные годы		
Амга – Амга	Маловодные годы		
	Многоводные годы		
Чульман – Чульман	Маловодные годы		
	Многоводные годы		

Заключение

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1	Владимиров А.М. Гидрологические расчёты. – Л.: Гидрометиздат, 1990. – 368 с.
2	Вельмина Н.Я. , Узембло В.В. Гидрогеология центральной части Южной Якутии. Москва, 1959
3	Гидрологические ежегодники. Том 8. Бассейны морей Лаптевых, Восточно-Сибирского и Чукотского. Вып. 0-7. Бассейны морей Лаптевых, Восточно-Сибирского до р. Колыма – Л.: Гидрометеиздат, 1973-1980.
4	Государственный водный кадастр. Раздел 1. Поверхностные воды. серия 2. Ежегодные данные. Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. Часть 1. Реки и каналы. Часть 2. Озера и водохранилища. Том 1 РСФСР. Выпуск 16. Бассейны Лены (среднее и нижнее течение), Хатанги, Анабара, Оленека, Яны, Индигирки, Алазея – Обнинск: ВНИИНМИ-МИД, 1981-1993.
5	Определение основных расчетных гидрологических характеристик. СП 33-101-2003. – М.: Стройиздат, 2004. – 72 с.
6	Методические рекомендации по определению расчетных гидрологических характеристик при наличии данных гидрометрических наблюдений. – Нижний Новгород: Вектор-ТиС, 2007. – 134 с.
7	Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик. – Л., Гидрометеиздат, 1984, 444 с.
8	Ресурсы поверхностных вод СССР. Том 17. Лено-Индигирский район. – Л.: Гидрометеиздат, 1972.
9	Вельмина Н.Я. , Узембло В.В. Гидрогеология центральной части Южной Якутии . Москва ,1959
10	Сикан А.В. Методы статистической обработки гидрометеорологической информации. – СПб.: изд. РГГМУ, 2007. – 279 с.

11	Сикан А. В., Малышева Н.Г., Винокуров И.О. Статистические методы анализа гидрометеорологической информации. Лабораторный практикум. – СПб.: изд. РГГМУ, 2014. – 76 с.
----	---

Приложение А – Среднемесячные и среднегодовые расходы воды по рекам Алдан, Амга и Чульман, м³/с

Приложение Б – Среднемесячные и среднегодовые температуры воздуха, °С

Приложение В – Месячная и годовая сумма осадков, мм