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

Кафедра инженерной гидрологии

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

(бакалаврская работа)

На тему **Анализ режима притока воды в Колымское водохранилище**

Исполнитель **Ромашкина Анастасия Андреевна**
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель **кандидат географических наук, доцент**
(ученая степень, ученое звание)

Сакович Владимир Михайлович
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»
Заведующий кафедрой

(подпись)

кандидат технических наук, доцент
(ученая степень, ученое звание)

Гайдукова Екатерина Владимировна
(фамилия, имя, отчество)

«1» июня 2026 г.

Санкт–Петербург
2026

Оглавление

Введение 2

1. Природные (физико-географические) условия бассейна Колымского водохранилища 4

1.1 Географическое положение, рельеф и геологические условия 4

1.2 Климатические условия 6

1.3 Растительный и почвенный покров, антропогенная нагрузка 7

2. Гидрография, гидрометеорологическая изученность и водный режим бассейна Колымского водохранилища 11

2.1 Характеристика гидрографической сети 11

2.2 Гидрометеорологическая изученность 12

2.3 Водный режим рек и основные характеристики речного стока 14

3. Основные параметры Колымского водохранилища и режим регулирования стока 16

3.1 Хронология строительства гидроузла и его назначение 16

3.2 Схема гидроузла, основные параметры водохранилища и ГЭС 19

3.3 Режим регулирования стока 24

4. Оценка параметров и анализ закономерностей притока воды в водохранилище 25

4.1 Исходные данные и календарные границы сезонов в режиме притока в водохранилище 25

4.2 Оценка характеристик годового притока в водохранилище 27

4.3 Распределение годового притока в водохранилище по сезонам года 30

4.4 Оценка характеристик максимального притока весеннего половодья в водохранилище 36

4.5 Оценка характеристик максимального притока дождевых паводков в водохранилище 38

4.6 Оценка взаимосвязи между величинами притока за смежные сезоны года 41

4.7 Характеристика условий наполнения водохранилища 44

Заключение 46

Список литературы 48

Приложения 50

Введение

При современных климатических условиях происходит изменение характеристик стока [1]. В связи с этим для водохозяйственной деятельности важно оценить происходящие изменения стока и водного режима рек, которые формируют приток в водохранилища.

Колымское водохранилище — основной элемент гидроэнергетической системы Магаданской области, обеспечивающий многолетнее регулирование стока реки Колымы и устойчивую выработку электроэнергии Колымской ГЭС в условиях резко континентального климата. Кроме того, водохранилище выполняет важную паводкозащитную функцию. Анализ режима притока воды необходим для оптимизации работы гидроузла, прогнозирования водности и обеспечения энергетической безопасности региона.

Цель работы – оценить, изменения в режиме притока воды в Колымское водохранилище за последнее десятилетие по сравнению с предшествующими многолетними данными и проектными характеристиками.

Для выполнения цели решался следующий ряд задач:

1. Изучение гидрографии бассейна верховий Колымы и режима притока воды в Колымское водохранилище;
2. Сбор данных о притоке воды в Колымское водохранилище за последние годы (2013-2024 г.);
3. Сравнение характеристик режима притока воды за расчетный период с проектными характеристиками, вычисленными за предшествующий многолетний период:

- годового стока;
- внутригодового распределения и сезонного стока;
- максимальных расходов весеннего половодья и дождевых паводков.

В первой главе описаны физико-географические характеристики бассейна верховий Колымы и климатические особенности исследуемого района.

Во второй главе рассмотрены характеристики гидрографической сети, гидрометеорологическая изученность и водный режим бассейна Колымского водохранилища.

В третьей главе описаны история строения Колымского гидроузла, его характеристики и особенности режима регулирования стока.

Четвертая глава содержит в себе расчетную часть. Подготовку исходных данных, определение календарных границ сезонов в водном режиме, оценку характеристик притока за различные фазы водного режима, условий наполнения водохранилища, а также анализ взаимосвязи между величинами притока за смежные сезоны.

1. Природные (физико-географические) условия бассейна Колымского водохранилища

1.1 Географическое положение, рельеф и геологические условия

Колымское водохранилище (рисунок 1.1) расположено в верхней части р. Колыма на месте расположения Больших Колымских порогов и является верхним водохранилищем Колымского каскада. Река Колыма образуется в результате слияния рек Кулу и Аян-Юрах, которые берут начало на восточных склонах хребта Тыс-Кастыбыт, и впадает в одноименный залив Восточно-Сибирского моря. Длина р. Колымы составляет 2129 км.

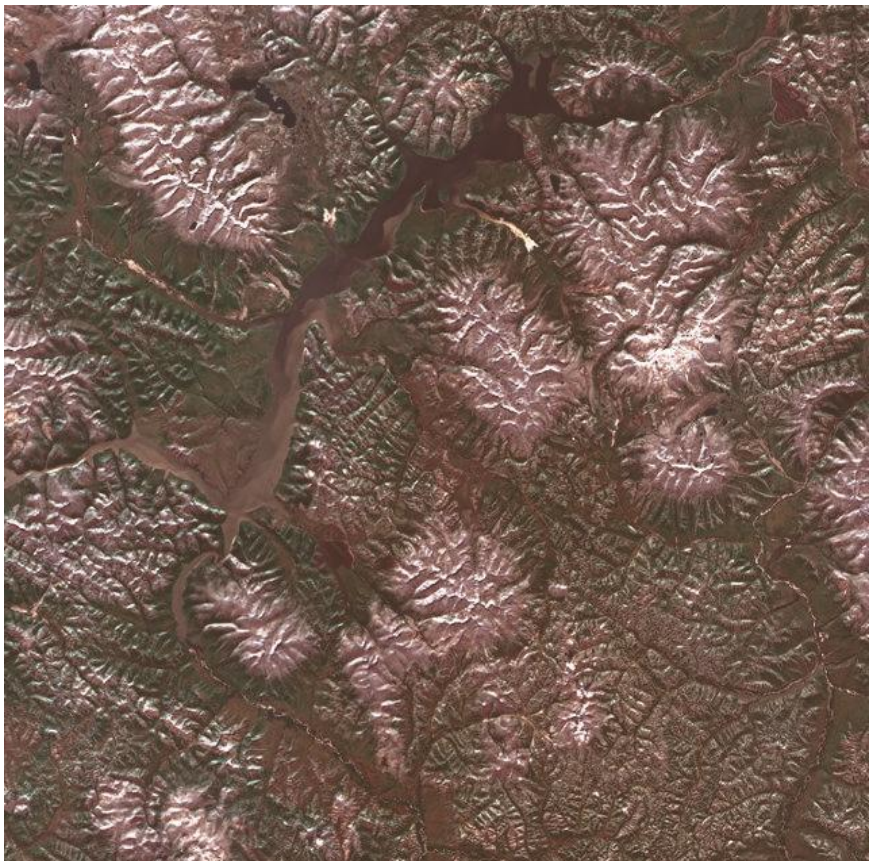


Рисунок 1.1 – Колымское водохранилище, спутниковый снимок

Водохранилище относится к русловому долинному типу и было образовано высоконапорным речным гидроузлом в 1980 г. в соответствии с техническим проектом строительства Колымской ГЭС [2]. Длина водохранилища составляет 148 км, максимальная ширина достигает 6 км, глубина до 120 м.

Рельеф территории Колымского водохранилища имеет ярко выраженный горных характер, так как сформирован под совместным воздействием тектонических поднятий, речной эрозии и криогенных процессов. Согласно классификации ландшафтов А.Г. Исаченко, исследуемый район относится к бореальным (таежным) ландшафтам, в частности, к северотаежным среднегорьям Восточной Сибири [3]. Колымское водохранилище окружают такие объекты, как сопка Перистая с отрогом Спящий рыцарь, сопка Ярыга, сопка Абориген с пиками Властный и Стремления.

В структурно-тектоническом отношении Колымское водохранилище расположено на территории Яно-Колымской складчатой системы, сформировавшейся в результате коллизионных процессов преимущественно в мезозое в пределах северо-западной части Большепорожского гранитоидного массива. В геологическом строении Колымского нагорья основную роль играют юрские и меловые эффузивы. Для рассматриваемого района характерно преобладание вулканогенно-осадочных пород. Одной из отличительных черт данной территории является сплошное распространение многолетнемерзлых пород мощностью от нескольких десятков до сотен метров [4].

Территория водохранилища расположена в пределах юго-восточного сектора сейсмического пояса Черского, имеющего северо-западное простирание. В связи с этим для района водохранилища установлена расчетная сейсмичность до 7 баллов при периоде повторяемости 1 раз в 100 лет. Систематические наблюдения за сейсмической обстановкой в районе Колымской ГЭС ведутся с 1968 г. и продолжаются в настоящее время [5].

1.2 Климатические условия

Рассматриваемая территория характеризуется субарктическим резко-континентальным климатом. Преобладание на территории бассейна Колымского водохранилища горного рельефа обуславливает ярко выраженную высотную дифференциацию климата. Изучаемому участку свойственны длительные холодные зимы, среднегодовые температуры воздуха отрицательны, преобладает антициклональный тип погоды, адвективные климатические процессы преобладают над радиационными [6].

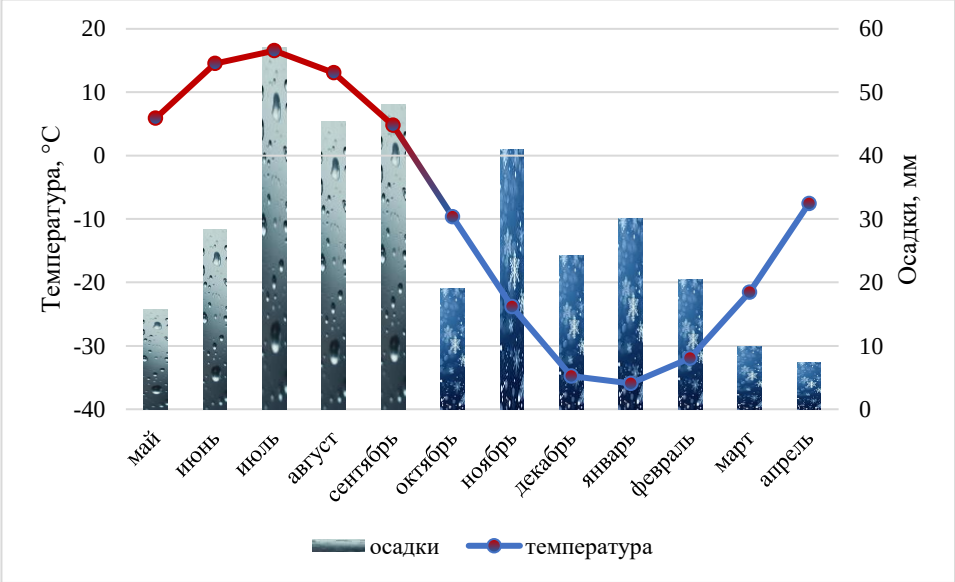


Рисунок 1.2 – Распределение среднемесячных температур и осадков

Как видно из графика (рисунок 1.2), в мае, июне, июле, августе и сентябре преобладает жидкая форма осадков, в прочие месяцы – твердая форма.

Абсолютные минимумы зимних температур приходятся на февраль и достигают -62°С, максимальные летние температуры воздуха характерны для июля и достигают +36 °С. Амплитуда колебаний годовых температур воздуха высока и может достигать 98°С. Вегетационный период продолжается с мая по сентябрь, среднесуточная температура переходит через 0°С в первой декаде мая и в третьей декаде сентября. Среднесуточные значения осадков и температур были взяты с электронного ресурса Аисори-М [7]. Совмещенные

хронологические графики среднесуточных температур в пос. Сеймчан представлены в Приложении А.

Среднегодовое значение количества осадков составляет 350 мм. Наибольшее количество осадков выпадает в июле-сентябре. Максимальное значение осадков за рассматриваемый период приходится на июль – среднее значение суммы осадков за этот месяц 57 мм. Таблица среднемесячных осадков за исследуемый период представлена в Приложении Б. Снежный покров в период отрицательных температур нарастает равномерно и достигает наибольшего значения в марте-апреле, в зависимости от даты перехода температур через 0°С. Для высокогорных районов характерны длительное залегание снежного покрова и сильно расчлененный рельеф, что является фактором образования лавинных очагов.

1.3 Растительный и почвенный покров, антропогенная нагрузка

Характер растительного покрова верхней части бассейна р Колымы обусловлен суровыми климатическими условиями, сложным рельефом, распространением многомерзлых пород, наличием таликов в долине Колымы и ее крупных притоков и выраженной высотной поясностью.

В регионе преобладает типично бореальная флора; наиболее распространены представители семейств Злаковые (*Poaceae*), Осоковые (*Cyperaceae*), Астровые (*Asterceae*). Эндемическими видами данных территорий являются Беквития Шамиссо (*Beckwithia chamissionis*), Остролодочник чернеющий (*Oxytropis nigrescens*), Ива дарпирская (*Salix darpirensis*), Родиола четырехнадрезанная (*Rhodiola quadrifida*), Мак снежный (*Papaver nivale*), Проломник Охотский (*Androsace ochotensis*), Звездчатка сибирская (*Stellaria sibirica*), Песчанка чукотская (*Arenaria tschuktschorum*), Пленчатомятлик шерстистоцветковый (*Hyalopoa lanatiflora*), Оксиграфис ледниковый (*Oxygraphis glacialis*), Остролодочник аянский (*Oxitropis ajanensis*) и проч.

Вершины сопок покрывают преимущественно дриадово-лишайниковые и голубично-березковые тундры, подгольцевый пояс представлен

лишайниковыми кедровостланиками в сочетании с лиственнично-кедровостланиковыми рединами. Лесной пояс и надпойменные террасы представлены в большей мере кедровнико-лиственничными и лиственничными редколесьями. На пойме произрастают ивняки, чозениевые леса, кустарничковые и вейниковые лиственнички, растительность террас представлена болотистыми вейниково-дернистоосоковыми лугами. Термофитные степи, отсепененные березняки и осинники распространены на склонах долины реки Колымы [8].

Почвенный покров территории верховья Колымы формируется в условиях сурового резко континентального климата, широкого распространения многолетнемерзлых пород и активного проявления криогенных процессов. Практически повсеместно здесь развита сплошная многолетняя мерзлота, прерываемая таликами лишь в долинах крупных непромерзающих рек и отдельных зонах тектонических нарушений. Наличие криолитозоны существенно влияет на процессы почвообразования, сокращая период активного формирования почв и замедляя преобразование органического вещества.

Подстилающая поверхность отличается значительной неоднородностью и включает водораздельные пространства, горные склоны, шлейфы, надпойменные террасы и речные поймы. Наиболее распространенными почвообразующими породами являются элювиально-делювиальные отложения коренных пород, приуроченные преимущественно к склонам и водоразделам. В пойменных частях широко распространены современные аллювиальные отложения [9].

Преобладающими типами почв являются мерзлотные минеральные почвы - криоземы, глееземы и криоподбуры. Таежные мерзлотные почвы формируются преимущественно на суглинистых и глинистых породах и характеризуются глубоким зимним промерзанием, слабым сезонным оттаиванием и признаками оглеения. Вследствие интенсивного криогенного перемешивания почвенный профиль слабо дифференцирован, а в гранулометрическом составе преобладают пылеватые и песчаные фракции.

В гольцовом и подгольцовом поясах распространены маломощные органогенно-щебнистые почвы, развивающиеся под лишайниково-кустарничковой растительностью и кедровым стлаником. Для тундровых ландшафтов и водораздельных поверхностей характерны криоземы и глееземы, формирующиеся в условиях избыточного увлажнения и близкого залегания многолетнемерзлых грунтов.

Пойменные участки представлены преимущественно аллювиальными дерново-глеевыми и торфяно-глеевыми почвами, приуроченными к зонам периодического затопления. Существенное влияние на состояние почвенного покрова оказывают процессы термокарста, солифлюкции, криотурбации и сезонного переувлажнения, определяющие высокую чувствительность природных комплексов верховья Колымы к антропогенному воздействию [10].

Основным антропогенным фактором, оказывающим влияние на экосистему верховья Колымы, является непосредственно эксплуатация Колымской ГЭС, в частности регулирование стока. Результатом воздействия ГЭС на окружающую среду стало тепловое загрязнение в нижнем бьефе реки, сукцессионные процессы в верхнем бьефе, грунтовая плотина на пути миграции рыб ограничивает нерест, срезание пиков половодий и паводков способствовало устранению условий образования низин и пойменных озер ниже по течению [11]. Дополнительное влияние оказывает постройка новых и ремонт существующих ЛЭП. На данный момент Колымская ГЭС осуществляет выдачу энергии ЛЭП по пяти направлениям: пос. Ягодное, пос. Оротукан, пос. Усть-Омчуг, Усть-Среднеканская ГЭС, котельная. Для предотвращения химического загрязнения реки на ГЭС регулярно проводится анализ проб воды, взятых в разных точках. Стоит отметить, что в результате введения в эксплуатацию Колымской ГЭС Аркагалинская ГРЭС была выведена в резерв, а Магаданская ТЭЦ значительно уменьшила потребление угля.

Серьезным антропогенным фактором, воздействующим на экосистему верхней части бассейна Колымы, является также техногенное воздействие золотодобывающих предприятий, в том числе – нелегальных. Золотодобыча

инициирует глубокую техногенную трансформацию аллювиальных отложений в пределах пойменно-русловых комплексов. Применение тяжелой землеройной техники и драг обусловливает кардинальную механическую переработку литологической толщи, что выражается в коренном переустройстве рельефа, формировании новых отвалов вскрышных пород, развитии дорожной сети без следов зарастания, а также в деформациях режима стока взвешенных и влекомых наносов. Неизбежным сопутствующим эффектом выступает химическое загрязнение водотоков тяжелыми металлами и значительное увеличение мутности воды в реках и водоемах-отстойниках [12].

2. Гидрография, гидрометеорологическая изученность и водный режим бассейна Колымского водохранилища

2.1 Характеристика гидрографической сети

Река Колыма образуется в результате слияния двух рек: Кулу и Аян-Юрях, которые берут начало на восточных склонах хребта Тыс-Кастыбыт, и впадает в Восточно-Сибирское море. Длина реки составляет 2129 км, площадь водосбора равна 647000 км^2, общее падение – 532 м. Верхняя и средняя части течения Колымы проходят по гористой местности, которую формируют Верхне-Колымское нагорье вместе с юго-восточными отрогами, относящимися к горной системе Черского, где высота достигает 2300-2500 м. Среднегорный рельеф развит наиболее широко. На нижнем участке река протекает через Колымскую низменность - территорию, изобилующую болотистыми впадинами и озёрами, поперечник которых может достигать нескольких километров. До поселка Оротук река носит горный характер, ниже и до устья ручья Чубукалах Колыма протекает в хорошо разработанной долине с крутыми склонами, ширина которой может достигать 15 км. Ширина поймы варьируется от 1,5 км до 2 км, сама пойма значительно расчленена протоками, старицами и озёрами, нередко заболочена, покрыта лесом и кустарником и почти каждый год затапливается водой. На отрезке между реками Теньке и Бахапча долина Колымы имеет V-образный профиль, пойма здесь отсутствует, ширина колеблется от 1,5 до 3 км, местами сужаясь до 0,3–0,5 км, а по форме этот участок напоминает каньон с каменистыми склонами. [13]

Водное питание реки обеспечивают многочисленные притоки, основная часть которых сосредоточена в верховьях. Наиболее значимыми притоками являются реки Теньке и Детрин. [Пояснительная записка к ПИВР]

Карта-схема водохранилища с притоками приведена на рисунке 2.1.

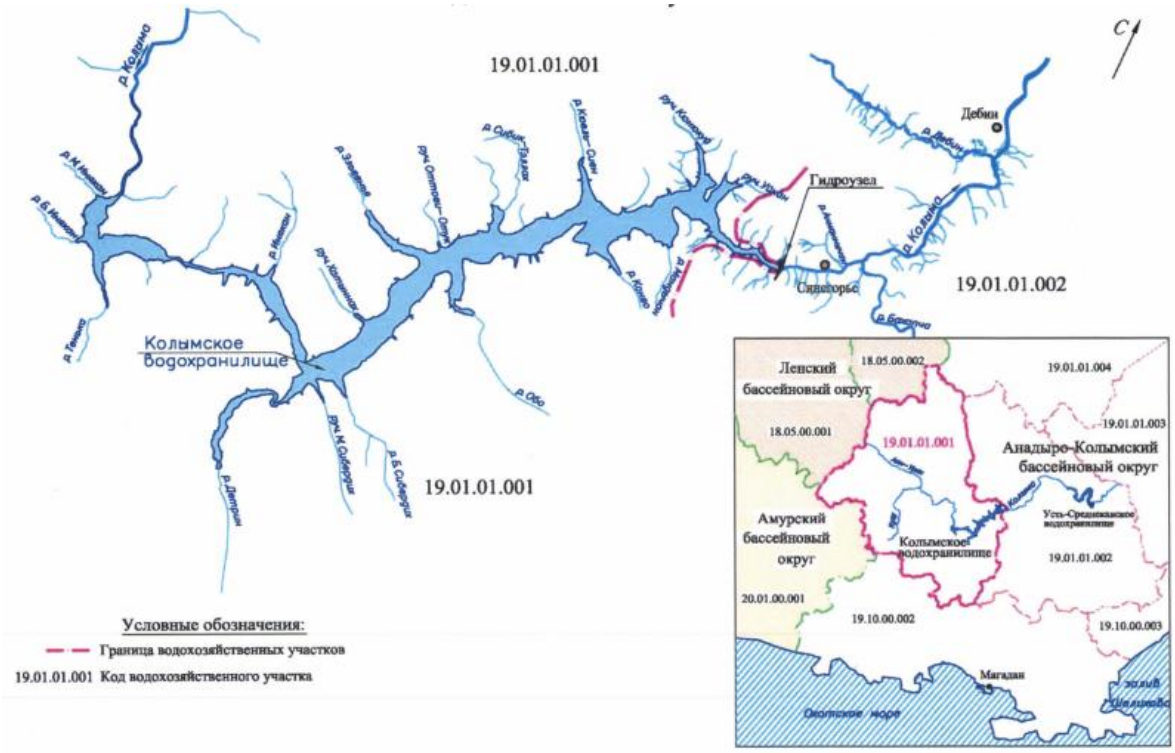


Рисунок 2.1 – Схема бассейна верхней Колымы

2.2 Гидрометеорологическая изученность

Начало стационарных гидрологических наблюдений в бассейне верхней Колымы относится к 1932 г., когда была введена в эксплуатацию первая гидрометрическая станция, располагавшаяся в пос. Усть-Среднекан. В свою очередь, на средней Колыме первый подобный пункт наблюдений был организован ранее — в 1927 г. в г. Среднеколымске — силами Центральной партии управления водных путей.

Сведения о существующих и существовавших гидрологических постах представлены в таблице 2.1. Наиболее значимыми для исследования являются гидрологический пост, расположенный у плотины Колымской ГЭС, и пристанционный гидрологический пост. Эти посты позволяют получить информацию о притоке в Колымское водохранилище, уровнях воды в верхнем и

нижнем бьефе, расходах воды через водосбросы, расходах воды через гидроагрегаты. Гидрологические посты предоставляют информацию об уровнях воды в Балтийской системе высот (мБС).

Информация о метеорологических постах представлена в таблице 2.2. В рамках работы были рассмотрены данные метеостанции пос. Сеймчан, находящиеся в открытом доступе (Аисори-М).

Таблица 2.1 – Сведения о гидрологических наблюдениях в районе Колымского водохранилища

№пп	**Название водного объекта**	**Местоположение (название) подразделения (поста)**	**Тип и разряд подразделения**	**F водосбора, км^2**	**Период действия**	
					открыт	закрыт
1	р. Колыма	С. Оротук	гидрологический пост на реках и каналах 1-го разряда (далее - ГП-1)	42600	1991	действующий
2	р. Колыма	Пос. Дусканья	ГП-1	50100	01.07.1947	01.11.1980
3	р. Колыма	Пос. Ветренный	гидрологический пост на реках и каналах 2-го разряда (далее - ГП-2)	57600	08.09.1965	01.02.1988
4	Колымское водохранилище	плотина	гидрологический пост на озерах и водохранилищах (ОГП-1)	61500	16.10.1980	действующий
5	р. Колыма	Колымская ГЭС	пристанционный гидрологический пост в составе станции (далее - ПГП)	61500	07.05.1981	действующий
6	р. Колыма	1,0 км ниже створа плотины	ГП-2	61500	20.05.1976	31.07.1981
7	р. Колыма	Пос. Синегорье	ПГП	61500	11.05.1975	действующий
8	р. Колыма	0,6 км выше устья р. Бахапчи	ГП-1	61700	01.08.1933	31.12.1955
9	р. Колыма	Колыма - рабочий пос. Дебин	гидрологический пост на реках и каналах 3-го разряда (ГП-3)	81500	13.05.2003	действующий
10	р. Колыма	2,7 км выше устья ручья Фокус	ГП-2	99400	28.07.2002	28.09.2011
11	р. Колыма	1,4 км выше устья ручья Фокус	ГП-1	99400	01.07.1989	2012
12	р. Колыма	0,7 км выше устья ручья Фокус	ГП-2	99400	15.06.1992	2019

№пп	Название водного объекта	Местоположение (название) подразделения (поста)	Тип и разряд подразделения	F водосбора, км^2	Период действия	
					открыт	закрыт
13	р. Колыма	Пос. Усть-Среднекан	ГП-1	99400	03.08.1932	действующий

Таблица 2.2 – Сведения о метеорологических наблюдениях в районе Колымского водохранилища

№ пп	Местоположение (название) подразделения (пункта)	Тип подразделения	Период действия	
			открыт	закрыт
1	Бахапча	метеостанция	1934	действующий
2	Усть-Среднекан	метеостанция	1936	действующий
3	Пос. Сеймчан	метеостанция	1942	действующий

Для проведения исследования режима притока воды в Колымское водохранилище использовались данные об уровнях воды в верхнем и нижнем бьефе, информация о среднесуточном притоке воды в водохранилище в период с 01.05.2013 по 30.04.2024 гг. (11 водохозяйственных лет). Искомые значения были взяты с сайта «РусГидро», на котором ежедневно публикуются актуальные данные (уровень воды в верхнем бьефе на 8:00 по местному времени; среднесуточный уровень воды в нижнем бьефе за предыдущие сутки; среднесуточный расход притока воды в водохранилище за предыдущие сутки; средний сбросной расход воды через гидроузел за предыдущие сутки, включая расход через ГЭС, эксплуатационный водосброс и расход фильтрации.)

2.3 Водный режим рек и основные характеристики речного стока

Питание реки Колымы — смешанного типа: доля дождевых вод и весенних талых в формировании стока примерно равная, тогда как вклад грунтовых вод не превышает 10%, что связано с многолетней мерзлотой. Водный режим отличается хорошо выраженным весенним половодьем и наличием нескольких дождевых паводков в осенне-летний период. Начинается весеннее половодье в

середине — конце мая. Подъём уровня воды в среднем достигает 6 м. Наивысший уровень фиксируется в конце мая — начале июня. Продолжительность половодья варьируется от 17 до 55 дней. Возврат холодов, как правило, растягивает это половодье. Часто на его спаде случаются дождевые паводки, однако в весенний период доля дождевого питания невелика. На протяжении летне-осеннего сезона дождевые паводки нередко следуют один за другим.

Благодаря горному рельефу и вечной мерзлоте, которая препятствует глубокой фильтрации, коэффициент стока остаётся высоким, поэтому даже небольшие осадки вызывают заметный подъём уровней. По высоте дождевые паводки нередко превышают весеннее половодье. Средний подъём уровня при таких паводках составляет 5,5 м, а максимальный достигает 11 м. Интенсивность подъёма может доходить до 5,5–6,0 м/сутки. Отдельные паводки длятся от 7 до 24 дней. Летняя межень часто отсутствует или бывает очень непродолжительной. Низшие уровни при открытом русле обычно наблюдаются в конце сентября — начале октября [14].

С момента начала ледостава уровни постепенно снижаются, сток уменьшается и к концу зимы достигает наименьшего в году значения. В это время уровни воды обычно на 1,0–1,5 м ниже летних меженных. После сооружения ГЭС и сброса воды в зимнюю межень начался процесс увеличения площади живого сечения сквозного талика в ложе Колымского водохранилища, а также под руслом Колымы в нижнем бьефе. Кроме того, в этот талик стали вовлекаться древние переуглубленные русла, расположенные в грабен-долинах. Это, в свою очередь, активизировало питание подрусловых вод и подмерзлотных подземных вод в прилегающих гидрогеологических структурах.

Согласно многолетним данным, в естественных условиях сток Колымы в зимнюю межень (октябрь–апрель) составляет в среднем 2–6 % от общего годового. За рассматриваемый период эта доля составила в среднем 5 % от общего стока. Формируется данный сток по большей части за счёт дренирования

вод сезонноталого слоя (СТС), а также водоносного горизонта наиболее проницаемых аллювиальных галечников в речных долинах — в октябре–ноябре. На эти два месяца приходится около 80 % зимнего стока [15].

3. Основные параметры Колымского водохранилища и режим регулирования стока

3.1 Хронология строительства гидроузла и его назначение

Во второй половине XX века территория Магаданской области, в пределах которой интенсивно развивались золотодобывающая промышленность и освоение других минерально-сырьевых ресурсов, столкнулась с выраженным дефицитом энергетических мощностей. Эксплуатация действовавших на тот момент дизельных и угольных электростанций характеризовалась низкой экономической эффективностью, что было обусловлено высокой стоимостью доставки и использования топлива в условиях удалённости региона. В связи с этим приоритетным направлением энергетического развития стало освоение гидроэнергетического потенциала реки Колымы, отличающейся значительными водно-энергетическими ресурсами. Первые предпосылки к реализации проекта гидроэлектростанции на Колыме сформировались ещё в 1930-х годах. Практический этап подготовки к строительству начался в июне 1964 года с проведения топографической съёмки в районе будущего гидроузла. Спустя два года, в декабре 1966 года, были развёрнуты работы по проектированию Колымской ГЭС, а уже в 1967 году экспедиция №13 приступила к выполнению комплекса инженерно-геологических и гидрологических исследований створа [16].

Для постройки станции был выбран створ, расположенный в Ягоднинском районе Магаданской области, находящийся на 1894 км от устья реки Колымы (рисунок 3.1).

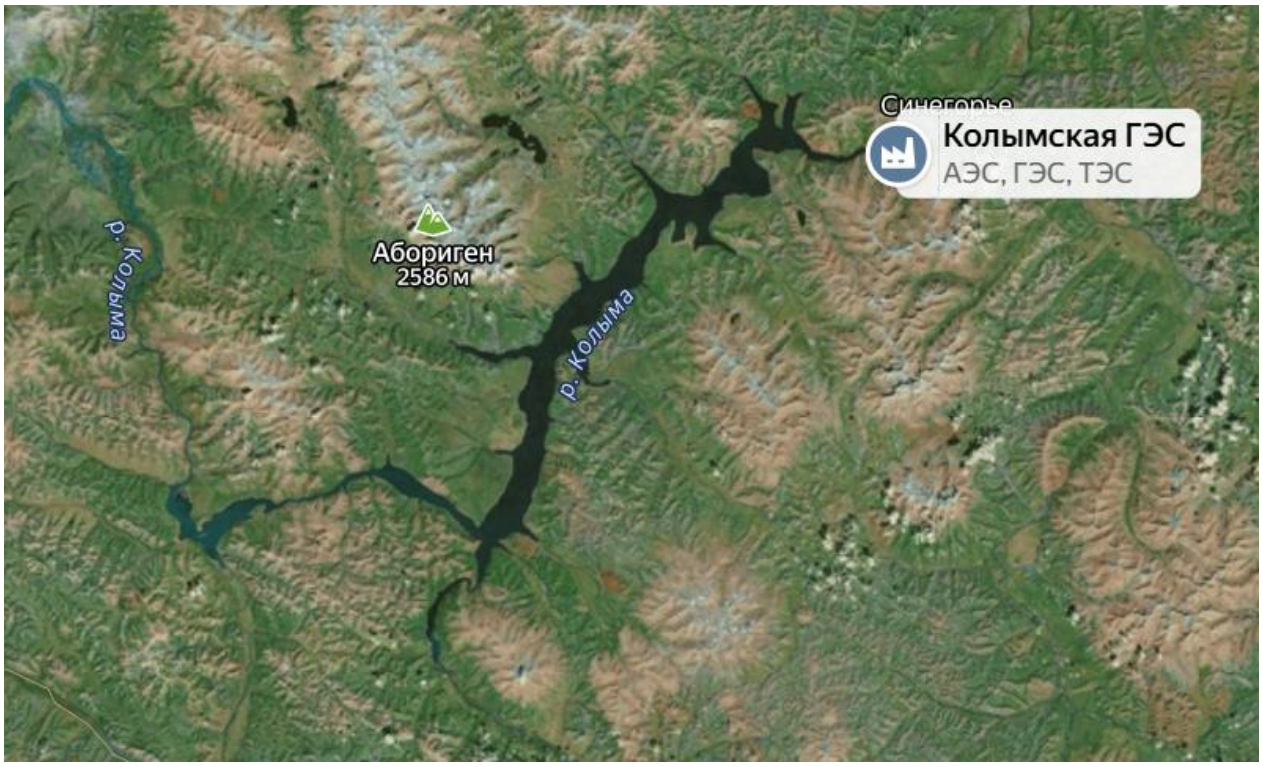


Рисунок 3.1 – Карта-схема расположения гидроузла

В 1973 году технический проект Колымской ГЭС, разработанный «Ленгидропроектом», был утвержден, но неоднократно дорабатывался в процессе строительства. В целях обеспечения строительства гидроузла был возведен посёлок гидростроителей Синегорье. На данный момент в поселке проживают преимущественно работники ГЭС. В 1974 году начались земельно-скальные работы в створе будущего гидроузла. Начальником строительства был назначен Ю.И. Фриштер, именем которого впоследствии была названа ГЭС, главным инженером – А.А. Серов. Заполнение Колымского водохранилища началось в октябре 1980 года, отметка нормального подпорного уровня была достигнута в сентябре 1994 года. Первый гидроагрегат был поставлен под

нагрузку в 1981 году, последний, пятый гидроагрегат был запущен 2 октября 1994 года. Акт приема Колымской ГЭС в эксплуатацию был подписан 25 октября 2007 года. Сооружению присвоен первый класс – Колымская ГЭС относится к гидротехническим сооружениям чрезвычайно высокой опасности.

Установленная мощность Колымской ГЭС — 900 МВт. Среднегодовая выработка электроэнергии — 2,022 млрд. кВт*ч.

В настоящее время Колымское водохранилище используется в соответствии с его проектным назначением. Основной функцией водохранилища является выработка электроэнергии. Кроме того, оно обеспечивает поддержание условий судоходства в нижнем бьефе гидроузла на участке река Колыма от посёлка Верхний Сеймчан до посёлка Зырянка, а также используется для хозяйственно-питьевого водоснабжения. За 2025 год суммарная выработка электроэнергии Колымской ГЭС составила 1,883 млрд кВт*ч, достигнув суточного максимума в 7,5 млн кВт*ч 31 декабря 2025 года. На данный момент Колымская ГЭС обеспечивает до 70% потребности в электроэнергии Магаданской области и частично обеспечивает электроснабжение Северо-Восточных регионов Республики Саха (Якутия).

3.2 Схема гидроузла, основные параметры водохранилища и ГЭС

План гидроузла и его расположение в створе показаны на рисунке 3.2.

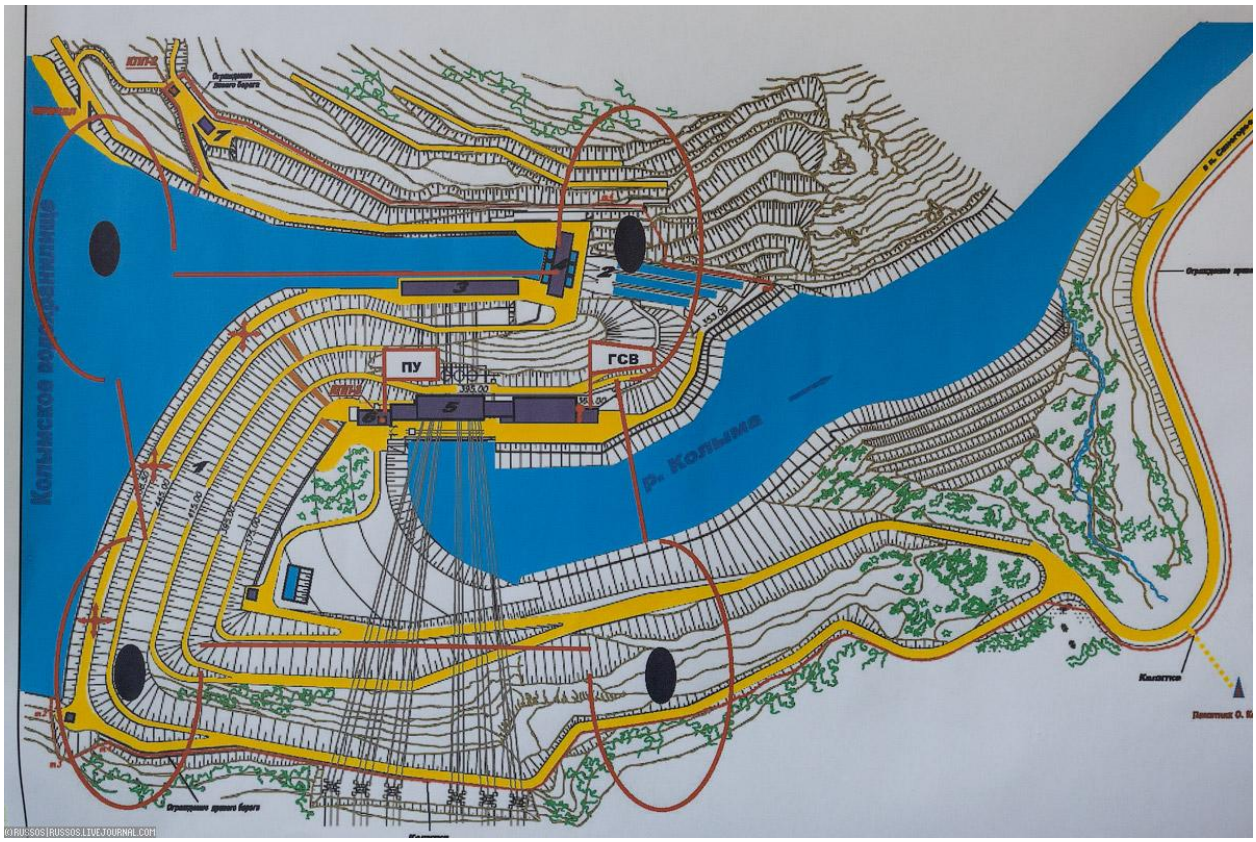


Рисунок 3.2 – План гидроузла

Водохранилище.

Водохранилище Колымской ГЭС руслового типа, комплексного назначения, образовано каменно-земляной плотиной. Водохранилище предназначено для многолетнего, годичного, недельного и суточного регулирования стока для обеспечения работы водного транспорта и работы ГЭС. В летний период характеризуется средней проточностью, в зимний период – слабой проточностью. Наполнение полезной емкости происходит в теплый период года, преимущественно в июле-августе. В холодный период производится сработка водохранилища до уровня принудительной предполоводной сработки

УПС или уровня мертвого объема УМО. Основные характеристики водохранилища представлены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Характеристики водохранилища

Наименование показателей	**Единица измерения**	**Значение**
Уровни водохранилища		
Нормальный подпорный уровень (НПУ)	м	451,5
Уровень мертвого объёма (УМО)	м	432,0
Форсированный подпорный уровень (ФПУ)	м	457,6
Уровень обязательной предполоводной сработки (УПС)	м	435,0
Уровень при пропуске максимальных расходов вероятностью превышения 0,01 % с гарантийной поправкой	м	457,60
То же при пропуске паводка вероятностью превышения 0,1 %	м	454,50
Площади зеркала		
При НПУ	км²	455
При УМО	км²	292
При ФПУ	км²	500
При УПС	км²	315
Объёмы		
При НПУ	км³	15,08
При УМО	км³	7,84
Полезный (НПУ – УМО)	км³	7,24
Между ФПУ и НПУ	км³	2,88
Между НПУ и УПС	км³	5,75

Гидротехнический комплекс Колымской ГЭС состоит из следующих сооружений:

- Каменно-земляная плотина;
- Подводящий канал;
- Эксплуатационный водосброс;
- Водоприемник ГЭС;
- Подземное здание ГЭС;
- Отводящий канал.

Каменно-земляная плотина.

Каменно-земляная плотина трапецеидального поперечного сечения с противофильтрационным суглинистым ядром является подпорным сооружением для Колымского гидроузла. Длина плотины по гребню составляет 860 м, ширина по гребню – 15 м, высота – 130 м, что делает ее самой высокой грунтовой плотиной в России. Со стороны нижнего бьефа плотины откос разделен на четыре бермы. В теле плотины имеется цементационная противофильтрационная завеса, выполненная в форме потерны. В правобережной части плотины расположено временное водосбросное сооружение, использовавшееся в период строительства, на данный момент забетонированное. Превышение гребня плотины над нормальным подпорным уровнем НПУ составляет 7 м. За фильтрационными процессами через тело плотины ведутся регулярные наблюдения.

Подводящий канал.

Назначение подводящего канала – подвод воды к водоприемнику и водосбросу. На участке сопряжения канала с водосбросом выполнена бетонная облицовка. Ширина канала по дну составляет от 100 до 41 м, длина – 560 м. Канал рассчитан на пропуск расходов 12400 $м^3/с$, максимальная скорость воды в канале – 4,5 м/с.

Эксплуатационный водосброс.

Поверхностный, берегового типа эксплуатационный водосброс предназначен для пропуска паводковых расходов воды в нижний бьеф. Водосброс примыкает к зданию водоприемника, имеет с ним общий подводящий канал. Водосброс состоит из трёх водосливных пролётов практического профиля с тремя лотками быстротока, перекрывающихся сегментными затворами с помощью лебедок. Каждый лоток быстротока оснащен носками-трамплинами, предназначенными для гашения энергии потока. Длина водосброса по гребню составляет 60 м, ширина по подошве водосливов – 87,18 м. Пропускная способность водосброса — более 11 500 м³/с.

Водоприемник ГЭС.

Водоприемник Колымской ГЭС прислонный, глубинного типа, разделенный на секции. Служит для забора воды из подводящего канала и подачи ее на турбины. Конструкция водоприемника врезана в скальный правый борт подводящего канала, примыкает к плотине, отделен от нее подпорной стенкой. Состоит из 5 секций с водозаборными отверстиями, разделенных бычками. Водоприемник с турбинными водоводами обеспечивают забор и подвод к гидроагрегатам воды расходом до 900 $м^3/с$. Общая длина водоприемника составляет 162 м, ширина по верху 20 м. В водоприемнике расположена цементационная потерна, наблюдения за которой ведутся регулярно.

Подземное здание ГЭС.

Подземное здание ГЭС расположено в скальной выломке правого берега и включает в себя машинный зал, оснащенный пятью гидроагрегатами, подземные выработки, состоящие из систем дренажных штолен, и подходных выработок (рисунок 3.3). С поверхностью машинный зал связывают транспортный тоннель и лифтовые шахты. Длина машзала составляет 130 м, ширина 22 м, длина отсасывающих труб – 75 м, длина отводящего канала – 37 м, ширина отводящего

канала - 37 м, максимальная суммарная водопропускная способность гидроагрегатов – 900 м^3/с.

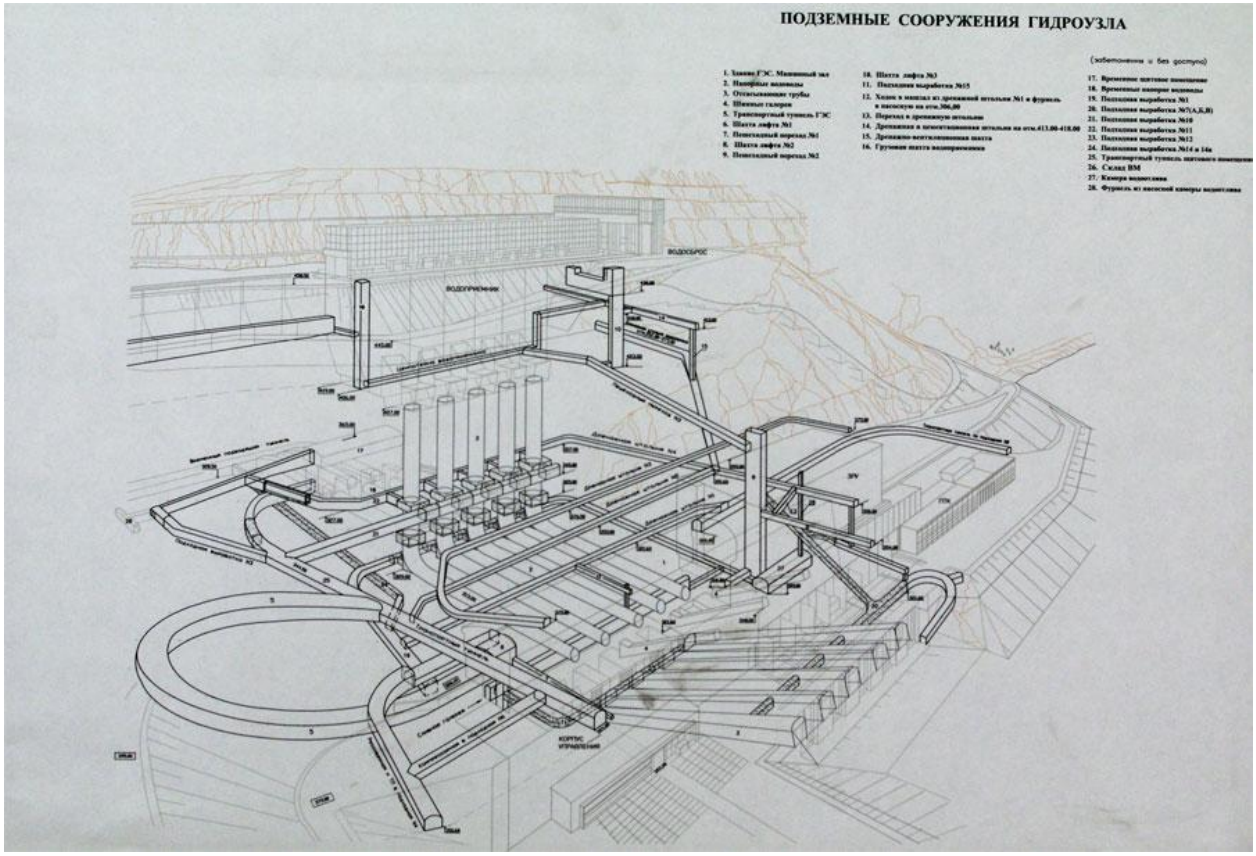


Рисунок 3.3 – Подземные сооружения гидроузла

Отводящий канал.

Отводящий канал предназначен для возвращения воды, использовавшейся гидроагрегатами, в реку. Отводящий канал Колымской ГЭС прямоугольного сечения выполнен в скальных породах. Длина канала 37 м, ширина по дну 94 м, уклон 1:2. Пропускной расход канала составляет 900 м^3/с.

3.3 Режим регулирования стока

Предназначение Колымского водохранилища – обеспечение функциональности Колымской ГЭС. Уровенный режим, режим расходов, поступающих через гидроагрегаты и через водосброс в нижний бьеф, определяет план режима работы гидроузла [17].

Внутригодовое распределение стока реки Колымы неравномерно. Среднегодовой сток за рассматриваемый период составляет 18,28 км^3.

Основной объем годового стока приходится на теплый период (май-сентябрь), при этом максимальных значений стока река достигает в период весеннего половодья в мае-июне, однако в отдельные годы пик расходов приходится на период летне-осенних паводков. Весеннее половодье начинается в середине-конце мая, окончание – в середине-конце июня. Летне-осенние дождевые паводки начинаются в конце июня и заканчиваются в сентябре. Самым многоводным месяцем в году является июнь, на который приходится пик весеннего половодья. Дождевые паводки достигают пиков расхода в конце июля – начале августа.

Питание реки в период зимней межени обеспечивается преимущественно водоносными таликами.

4. Оценка параметров и анализ закономерностей притока воды в водохранилище

4.1 Исходные данные и календарные границы сезонов в режиме притока в водохранилище

Исходными данными для исследования послужили значения притоков воды в водохранилище, уровни воды в верхнем и нижнем бьефе Колымской ГЭС, данные о расходе воды за 11 водохозяйственных лет (с 2013 по 2024 календарный год). Данные ежедневно публикуются на сайте РусГидро [16]. Среднемесячные расходы за исследуемый период приведены в Приложении В, среднесуточные расходы – в Приложении Г.

Для определения календарных границ сезонов в водном режиме водохранилища на основе данных притока воды за период с 2013/2014 по 2023/2024 водохозяйственные годы были построены совмещенные гидрографы за 11 лет (рисунок 4.1).

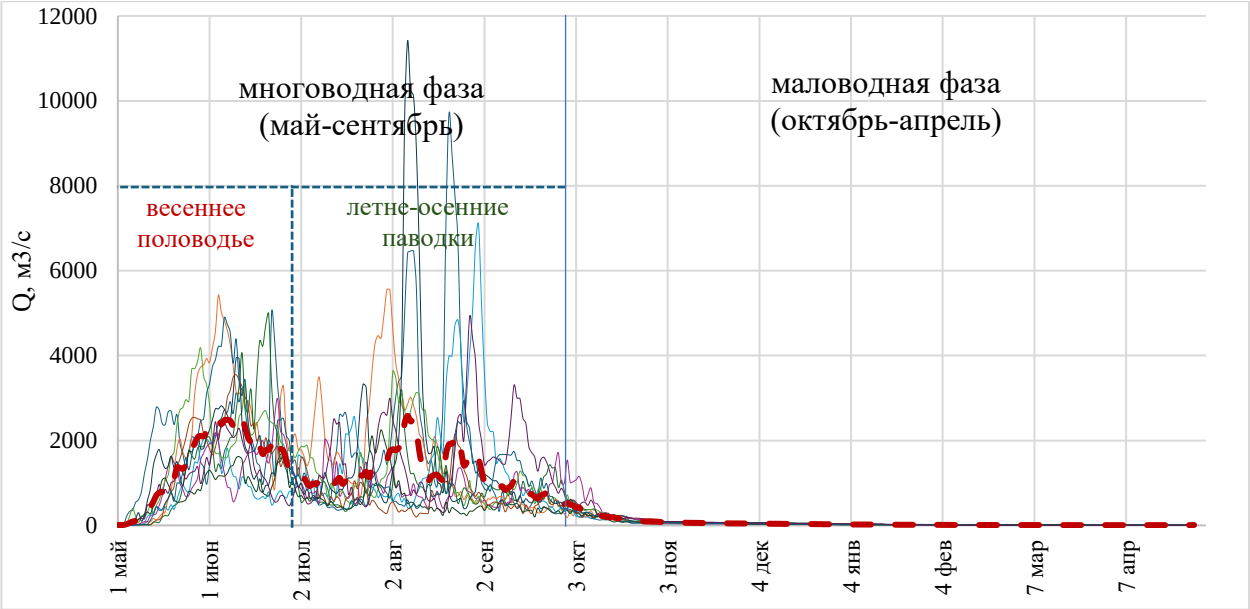


Рисунок 4.1 – Совмещенные гидрографы притока в Колымское водохранилище

На осредненном гидрографе притока отчетливо выделяются две фазы в режиме притока в течение года. Первая – многоводная фаза продолжительностью 5 месяцев (май-сентябрь). Вторая – хорошо выраженная маловодная фаза, длится 7 месяцев (октябрь-апрель).

В многоводной фазе прослеживаются два сезона: половодье длительностью в среднем 2 месяца (май-июнь) и летне-осенний паводковый сезон, продолжительностью 3 месяца (июль-сентябрь).

Основной приток, как видно по графику, приходится на теплый период и обусловлен весенним половодьем и летне-осенними дождевыми паводками, при этом объем притока в период дождевых паводков в среднем равен объему половодья, а в отдельные годы превосходит объем притока за весеннее половодье.

Половодье начинается в первой декаде мая и заканчивается преимущественно в третьей декаде июня (рисунок 1). За половодьем следует относительно маловодный период (2-3 недели) – условная летняя межень. В третьей декаде июля начинается период летне-осенних паводков и заканчивается

в среднем в первой декаде сентября, однако в отдельные годы паводки могут продолжаться до первой декады октября (2017 год). После окончания периода дождевых паводков и до начала весеннего половодья наступает период хорошо выраженной длительной (7 месяцев) зимней межени. Ледостав устанавливается в среднем во второй декаде ноября и длится до второй декады мая, когда происходит разрушение ледового покрова. Окончательное очищение русла ото льда происходит во второй декаде июня.

.

4.2 Оценка характеристик годового притока в водохранилище

Для анализа величин годового притока по среднесуточным значениям вычислены среднегодовые расходы за водохозяйственный годы. Диаграмма изменения среднегодовых расходов притока за рассматриваемый период (11 водохозяйственных лет) приведена на рисунке 4.2.

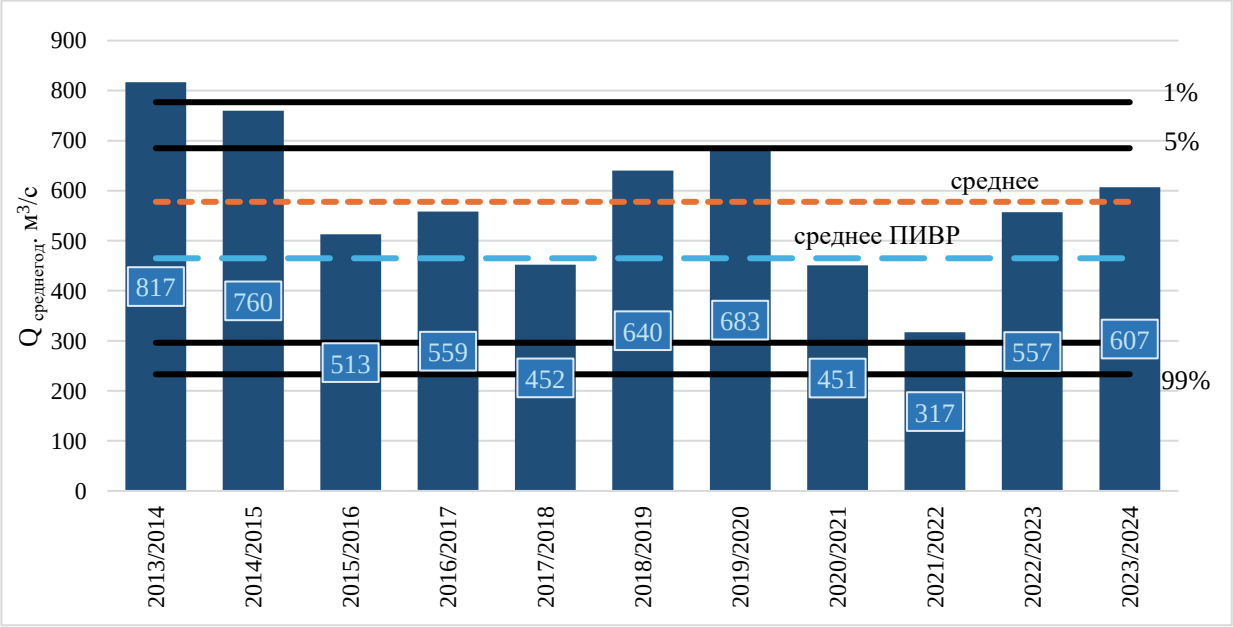


Рисунок 4.2 – Изменение среднегодовых расходов за период с 2013/2014 в/х год по 2023/2024 в/х год

Среднегодовые расходы варьируются от 317 м^2/с (2021/2022 в/х) год до 817 м^2/с (многоводный 2014/2015 в/х год, превысивший расчетную 1% обеспеченность). Произведено сравнение характеристик годового стока за последнее десятилетие с характеристиками, установленными за предшествующий многолетний период (ПИВР, 1934-2010 гг) [2]. Среднегодовое значение расходов оказалось значительно больше по сравнению со среднегодовым значением расходов, приведенным в ПИВРе. (За рассматриваемый расчетный период это значение 578 м^2/с, тогда как среднее за предшествующий многолетний период значение равно 476 м^2/с).

Для каждого года сделаны оценка обеспеченности стока. Оценка водности по обеспеченности показана на рисунке 4.3.

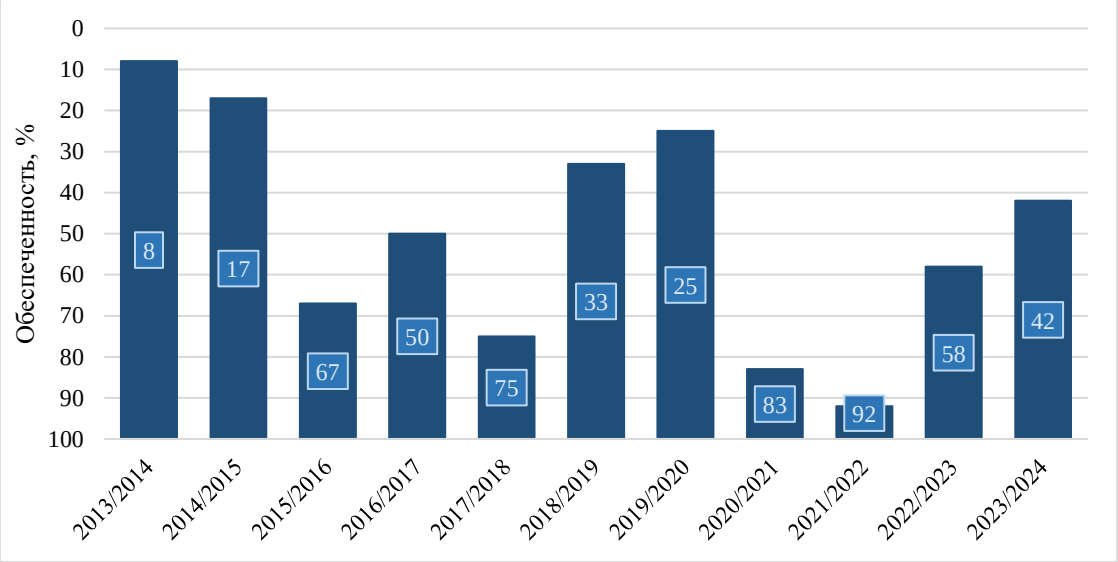


Рисунок 4.3 – Оценка водности по обеспеченности

Как видно по графику, обеспеченность самого маловодного 2021/2022 в/х года превысила 92%, а обеспеченность самого многоводного 2013/2014 в/х года 8%. Средним по обеспеченности оказался 2016/2017 в/х год.

График, изображающий хронологическое изменение среднегодовых расходов, показывает, что распределение среднегодовых расходов довольно равномерное: пять водохозяйственных лет по этому значению превышают среднее, шесть лет, напротив, не достигают среднего расхода, равного 578 м^2/с.

Чтобы оценить изменения годового притока, эмпирические данные за период 2013-2024 гг. сравнили с аналитической кривой обеспеченности, полученной на основе данных за период 1934-2010 гг. (рисунок 4.4).

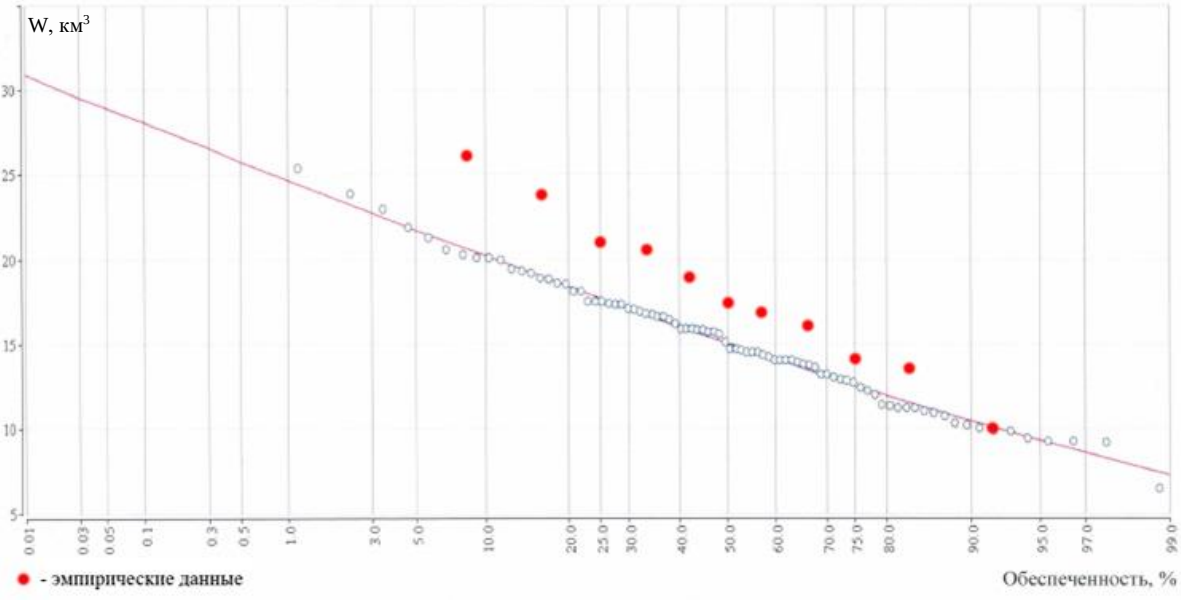


Рисунок 4.4 – Эмпирическая кривая обеспеченности

Сравнительные характеристики расчетного ряда за период 1934-2019 гг и ряда за исследуемый период приведены в таблице 4.1. Средний годовой объем притока увеличился на 20%.

Таблица 4.1 – Сравнительные характеристики рядов

Период	n	Wг, км^3	Qг, м^3/с	Cv	Cs/Cv
1934-2010	77	15,2	476	0,25	1
2013-2024	11	18,2	578	0,25	-

По графику и таблице видно, что исследуемое десятилетие более многоводное, чем предшествующий многолетний период. Значение коэффициента вариации, напротив, не изменилось.

4.3 Распределение годового притока в водохранилище по сезонам года

В водохозяйственном году, исходя из климатических условий бассейна Колымского водохранилища, выделяется три сезона: весенний (май-июнь), летне-осенний (июль-сентябрь) и зимний (октябрь-апрель). Распределение годового притока в водохранилище по месяцам года представлено на рисунке 4.5.

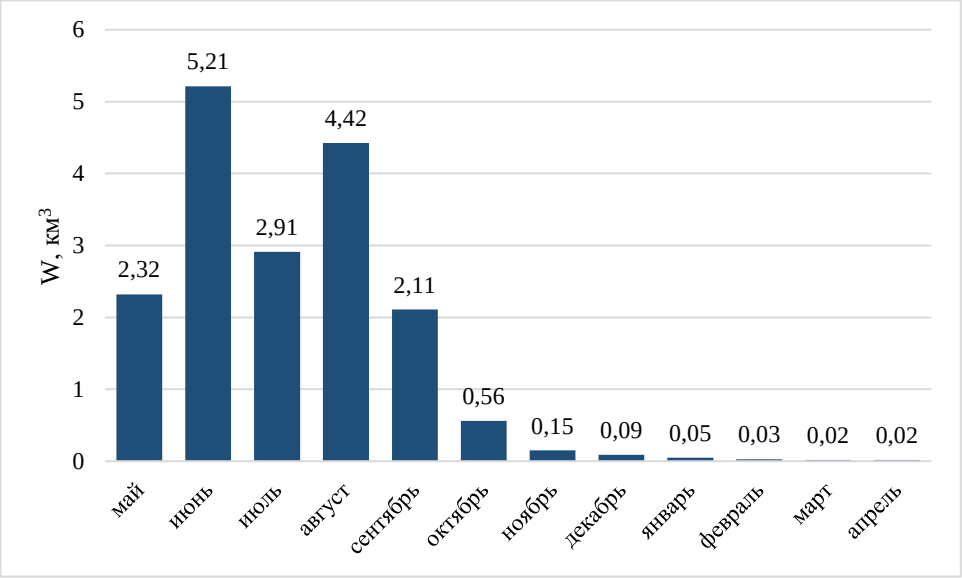


Рисунок 4.5 – Диаграмма распределения объема расходов по месяцам

Из графика следует, что основной объем притока приходится на теплое время года. Приток в месяцы с отрицательными средними температурами незначителен и обусловлен преимущественно таликовым питанием реки. Максимальный объем притока приходится на июнь – на этот месяц приходятся

пиковые расходы половодья. Максимальные расходы летне-осенних паводков приходятся на август. В начале октября происходит переход от положительных температур к отрицательным – этим обусловлен его небольшой объем притока.

В таблице 4.2 показано сравнение распределение годового стока по сезонам (весна, лето-осень, зима) исследуемого ряда со значениями за предшествующий многолетний ряд.

Таблица 4.2 – Распределение стока по сезонам

Распределение стока по сезонам			
Характеристика	весна (V - VI)	лето- осень (VII - IX)	зима (X - IV)
W, км^3, ПИВР (1934-2010 гг)	5,95	8,28	0,46
W, км^3, период (2013-2024 гг)	7,61	9,67	0,93
Доля, %, ПИВР (1934-2010 гг)	40,8	56,2	3
Доля, %, период (2013-2024 гг)	41,8	53,1	5,1

Объемы стока увеличились за каждый сезон, но в распределении стока по сезонам изменения очень незначительные. В процентном соотношении увеличились значение доли стока за весенний и зимний сезоны (на 1-2%) за счет снижения в летне-осенний сезон (на 3%). На диаграмме (рисунок 4.6) представлены объемы расходов по месяцам из ПИВРа и за рассматриваемый период. На графике (рисунок 4.6) видно, что значительно увеличился сток за июнь и август, а в мае и июле – уменьшился. Также увеличился сток в зимние месяцы. Соответствующие изменения видно и на диаграмме распределения долей месячного стока от годового (рисунок 4.7). Повысились доли стока июня и августа в годовом (на 3-5%) и уменьшились доли мая и июля (на 4-6%).

Распределение стока по месяцам теплого периода стало более неравномерным.

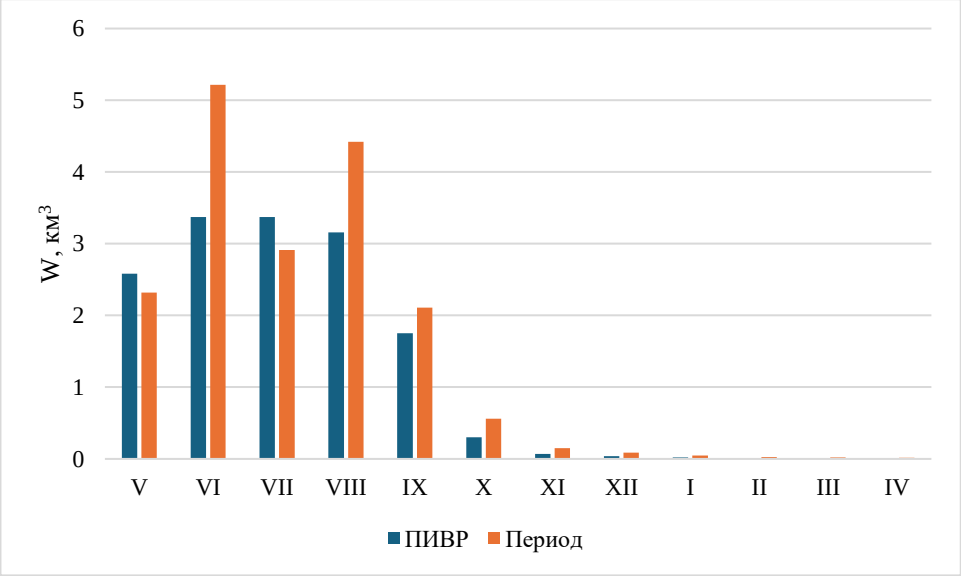


Рисунок 4.6 – Сравнительная диаграмма распределения объема расходов по месяцам

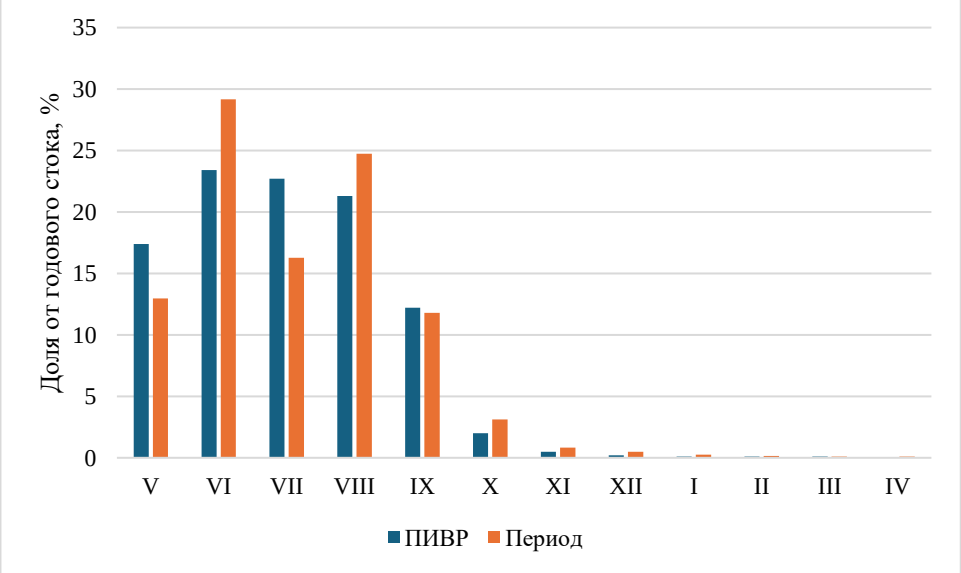


Рисунок 4.7 – Сравнительная диаграмма распределения долей расходов от годового стока по месяцам

Исходя из результатов анализа распределения годового притока можно предположить, что в последние годы происходит увеличение годового стока р. Колымы. Это может быть связано с глобальными изменениями климата, в частности – с потеплением.

Для оценки изменений объема притоков одновременно за три сезона (весенний, летне-осенний и зимний) построен график их сумм в годовом притоке (рисунок 4.8).

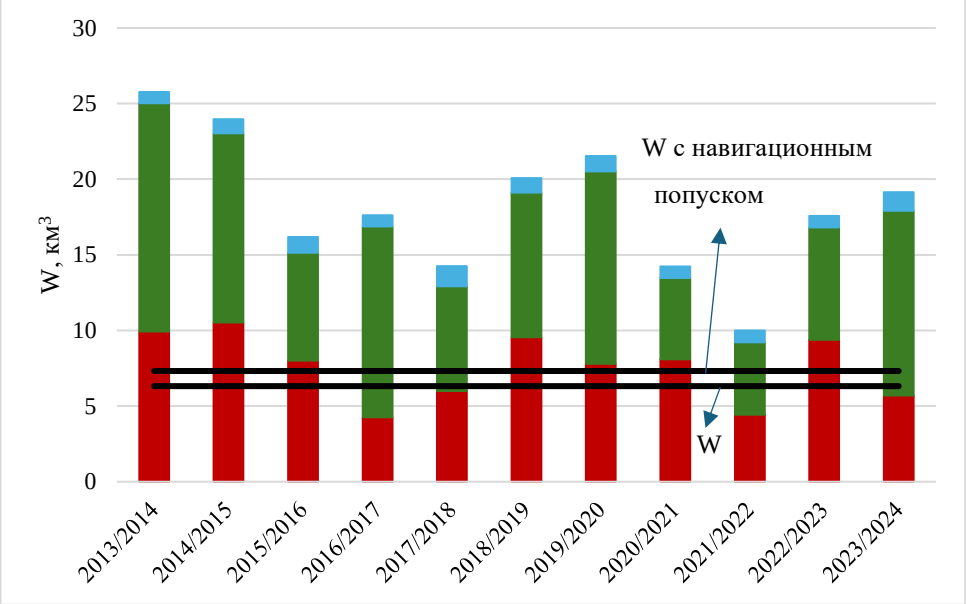


Рисунок 4.8 – Оценка объемов притока за весенний, летне-осенний и зимний периоды

Из диаграммы видно, что большую часть объема годового стока составляет летне-осенний период, значительны расходы за весенний период, объемы притока за период зимней межени малы и составляют в среднем 5%. Линиями на графике указаны объем обязательного ежегодного наполнения и объем наполнения с учетом навигационных попусков. В 2016/2017, 2017/2018, 2021/2022 и 2023/2024 объема расходов половодья для необходимого наполнения

водохранилища не хватило и необходимый объем добирался за счет притока в период паводков.

Максимальные значения объема стока дождевых паводков зафиксированы в 2013/2014 (15 км^3), 2016/2017 (13 км^3) и 2019/2020 (13 км^3) водохозяйственных годах.

Минимальные значения объема стока в сезон за летне-осенний дождевых паводков зафиксированы в 2020/2021 (5 км^3) и 2021/2022 (5 км^3) водохозяйственных годах

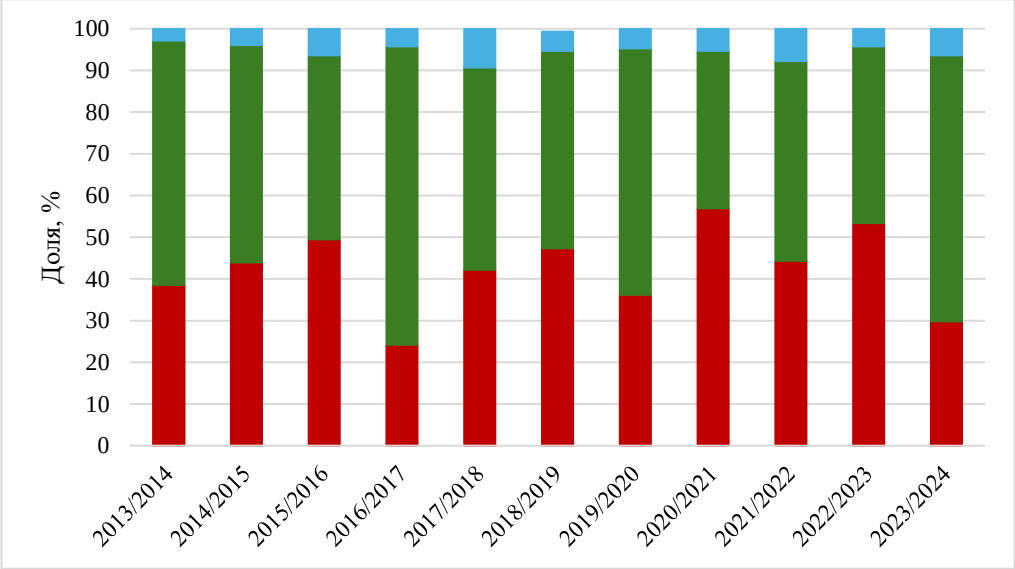


Рисунок 4.9 – Оценка долей притока за весенний, летне-осенний и зимний периоды в годовом стоке

Вклад каждого сезона в годовой сток иллюстрирует рисунок 4.9. Доля весеннего половодья составила от 24% (2016/2017 в/х год) до 57% (2020/2021 в/х год). Доля притока за летне-осенний период составила от 38% (2020/2021 в/х год) до 72% (2016/2017 в/х год). Доля за зимнюю межень составила от 3% (2013/2014 в/х год) до 9% (2017/2018 в/х год).

Был сделан анализ изменения распределения сезонного стока в годовом в зависимости от водности года. Особенности изменения долей сезонного стока в годовом показаны на рисунке 4.10.

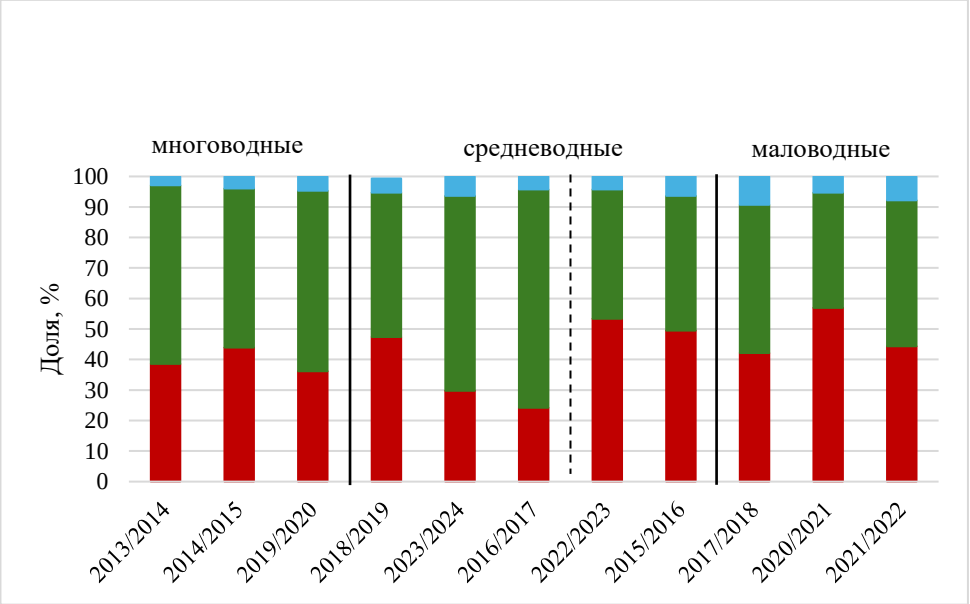


Рисунок 4.10 – Изменение долей сезонного притока в ранжированных по уменьшению водности годах

На этой диаграмме годы располагаются в ранжированном по уменьшению стока порядке. В более многоводные годы (со стоком больше среднего многолетнего) доля стока весеннего половодья в среднем составляет 38% годового притока, а наиболее значимую часть (в среднем 57%) составляют объемы дождевых паводков. Сток зимнего сезона составляет в среднем 5%. В маловодные годы (со стоком меньше среднего многолетнего) доли весеннего и летне-осеннего стока в годовом становятся равными (порядка 46-48%) и увеличивается доля стока зимнего сезона (в среднем до 7,3%).

Таблица 4.3 наглядно показывает, что средние годовые расходы и расходы по сезонам года заметно увеличились. Среднегодовые расходы за последнее десятилетие увеличились в сравнении с предыдущим многолетним периодом на 21%, расходы за весеннее половодье увеличились на 28%, расходы за летне-

осенний период увеличились на 17%. Наиболее значительные изменения претерпел зимний период – расходы увеличились на 111% (более чем в 2 раза).

Таблица 4.3 - Режим притока воды в Колымское водохранилище

Расчетный период и изменение характеристик стока	Средние расходы за год и сезоны года			
	Год	Весна (V - VI)	Лето-осень (VII - IX)	Зима (X - IV)
1934-2010 гг (ПИВР)	476	1130	1040	23,7
2013-2024 гг	578	1450	1210	50,0
Абсолютные изменения, $м^3/с$	+102	+322	+175	+26,3
Относительные изменения, %	21	28	17	111

Абсолютные изменения рассчитаны по формуле:

$$\boldsymbol{\Delta = Q_I - Q_{II}} \quad (4.1)$$

Относительные изменения рассчитаны по формуле:

$$\boldsymbol{\delta = \frac{\pm \Delta}{Q_I} * 100\%} \quad (4.2)$$

Можно предположить, что увеличение притока связано с изменениями климата; в таком случае подобное повышение годовых расходов сохранится в последующие годы.

4.4 Оценка характеристик максимального притока весеннего половодья в водохранилище

Для анализа характеристик максимального притока весеннего половодья была построена диаграмма объема притока воды в водохранилище в весенний период (март-июнь). На графике (рисунок 4.11) также были проведены линии объема обязательного ежегодного наполнения (6,3 км^3) и объема обязательного наполнения с учетом затрат на судоходство (7,3 км^3). В результате видно, что в маловодные годы (2016/2017, 2017/2018, 2021/2022, 2023/2024) объема воды за половодье не хватило для наполнения водохранилища до необходимого уровня – оставшийся необходимый объем добирался за счет летних паводков.

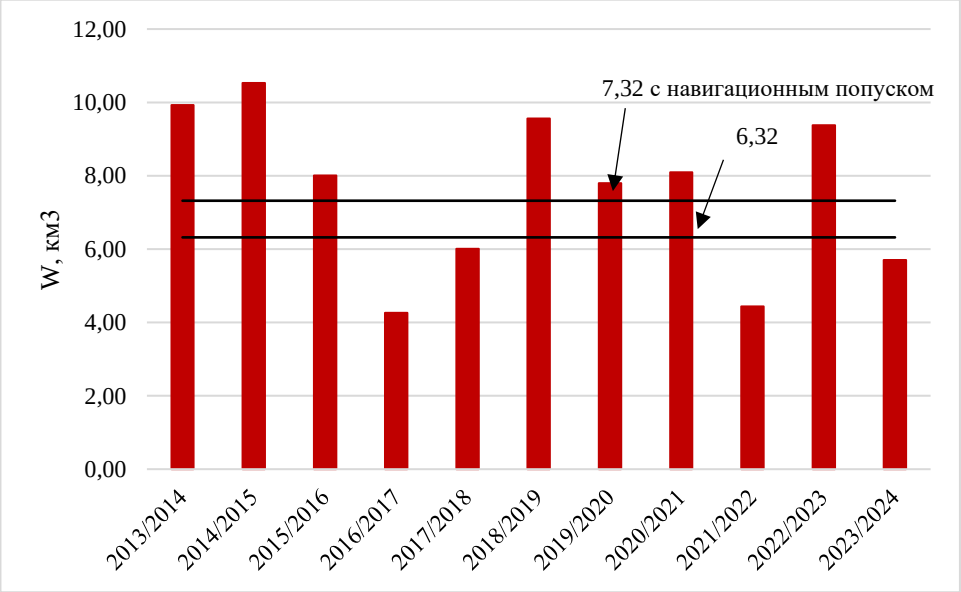


Рисунок 4.11 – Диаграмма изменения объема половодья по в/х годам

Максимальные значения объема стока в период весеннего половодья зафиксированы в 2013/2014 (10 км^3), 2014/2015 (11 км$^{3)}$ и 2018/2019 (10 км$^{3)}$ водохозяйственных годах (обеспеченность составила менее 10%).

Минимальные значения объема стока в период весеннего половодья зафиксированы в 2016/2017 (4 км^3), 2017/2018 (6 км^3) и 2021/2022 (4 км^3) водохозяйственных годах.

На графике (рисунок 4.12) рассмотрено изменение максимальных расходов половодья в хронологическом порядке. Отдельными линиями указаны значения обеспеченности, приведенные в ПИВРе (0,1%, 1%, 5%). Ни в одном году за исследуемый период не был зафиксирован расход, достигнувший или превысивший обеспеченность 5%.

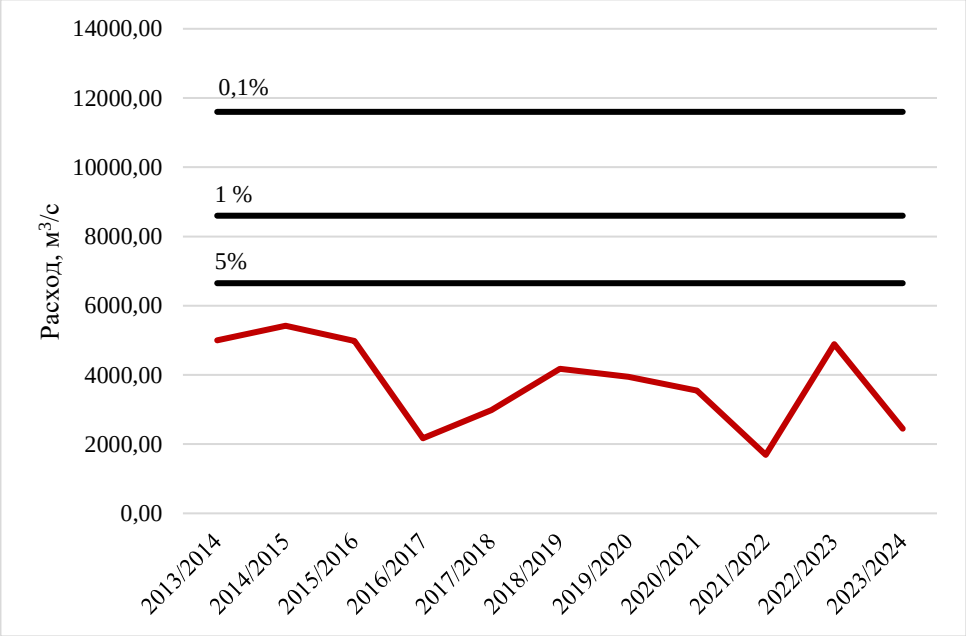


Рисунок 4.12 – График изменения максимальных расходов половодья по в/х годам

4.5 Оценка характеристик максимального притока дождевых паводков в водохранилище

Для оценки характеристик максимального притока дождевых паводков была построена диаграмма объема притока воды за период паводков за анализируемое десятилетие (рисунок 4.13).

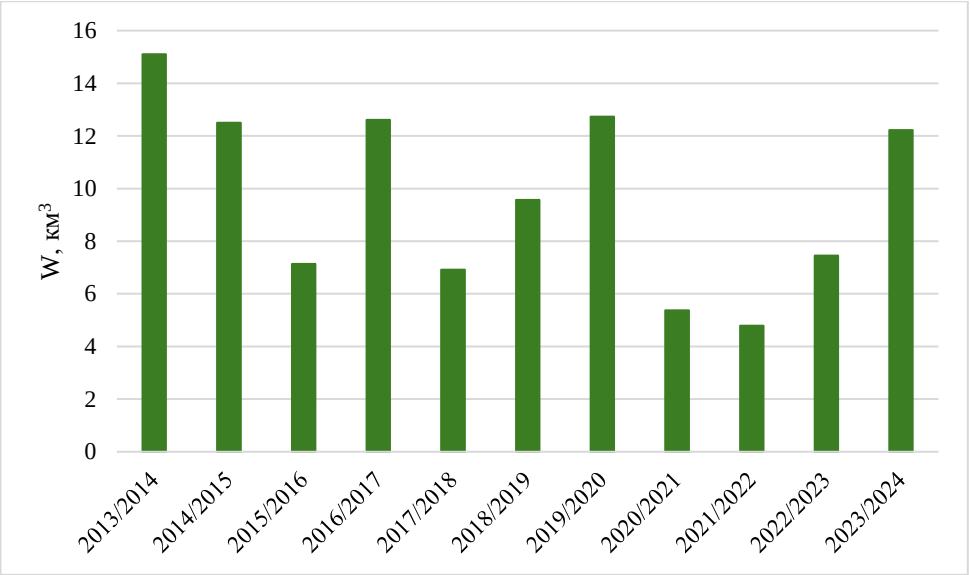


Рисунок 4.13 – Диаграмма изменения объема паводков по в/х годам

Максимальные значения объема стока дождевых паводков зафиксированы в 2013/2014 (15 км^3), 2016/2017 (13 км^3) и 2019/2020 (13 км^3) водохозяйственных годах.

Минимальные значения объема стока дождевых паводков зафиксированы в 2020/2021 (5 км^3) и 2021/2022 (5 км^3) водохозяйственных годах.

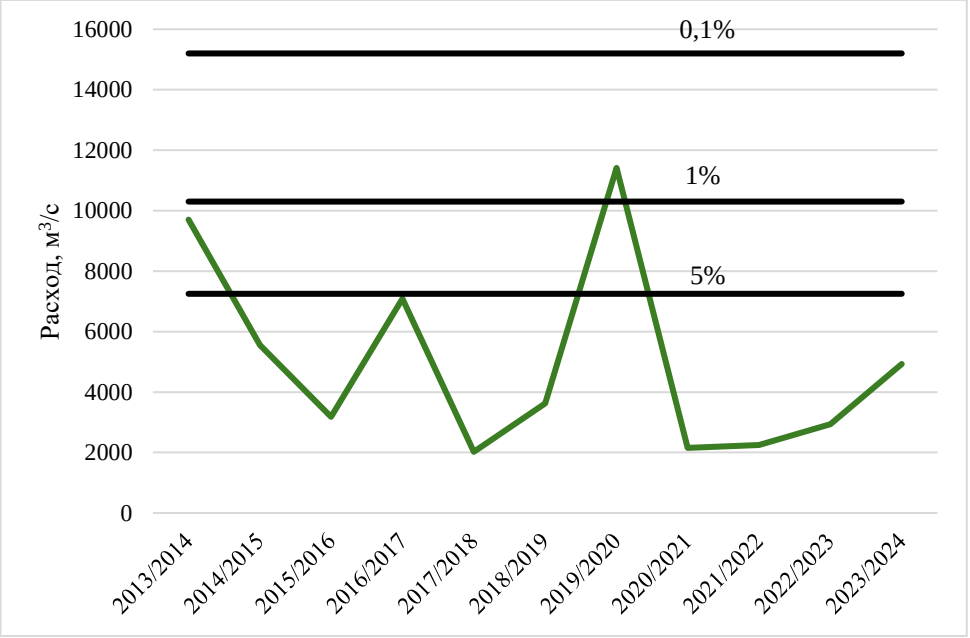


Рисунок 4.14 – График погодичных изменений максимальных расходов паводков по в/х годам

Для наглядности был построен график максимальных расходов за летне-осенний период (рисунок 4.14).

Линиями на графике обозначены проценты обеспеченности для паводков, рассчитанные за предшествующий многолетний период (0,1%, 1% и 5%). На графике видно, что расходы наименьшей обеспеченности наблюдались в 2013/2014, 2016/2017 и 2019/2020 в/х годы. Максимальный расход дождевых паводков за 2013/2014 в/х год пересек значения 5% обеспеченности, а расход за 2019/2020 в/х год вышел за границы 1% расчетной обеспеченности – его обеспеченность можно оценить как 0,5%, т.е вероятность превышения составила 1 раз в 200 лет. В августе 2019 года в районе Колымской ГЭС произошел один из мощнейших паводков (пиковая приточность была зафиксирована 6.08 и достигла 11414 $м^3/с$). [Вестник РусГидро]

Анализ статистических характеристик максимальных расходов за весенний и летне-осенний период приведен в таблице 4.4.

Таблица 4.4 – Сравнительные статистические параметры максимальных расходов

Характеристика	Q ср, $м^3/с$	Cv	Cs/Cv
Половодье, ПИВР (1934-2010 гг)	3740	0,41	3
Половодье, период (2013-2024 гг)	3750	0,34	-
Паводки, ПИВР (1934-2010 гг)	3640	0,53	3,5
Паводки, период (2013-2024 гг)	4986	0,64	-

Из таблицы следует, что средний расход за период половодья практически не претерпел изменений, тогда как средний расход дождевых паводков значительно вырос. Коэффициент вариации половодья изменился незначительно, что свидетельствует о стабильных значениях расходов за весенний период.

Коэффициент вариации паводков, напротив, несколько возрос, что говорит об усилении стохастичности паводкового режима. Длины исследуемого ряда недостаточно, чтобы давать оценку отношения Cs/Cv.

4.6 Оценка взаимосвязи между величинами притока за смежные сезоны года

В зимний период происходит истощение запасов воды, поэтому наблюдается связь между стоком в последнюю декаду сентября с объемом стока за зимний период.

Для оценки взаимосвязи между величинами притока за смежные сезоны и месяцы года был построен график связи расходов за последнюю декаду сентября с объемом зимнего стока (рисунок 4.15). Коэффициент корреляции зависимости составил 0,81, что свидетельствует о наличии выраженной связи.

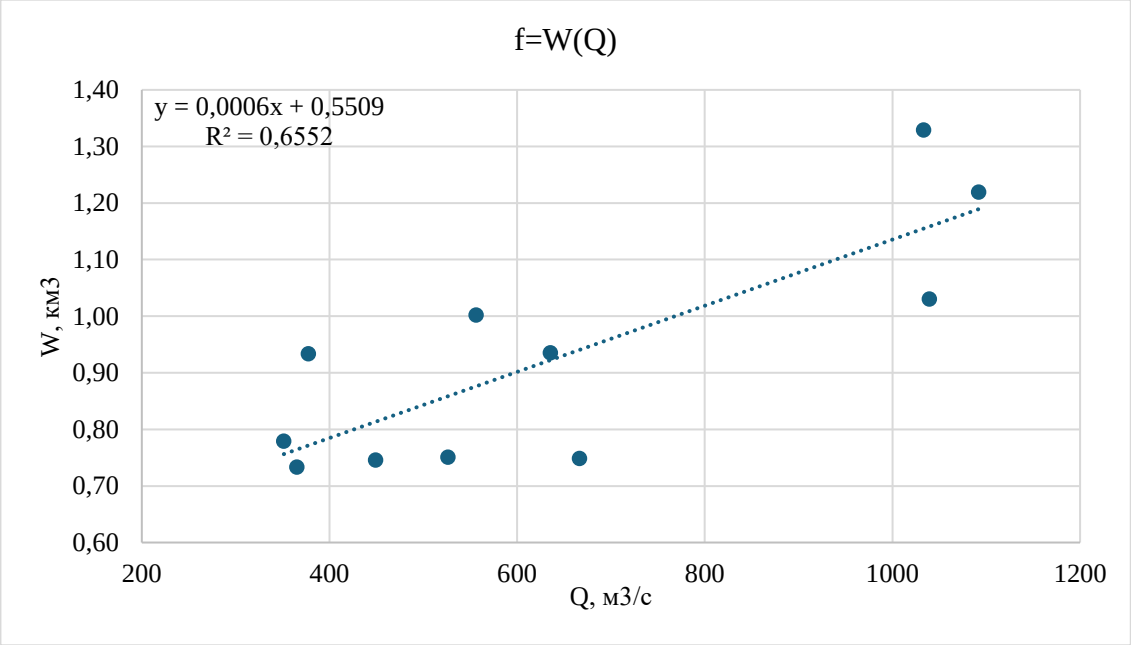


Рисунок 4.15 – График зависимости объема зимнего стока от средних расходов последней декады сентября

Для проверки точности линейной связи по уравнению были рассчитаны поверочные значения расходов. Средняя относительная ошибка составила 10%. Оценка точности расчетов для исследуемого периода (11 в/х лет) показала, что зависимость может использоваться в качестве прогностической для прогноза объема зимнего притока воды в водохранилище в период зимней сработки (таблица 4.5).

Таблица 4.5 – Оценка прогноза объемов зимнего стока от расходов за последнюю декаду сентября

В/х год	Q, $м^3/с$	W, $км^3$	$W_{расч}$, $км^3$	δ, %
2013/2014	365	0,73	0,77	5
2014/2015	378	0,93	0,78	17
2015/2016	1040	1,03	1,17	14
2016/2017	449	0,75	0,82	10
2017/2018	1030	1,33	1,17	12
2018/2019	635	0,94	0,93	0
2019/2020	556	1,00	0,88	12
2020/2021	526	0,75	0,87	15
2021/2022	351	0,78	0,76	2
2022/2023	666	0,75	0,95	27
2023/2024	1090	1,22	1,21	1

4.7 Характеристика условий наполнения водохранилища

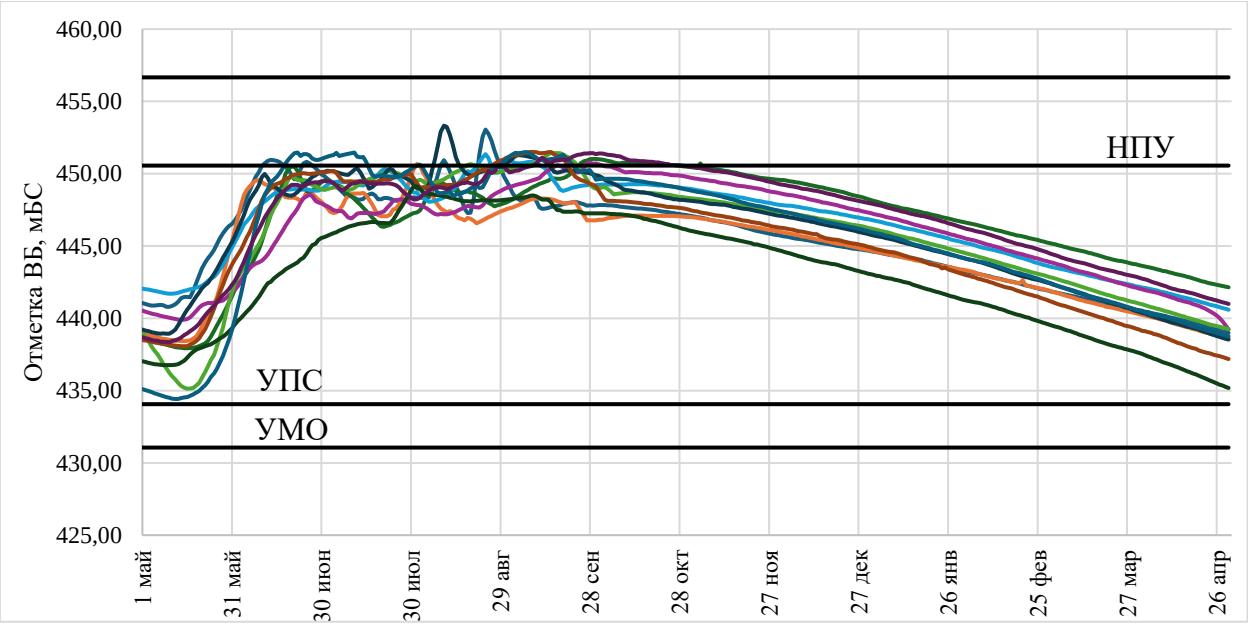


Рисунок 4.16 – График отметок ВБ Колымского водохранилища

Для регулировки режима использования Колымского водохранилища используется диспетчерский график.

Для анализа режима работы водохранилища построен график отметок верхнего бьефа Колымского водохранилища за период 2013-2024 г. (рисунок 4.16). С марта по май водохранилище находится в заключительной стадии зимнего режима. Сброс воды в нижний бьеф осуществляется только через гидроагрегаты (использование эксплуатационного водосброса при отрицательных температурах запрещено). Уровень воды продолжает снижаться, достигая к концу второй декады мая минимальных эксплуатационных отметок. Данная сработка создает необходимую ежегодную противопаводковую емкость.

С конца мая по сентябрь наступает фаза приема и аккумуляции весеннего половодья и летне-осенних дождевых паводков. Уровень водохранилища интенсивно повышается. К концу сентября, если не раньше, достигается отметка нормального подпорного уровня (450,56 мБС). В наиболее маловодные годы

(2017/2018, 2020/2021 и 2021/2022 в/х годы) с обеспеченностью годового стока более 75% суммарного объемного притока за весенний и летне-осенний сезон недостаточно для заполнения ежегодной срабатываемой емкости водохранилища. В многоводные годы для пропуска избыточных расходов открываются затворы эксплуатационного водосброса. При катастрофических паводках допускается форсировка до 456,66 м БС. Максимальная отметка верхнего бьефа за исследуемый период достигла 453,32 мБС во время дождевого паводка в августе 2019 г. В этот же период (июнь–август, частично сентябрь) осуществляются навигационные попуски в нижний бьеф для поддержания судоходных глубин ниже по течению.

С октября по апрель начинается и активно протекает фаза зимне-весенней сработки. Уровень воды планомерно снижается от максимальных летних отметок (как правило, ниже НПУ, если год не был многоводным) до минимальных значений к концу следующей весны. К концу апреля водохранилище выходит на минимальные уровни, завершая водохозяйственный год в состоянии высокой степени сработки.

Заключение

Анализ показал, что для притока воды в Колымское водохранилище за последнее десятилетие (2013-2024 гг) характерны следующие изменения по сравнению с предшествующим многолетним периодом (1934-2010 гг, ПИВР):

1. Средний за десятилетие объем годового стока превысил многолетнюю норму на 20%. Средний расход за последнее десятилетие составил 578 $м^3$/м, что на 100 $м^3$/с выше, чем многолетняя норма. Значения обеспеченности варьировались от 8% (2013/2014 в/х год) до 92% (2021/2022 в\х год).

2. Объем стока за весенний сезон увеличился на 30% по сравнению с предшествующим многолетним рядом (1934-2010 гг) и составил 7,6 $км^3$. Для весеннего половодья (май-июнь) максимальные расходы составили 5420 $м^3$/с (2014/2015 в/х год). Максимальные расходы не превышали 5% обеспеченность по ПИВРу. В маловодные годы (2016/2017, 2017/2018, 2021/2022, 2023/2024 в/х годы) объем обязательного ежегодного наполнения с учетом навигационных попусков (7,3 $км^3$) не был достигнут за весенний сезон – оставшийся необходимый объем добирался в летне-осенний паводковый сезон.

3. Объем стока за летне-осенний паводковый сезон увеличился на 20 % по сравнению с предшествующим многолетним периодом (1934-2010 гг) и составил 9,7 $км^3$. Для паводкового летне-осеннего периода (июль-сентябрь) максимальные расходы составили 11414 $м^3$/с (2019/2020 в/х год). Обеспеченность данного паводка по ПИВРу составила 0,5% (повторяемость 1 раз в 200 лет). Расходы обеспеченностью менее 5% наблюдались в 2016/2017 в/х году (7250 $м^3$/с) и в 2013/2014 в/х году (9698 $м^3$/с).

4. За исследуемый период средний объем зимнего стока составил 0,93 $км^3$, что превышает многолетнюю норму (0,46 $км^3$) на 0,47 $км^3$, или на 100% относительно предшествующей нормы. При этом наибольший вклад в выявленное увеличение внес октябрь, на долю которого пришлось 60% от общего изменения (0,26 $км^3$).

5. Установлена зависимость объемов зимнего стока от расходов за последнюю декаду сентября. Теснота связи (r = 0,81) позволяет достаточно надежно прогнозировать ожидаемый объем притока воды в водохранилище в зимний период. Средняя погрешность прогнозных значений составляет 10%.

Список литературы

1. Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2024 год. – Москва, 2025. – 104 с.

2. Приказ Федерального агентства водных ресурсов от 28 ноября 2023 г. № 287 “Об утверждении Правил использования водных ресурсов Колымского водохранилища”

3. Исаченко А.Г. Основы ландшафтоведения и физикогеографическое районирования/ А.Г. Исаченко. - М., 1965.- 328с.

4. Коротаев В. Н. Рельеф и история развития дельты Колымы // Вестник Московского университета. Серия 5. География. 2010. №4. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/relief-i-istoriya-razvitiya-delty-kolymy

5. Алёшина Е.И., Карпенко Л.И., Курткин С.В., Седов Б.М., Ведерников Е.И. Определение исходного балла сейсмичности и проведение микрорайонирования участка основных сооружений Колымской ГЭС // Российский сейсмологический журнал. – 2022. – Т. 4, № 4. – С. 97–111. DOI: 10.35540/2686-7907.2022.4.07. – EDN: BKVSVM

6. Дряхлов А.Г. Климатический режим и сезонная динамика развития ландшафтов верховьев Колымы/ А.Г. Дряхлов // Межвузовский тематический сборник/ Деп. в ИЦ ВНИИГМИ МЦД №820-ГМ 88, 1988. - С. 44-56.

7. Метеоданные – Аисори-М ФГБУ "ВНИИГМИ-МЦД", электронный ресурс, режим доступа: http://aisori-m.meteo.ru/aisori-m/

8. Синельникова Н.В. Эколого-флористическая классификация растительных сообществ верховий Колымы: автореф. дис. канд. биол. наук: 03.00.05. — Уфа: Башкирский государственный университет, 2008. — 21 с.

9. Иванова О. Г., Пугачев А. А. Почвы агроландшафтов Верхней Колымы и их использование // Земледелие. 2012. №2. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/pochvy-agrolandshaftov-verhney-kolymy-i-ih-ispolzovanie

10. Синельникова Н.В., Пахомов М.Н. Сезонная жизнь природы Верхней Колымы. — Москва: Товарищество научных изданий КМК, 2015. — 329 с., ил.

11. Тяптиргянов М.М., Тяптиргянова В.М., Тяптиргянова Т.М. Влияние гидростроительства на рыб бассейна реки Колымы // Вестник Северо-Восточного федерального университета имени М.К. Аммосова. — 2021. — № 6. — С. 5–13.

12. Ушаков М.В. Влияние добычи россыпного золота на мутность воды реки Колымы // ГИАБ. 2016. №9. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-dobychi-rossypnogo-zolota-na-mutnost-vody-reki-kolymy

13. Обручев С.В., “Геоморфологическое исследование р. Колымы в 1929 г.”, Известия Академии наук СССР. VII серия. Отделение физико-математических наук, 1930, № 6, 559–584

14. Ушаков М.В. Влияние Колымской ГЭС и климатических изменений на гидрологический режим р. Колыма// Вестник СВНЦ ДВО РАН, 2013, № 2, с. 20–24.

15. Глотов В.Е., Глотова Л.П., Ушаков М.В. Аномальные изменения режима водного стока реки Колымы в зимнюю межень // Криосфера Земли. — 2011. — Т. XV, № 1. — С. 52–60.

16. РусГидро Колымская ГЭС, электронный ресурс, режим доступа: http://www.kamges.rushydro.ru/hpp/general-info/

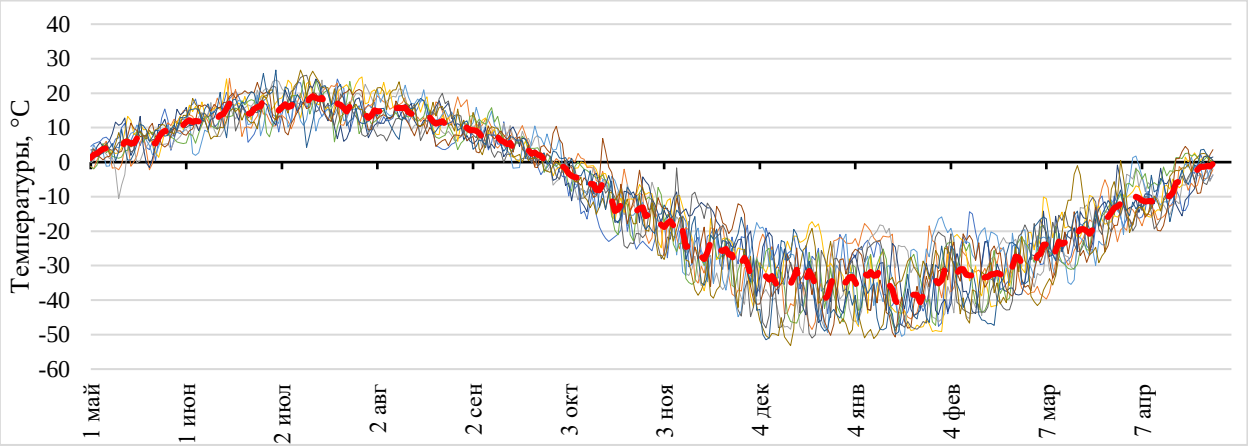
17. Беднарук С.Е. Регулирование речного стока каскадами водохранилищ: учебное пособие. – М., 2020. – 151 с.

18. Вестник РусГидро, «Со стихией на равных», электронный ресурс, режим доступа:

https://www.vestnik-rushydro.ru/articles/9-sentyabr-2019/sezonnyy-faktor/so-stikhiey-na-ravnykh/

Приложения

Приложение А – Совмещенные хронологические графики среднесуточных температур (пос. Сеймчан)



Приложение Б – Таблица среднемесячных осадков, мм, за исследуемый период (2013-2024 г.)

Месяц	Водохозяйственный год											Среднее
	2013/ 2014	2014/ 2015	2015/ 2016	2016/ 2017	2017/ 2018	2018/ 2019	2019/ 2020	2020/ 2021	2021/ 2022	2022/ 2023	2023/ 2024	
V	8	8	9	20	3	28	43	10	8	13	23	16
VI	34	58	24	11	23	19	30	11	24	67	12	28
VII	67	113	22	28	44	77	54	52	66	11	96	57
VIII	112	9	37	63	35	47	53	35	18	39	52	45
IX	36	50	46	36	31	76	41	10	41	82	79	48
X	19	15	19	27	25	20	24	12	20	15	14	19
XI	30	53	11	13	89	23	32	48	47	45	61	41
XII	25	20	12	40	25	14	24	19	29	32	27	24
IX	23	29	29	35	71	17	25	18	37	30	17	30
II	30	11	22	29	27	22	4	25	23	11	22	21
III	13	2	3	11	20	13	7	4	15	2	18	10
IV	7	5	7	3	5	3	3	7	6	16	19	7

Приложение В – Таблица среднемесячных расходов, $м^3/с$, за исследуемый период (2013-2024 г.)

В/х год	Месяцы												Среднее за в/х год
	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	IX	II	III	IV	
2013/2014	1526	2254	1378	3750	526	132	36	34	27	19	15	15	817
2014/2015	1074	2953	2283	1910	490	201	53	44	22	11	10	10	760
2015/2016	575	2494	621	1190	883	251	69	37	11	9	6	5	513
2016/2017	573	1053	1199	2372	1174	166	52	25	16	11	7	5	559
2017/2018	661	1634	1004	797	807	400	47	23	11	8	5	5	452
2018/2019	1484	2157	1099	1842	702	229	61	36	10	6	5	6	640
2019/2020	1054	1919	1174	2861	743	205	76	52	23	10	5	7	683
2020/2021	868	2227	767	772	485	167	55	33	17	5	3	2	451
2021/2022	528	1165	887	517	397	148	54	27	22	20	16	8	317
2022/2023	778	2813	658	1084	1073	176	52	25	13	7	5	5	557
2023/2024	719	1457	1283	1671	1664	297	77	43	26	7	4	4	607

Приложение Г – Таблица среднесуточных расходов, $м^3/с$, за исследуемый период (2013-2024 календарные годы)

Невисокосные годы										Високосные годы			
Дата	2013	2014	2015	2017	2018	2019	2021	2022	2023	Дата	2016	2020	2024
1 янв	35	31	30	18	15	15	25	25	17	1 янв	12	30	40
2 янв	33	31	30	18	15	15	20	25	17	2 янв	12	30	40
3 янв	33	31	30	18	15	10	20	25	17	3 янв	12	30	40
4 янв	30	31	25	18	15	10	20	25	17	4 янв	12	25	40
5 янв	30	31	25	18	15	10	20	25	17	5 янв	12	25	40
6 янв	27	31	25	18	14	10	20	25	17	6 янв	12	25	40
7 янв	27	31	25	18	14	10	20	25	17	7 янв	12	25	40
8 янв	24	30	25	18	14	10	20	25	17	8 янв	12	25	40
9 янв	24	30	25	15	14	10	20	25	15	9 янв	12	25	35
10 янв	21	28	25	15	12	10	20	25	15	10 янв	12	25	35
11 янв	21	28	25	15	12	10	20	25	15	11 янв	12	25	35
12 янв	19	28	25	15	12	10	20	25	12	12 янв	12	25	35
13 янв	19	28	25	15	12	10	20	20	12	13 янв	12	25	35
14 янв	19	28	20	15	12	10	20	20	12	14 янв	12	25	35
15 янв	19	28	20	15	10	10	18	20	12	15 янв	12	25	30
16 янв	18	25	20	15	10	10	18	20	12	16 янв	10	20	25
17 янв	18	25	20	15	10	10	18	20	12	17 янв	10	20	25
18 янв	18	25	20	15	10	10	18	20	12	18 янв	10	20	20
19 янв	17	25	20	15	10	10	15	20	12	19 янв	10	20	20
20 янв	16	25	20	15	10	10	12	20	10	20 янв	10	20	15
21 янв	14	25	20	15	10	10	12	20	10	21 янв	10	20	15
22 янв	14	25	20	15	10	9	12	20	10	22 янв	10	20	15
23 янв	12	25	20	15	8	9	12	20	10	23 янв	10	20	15
24 янв	12	25	20	15	8	9	12	20	10	24 янв	10	20	12
25 янв	10	25	20	15	8	9	12	20	10	25 янв	10	20	12
26 янв	10	25	20	15	8	9	10	20	10	26 янв	10	20	12
27 янв	10	25	20	15	8	9	10	20	10	27 янв	10	20	12
28 янв	8	25	20	15	8	9	10	20	10	28 янв	10	20	12
29 янв	8	23	15	15	8	8	10	20	10	29 янв	10	20	12
30 янв	7	23	15	15	8	8	10	20	10	30 янв	10	20	8
31 янв	7	23	15	15	8	8	10	20	8	31 янв	10	20	8
1 фев	6	23	15	15	8	7	10	20	8	1 фев	10	20	8
2 фев	6	23	15	15	8	7	8	20	8	2 фев	10	20	8
3 фев	6	23	15	15	8	7	8	20	8	3 фев	10	20	7
4 фев	5	20	10	15	8	7	8	20	8	4 фев	10	15	7
5 фев	5	20	10	15	8	7	8	20	8	5 фев	10	15	7
6 фев	5	20	10	15	8	7	8	20	8	6 фев	10	15	7
7 фев	5	20	10	12	8	7	8	20	8	7 фев	10	15	7
8 фев	5	20	10	12	8	7	5	20	8	8 фев	10	10	7
9 фев	5	20	10	12	8	7	5	20	8	9 фев	8	10	7

10 фев	5	18	10	12	8	7	5	20	8	10 фев	8	10	7
11 фев	5	18	10	10	8	7	5	20	8	11 фев	8	10	7
12 фев	5	18	10	10	8	7	5	20	8	12 фев	8	10	7
13 фев	5	18	10	10	8	7	5	20	8	13 фев	8	10	7
14 фев	5	18	10	10	8	7	5	20	6	14 фев	8	10	7
15 фев	5	18	10	10	8	7	5	20	6	15 фев	8	6	7
16 фев	5	18	10	10	7	6	5	20	6	16 фев	8	6	7
17 фев	5	18	10	8	7	6	5	20	6	17 фев	8	6	7
18 фев	5	18	10	8	7	6	4	20	6	18 фев	8	6	7
19 фев	5	18	10	8	7	6	4	20	6	19 фев	8	6	7
20 фев	5	18	10	8	7	6	4	20	6	20 фев	8	6	6
21 фев	5	18	10	8	7	6	4	20	6	21 фев	8	6	6
22 фев	5	18	10	8	7	6	4	20	6	22 фев	8	6	6
23 фев	5	18	10	8	7	6	4	20	6	23 фев	8	6	6
24 фев	5	16	10	8	7	6	4	20	6	24 фев	8	6	6
25 фев	5	16	10	8	7	6	4	20	6	25 фев	8	6	6
26 фев	5	16	10	8	7	5	4	20	6	26 фев	8	5	6
27 фев	5	16	10	8	7	5	3	20	6	27 фев	8	5	6
28 фев	5	16	10	8	7	5	3	20	6	28 фев	8	5	6
29 фев	5	15	10	8	7	5	3	20	6	29 фев	8	5	6
1 мар	5	15	10	8	7	5	3	20	6	1 мар	8	5	6
2 мар	5	15	10	8	7	5	3	20	6	2 мар	8	5	6
3 мар	5	15	10	8	7	5	3	20	6	3 мар	8	5	6
4 мар	5	15	10	8	5	5	3	20	6	4 мар	8	5	6
5 мар	5	15	10	8	5	5	3	20	6	5 мар	8	5	5
6 мар	5	15	10	8	5	5	3	20	5	6 мар	8	5	5
7 мар	5	15	10	8	5	5	3	20	5	7 мар	8	5	5
8 мар	5	15	10	8	5	5	3	20	5	8 мар	8	5	4
9 мар	5	15	10	8	5	5	3	20	5	9 мар	8	5	4
10 мар	4	15	10	8	5	5	3	20	5	10 мар	8	5	4
11 мар	4	15	10	8	5	5	3	20	5	11 мар	8	5	4
12 мар	4	15	10	8	5	5	3	20	5	12 мар	8	5	4
13 мар	4	15	10	8	5	5	3	20	5	13 мар	8	5	4
14 мар	4	15	10	8	5	5	3	17	5	14 мар	8	5	4
15 мар	4	15	10	6	5	5	3	17	5	15 мар	8	5	4
16 мар	4	15	10	6	5	5	3	15	5	16 мар	5	5	4
17 мар	4	15	10	6	5	5	3	15	5	17 мар	5	5	4
18 мар	4	15	10	6	5	5	3	15	5	18 мар	5	5	4
19 мар	4	15	10	6	5	4	3	12	5	19 мар	5	5	4
20 мар	4	15	10	6	5	4	3	12	5	20 мар	5	5	4
21 мар	4	15	10	6	5	4	2	12	5	21 мар	5	5	4
22 мар	4	15	10	6	5	4	2	12	5	22 мар	5	5	4
23 мар	4	15	10	6	5	4	2	12	5	23 мар	5	5	4
24 мар	4	15	10	6	5	4	2	12	5	24 мар	5	5	4
25 мар	4	15	10	6	5	4	2	12	5	25 мар	5	5	4
26 мар	4	15	10	6	5	4	2	12	5	26 мар	5	5	4
27 мар	4	15	10	5	5	4	2	12	5	27 мар	5	5	4

28 мар	4	15	10	5	5	4	2	12	5	28 мар	5	5	4
29 мар	4	15	10	5	5	4	2	12	5	29 мар	5	5	4
30 мар	4	15	10	5	5	4	2	12	5	30 мар	5	5	4
31 мар	4	15	10	5	5	4	2	12	5	31 мар	5	5	4
1 апр	4	15	10	5	5	4	2	12	5	1 апр	5	5	4
2 апр	4	15	10	5	5	4	2	12	5	2 апр	5	5	4
3 апр	4	15	10	5	5	4	2	12	5	3 апр	5	5	4
4 апр	4	15	10	5	5	4	2	12	5	4 апр	5	5	4
5 апр	4	15	10	5	5	4	2	12	5	5 апр	5	5	4
6 апр	4	15	10	5	5	4	2	12	5	6 апр	5	5	4
7 апр	4	15	10	5	5	4	2	12	5	7 апр	5	5	4
8 апр	4	15	10	5	5	4	2	12	5	8 апр	5	5	4
9 апр	4	15	10	5	5	4	2	9	5	9 апр	5	5	4
10 апр	4	15	10	5	5	4	2	9	5	10 апр	5	5	4
11 апр	4	15	10	5	5	4	2	9	5	11 апр	5	7	4
12 апр	4	15	10	5	5	4	2	9	5	12 апр	5	7	4
13 апр	4	15	10	5	5	4	2	9	5	13 апр	5	7	4
14 апр	4	15	10	5	5	4	2	6	5	14 апр	5	7	4
15 апр	5	15	10	5	5	4	2	6	5	15 апр	5	7	4
16 апр	5	15	10	5	5	4	2	6	5	16 апр	5	9	4
17 апр	5	15	10	5	5	4	2	6	5	17 апр	5	9	4
18 апр	5	15	10	5	5	4	2	6	5	18 апр	5	9	4
19 апр	5	15	10	5	5	4	2	5	5	19 апр	5	9	4
20 апр	5	15	10	5	5	4	2	5	5	20 апр	5	9	4
21 апр	6	15	10	5	5	4	2	5	5	21 апр	5	9	4
22 апр	6	15	10	5	5	5	2	5	5	22 апр	5	9	4
23 апр	6	15	10	5	5	5	2	5	5	23 апр	5	9	4
24 апр	6	15	10	5	5	10	2	5	5	24 апр	5	9	4
25 апр	10	15	10	5	5	10	2	5	5	25 апр	5	9	4
26 апр	20	15	10	5	5	12	2	5	5	26 апр	5	9	4
27 апр	30	15	10	5	5	12	2	5	5	27 апр	5	9	4
28 апр	25	15	10	5	5	34	2	5	5	28 апр	5	10	4
29 апр	25	15	10	5	15	12	3	5	5	29 апр	5	12	4
30 апр	25	15	10	5	15	12	3	5	5	30 апр	5	12	4
1 май	25	15	10	5	30	12	5	5	5	1 май	5	14	4
2 май	220	15	10	5	45	12	5	5	5	2 май	5	14	4
3 май	331	15	10	10	225	12	12	5	15	3 май	5	14	4
4 май	365	15	10	20	400	50	20	5	120	4 май	5	14	8
5 май	540	15	10	25	220	158	80	10	50	5 май	5	14	20
6 май	606	15	10	30	70	299	150	15	140	6 май	5	14	130
7 май	800	60	10	60	224	100	190	20	170	7 май	8	14	156
8 май	1230	46	10	90	200	245	270	20	160	8 май	10	18	159
9 май	1550	85	10	95	310	588	315	30	480	9 май	25	22	290
10 май	2005	83	10	225	465	859	280	120	460	10 май	50	24	207
11 май	2325	165	75	245	275	1412	450	265	540	11 май	210	25	448
12 май	2780	125	75	285	464	1659	645	434	710	12 май	260	66	368
13 май	2715	195	70	475	590	1785	805	360	964	13 май	305	124	491

14 май	2401	280	190	690	825	1507	1070	377	751	14 май	445	137	574
15 май	2370	315	235	1085	1070	1344	1110	523	850	15 май	400	222	571
16 май	2670	630	230	1385	1180	1401	965	640	760	16 май	360	501	540
17 май	2690	830	374	1635	1610	1624	805	785	1005	17 май	435	620	753
18 май	2375	1285	467	1475	1730	1361	615	572	1045	18 май	365	782	738
19 май	2609	1810	510	1350	2380	1501	550	992	1362	19 май	485	912	958
20 май	1945	2040	630	995	2720	1168	550	997	1412	20 май	380	1340	1058
21 май	1670	1725	940	845	2775	935	565	1260	1238	21 май	605	1564	1923
22 май	1400	1595	1332	675	2965	1380	605	1590	1093	22 май	825	1796	2413
23 май	1745	1695	1770	710	2920	1745	795	1310	1203	23 май	940	2058	2682
24 май	2080	2115	1645	875	3685	1730	780	1640	1255	24 май	830	2378	3416
25 май	2040	3095	1565	975	3690	1916	740	1950	1279	25 май	790	2524	1954
26 май	1950	3560	1825	1125	3875	2150	850	2100	1379	26 май	1130	2543	1248
27 май	1495	3730	1860	1540	4180	1816	825	2465	986	27 май	1490	2508	3299
28 май	1370	3775	1860	1705	3520	1816	1080	2511	1245	28 май	1475	2480	2129
29 май	967	3930	2060	1850	3320	2060	1225	3100	1599	29 май	1830	2162	1670
30 май	1410	3835	2075	1925	2850	2250	1300	3337	1427	30 май	2035	2004	1640
31 май	1805	4185	1830	1960	2020	2490	1206	3740	1890	31 май	2040	1805	2645
1 июн	2079	4575	1275	2185	1700	2746	1080	3905	2443	1 июн	1955	1664	2672
2 июн	2426	5420	1450	1965	1700	2742	1165	4220	2023	2 июн	1925	1842	3031
3 июн	2523	5020	1340	1560	1610	2817	1167	4225	2400	3 июн	2170	2137	1782
4 июн	2720	4823	1730	1240	1595	2740	1160	4886	2433	4 июн	2025	2314	1106
5 июн	2665	4600	1890	914	1610	2595	1225	4735	2274	5 июн	1250	2474	1202
6 июн	2915	4265	2060	870	1815	2490	1380	4549	2172	6 июн	1445	3002	1414
7 июн	2635	3771	2120	560	1895	3095	1420	3817	2071	7 июн	1820	3182	1419
8 июн	3125	3150	2710	675	1995	3944	1590	4390	2141	8 июн	1425	3492	1264
9 июн	2910	3095	3270	990	2550	3921	1620	3405	2287	9 июн	1170	3550	1299
10 июн	3225	3185	4065	1400	2690	2412	1550	3058	2024	10 июн	1125	3422	1260
11 июн	2748	2819	2830	1535	3335	1870	1000	3432	1772	11 июн	860	3270	1244
12 июн	2230	2940	2657	1685	2425	1700	1149	2496	1698	12 июн	1140	3027	1492
13 июн	2070	2745	3215	1720	2135	1300	1034	1994	1925	13 июн	1080	2863	1279
14 июн	1850	2315	2265	1760	2190	1090	880	1741	1405	14 июн	930	2347	1493
15 июн	1485	2418	3475	1670	2395	1173	805	1905	1200	15 июн	895	2400	1129
16 июн	1390	1991	4350	1830	2515	848	1095	2115	1307	16 июн	695	1989	1298
17 июн	960	1820	4220	2000	2645	781	782	1720	1152	17 июн	624	2112	1116
18 июн	1450	1764	4712	1640	2700	940	720	1776	1070	18 июн	630	1717	1387
19 июн	1865	1645	4977	1470	2485	960	695	2017	911	19 июн	680	2062	1545
20 июн	5000	1250	3315	1790	2430	1235	895	1800	687	20 июн	635	1792	1336
21 июн	4385	850	2410	2540	2365	1215	1090	1172	559	21 июн	790	1687	1648

22 июн	3305	1810	2160	2985	2325	1502	1469	2466	566	22 июн	485	1781	1531
23 июн	2645	3000	1570	2220	1970	1674	1510	2480	692	23 июн	575	1852	1457
24 июн	1500	3280	1620	2140	1910	1665	1690	2519	691	24 июн	740	1392	1447
25 июн	1300	2120	1710	1900	1700	1630	1465	2108	540	25 июн	815	1552	1834
26 июн	1018	1750	1316	1415	1830	1351	900	1981	466	26 июн	700	1535	1655
27 июн	1015	2000	1070	1298	1725	1290	1070	1262	608	27 июн	645	1540	1593
28 июн	955	2150	1130	1165	1595	1110	845	1143	865	28 июн	800	1486	1783
29 июн	1360	1795	913	905	1750	903	680	1182	922	29 июн	775	1531	2201
30 июн	1050	1774	545	990	1855	994	703	1058	841	30 июн	790	1160	2039
1 июл	1235	1620	600	845	1851	733	626	1046	694	1 июл	1650	1600	2011
2 июл	1065	1407	650	640	1883	859	650	825	519	2 июл	1610	1518	2398
3 июл	1010	1620	640	780	1605	648	570	900	515	3 июл	1565	1285	1988
4 июл	1005	2275	592	755	1575	650	705	650	588	4 июл	1115	1022	2111
5 июл	895	2955	590	795	1270	645	651	600	688	5 июл	900	983	1809
6 июл	982	3500	550	510	1190	644	660	483	1172	6 июл	1080	1048	1601
7 июл	1020	2925	550	940	1044	891	615	501	1122	7 июл	570	687	1799
8 июл	1010	2090	530	2023	1020	1243	564	523	1130	8 июл	1025	771	2093
9 июл	855	1580	500	1940	675	1030	460	423	1468	9 июл	710	617	2048
10 июл	613	1525	480	1635	982	860	566	430	1853	10 июл	760	471	1619
11 июл	1460	1410	480	1030	905	800	500	430	2499	11 июл	650	678	1434
12 июл	1790	1717	485	1499	675	750	426	365	2382	12 июл	545	566	1489
13 июл	2610	1635	467	695	770	850	435	360	2417	13 июл	545	667	1165
14 июл	2565	1440	400	790	825	850	432	390	1440	14 июл	805	612	780
15 июл	2655	1135	330	690	625	1012	380	390	1448	15 июл	1445	394	848
16 июл	2245	1070	390	637	555	1115	380	400	733	16 июл	1236	596	806
17 июл	1615	990	415	757	514	1120	414	582	900	17 июл	2143	673	648
18 июл	1700	980	470	522	930	1245	581	480	605	18 июл	2145	738	561
19 июл	1695	965	565	518	925	1855	600	479	657	19 июл	2300	1050	481
20 июл	1200	650	675	1370	1705	2795	490	622	570	20 июл	2560	862	550
21 июл	1015	1185	670	1260	1400	3330	600	562	483	21 июл	2005	1016	648
22 июл	755	2380	825	1485	1095	3236	1250	453	440	22 июл	1650	931	593

23 июл	1020	2810	690	900	795	1865	1734	675	578	23 июл	1570	842	600
24 июл	1110	3665	785	1182	695	1650	2110	965	1244	24 июл	1120	485	927
25 июл	1210	4290	985	1256	659	1140	1702	938	1706	25 июл	955	592	970
26 июл	1305	4472	935	1008	830	870	1904	971	2280	26 июл	905	539	1210
27 июл	1470	4410	945	880	1075	708	2247	933	2608	27 июл	830	419	1453
28 июл	1775	4950	855	765	1125	548	2050	882	2665	28 июл	660	366	1620
29 июл	1435	5555	750	1107	1280	550	1800	900	2602	29 июл	745	308	1048
30 июл	1800	5540	650	1250	2375	887	1600	890	2995	30 июл	680	289	1189
31 июл	2425	4610	1005	1349	3624	1326	1200	583	2481	31 июл	680	491	1025
1 авг	3030	3810	1960	891	3472	1509	891	568	2222	1 авг	680	553	616
2 авг	3400	3445	2845	965	2895	2030	1054	500	1856	2 авг	575	437	642
3 авг	3540	2840	3185	675	3095	3919	737	485	1585	3 авг	700	315	1159
4 авг	5000	2705	2240	715	2704	9612	757	456	1360	4 авг	750	361	852
5 авг	6415	2855	1635	704	2418	11414	515	600	1050	5 авг	550	324	759
6 авг	6460	3020	1226	767	2690	10269	548	430	706	6 авг	630	375	572
7 авг	6460	2820	1225	980	2978	10106	527	510	838	7 авг	415	416	729
8 авг	5550	2565	1025	730	3132	8812	440	400	741	8 авг	415	271	627
9 авг	2765	2150	920	675	3065	6336	485	450	1000	9 авг	520	200	628
10 авг	2258	2025	900	650	2725	3362	430	596	994	10 авг	730	281	656
11 авг	1685	1660	795	510	2700	2218	433	620	749	11 авг	880	284	594
12 авг	1455	1285	965	415	2129	1700	378	1200	589	12 авг	1080	279	605
13 авг	1540	1630	945	717	2034	1711	429	700	574	13 авг	1120	294	575
14 авг	1065	2090	1400	611	1990	1846	334	690	627	14 авг	1180	809	543
15 авг	920	1910	1850	805	1755	1040	409	770	414	15 авг	1565	700	760
16 авг	1700	1670	1655	560	1395	973	343	727	367	16 авг	1720	727	860
17 авг	2965	1225	1100	400	1150	772	240	995	300	17 авг	2530	745	840
18 авг	7230	1340	1410	568	764	1271	547	745	369	18 авг	2155	927	908
19 авг	9698	1130	900	685	853	752	300	1010	709	19 авг	1735	1043	789
20 авг	8770	1025	990	685	964	581	422	940	1159	20 авг	3325	966	806
21 авг	7780	700	900	942	760	566	374	2097	1774	21 авг	3990	1630	750
22 авг	6725	695	520	1325	775	600	328	2446	2521	22 авг	3990	2151	640
23 авг	4105	795	675	1350	670	629	270	2400	2607	23 авг	4715	1902	700
24 авг	3090	610	880	1145	465	400	285	2939	2000	24 авг	4840	1794	600
25 авг	2335	715	820	840	685	427	235	2445	3576	25 авг	4285	1340	585
26 авг	1940	610	680	785	1055	634	333	2263	4924	26 авг	2455	1156	527
27 авг	1600	610	553	735	530	722	335	1466	4398	27 авг	3110	901	461
28 авг	1240	505	500	635	572	821	392	1516	3848	28 авг	4065	788	401
29 авг	1310	605	545	649	690	1431	443	1176	2460	29 авг	5090	685	550
30 авг	1010	505	760	546	580	1286	452	1100	1995	30 авг	6660	779	600
31 авг	865	360	665	596	505	1214	350	985	1425	31 авг	7090	703	622
1 сен	835	615	870	485	430	1162	468	938	1500	1 сен	5215	602	822

2 сен	960	615	930	478	375	1102	435	811	1550	2 сен	3575	482	826
3 сен	805	675	880	432	490	1051	366	1156	1612	3 сен	2397	498	2650
4 сен	645	625	843	427	545	1050	400	1555	1578	4 сен	2210	545	3074
5 сен	331	675	840	435	505	967	547	1659	1539	5 сен	2195	547	3694
6 сен	795	675	889	616	511	964	590	1673	1454	6 сен	1470	511	4491
7 сен	550	610	847	500	615	857	461	1670	1451	7 сен	1580	513	4101
8 сен	470	735	700	550	750	870	510	1664	1867	8 сен	1475	321	4296
9 сен	640	536	803	552	930	725	489	1658	2542	9 сен	1270	446	3871
10 сен	525	585	601	1181	840	784	491	1741	3303	10 сен	1180	391	4390
11 сен	400	595	600	1266	1000	551	520	1533	3000	11 сен	975	462	4171
12 сен	455	540	666	832	1280	700	419	1518	2985	12 сен	1020	422	3610
13 сен	575	485	1038	894	1175	534	316	1252	2526	13 сен	1030	476	3414
14 сен	385	445	820	803	1155	628	340	1156	2401	14 сен	900	280	3230
15 сен	405	415	725	847	944	556	350	919	1854	15 сен	700	485	3268
16 сен	510	415	885	700	927	535	350	1044	1711	16 сен	800	349	3177
17 сен	600	425	692	705	505	630	200	839	1610	17 сен	800	282	3256
18 сен	540	300	675	640	820	564	410	716	1277	18 сен	740	443	2809
19 сен	390	305	885	635	880	554	313	1112	1543	19 сен	740	496	2200
20 сен	440	305	1135	749	620	701	425	877	1606	20 сен	570	590	2200
21 сен	390	365	1215	699	760	766	412	984	1492	21 сен	565	622	1548
22 сен	390	455	1427	960	515	623	356	696	1291	22 сен	575	760	1356
23 сен	310	433	1348	1010	650	544	300	677	1031	23 сен	530	537	1313
24 сен	275	615	1353	1434	630	515	300	513	900	24 сен	430	492	1113
25 сен	285	550	893	1707	445	527	347	575	758	25 сен	430	595	1108
26 сен	291	366	1070	1007	470	536	269	394	874	26 сен	330	466	900
27 сен	332	275	815	985	480	390	382	392	738	27 сен	350	464	875
28 сен	375	185	616	1540	720	399	351	394	500	28 сен	430	408	850
29 сен	375	330	580	1015	475	615	281	500	550	29 сен	330	359	800
30 сен	325	225	580	1035	480	520	364	370	600	30 сен	400	337	700
1 окт	270	364	500	1074	430	349	302	327	541	1 окт	320	350	700
2 окт	195	450	460	1155	390	407	269	341	472	2 окт	320	292	598
3 окт	205	300	410	958	375	290	227	288	540	3 окт	215	300	688
4 окт	198	245	375	582	350	300	280	309	545	4 окт	210	189	579
5 окт	198	285	375	723	370	302	238	310	475	5 окт	217	255	588
6 окт	165	340	370	884	375	220	230	285	594	6 окт	275	220	521
7 окт	160	240	386	544	360	170	219	237	480	7 окт	230	277	450
8 окт	140	190	300	517	365	216	216	237	263	8 окт	220	174	400
9 окт	125	250	200	426	320	214	200	200	300	9 окт	150	276	364
10 окт	135	210	200	300	300	250	180	176	270	10 окт	200	201	433
11 окт	130	170	227	300	277	200	140	157	289	11 окт	200	170	448
12 окт	141	180	205	220	257	200	130	170	282	12 окт	209	189	451
13 окт	141	180	209	250	240	220	100	160	212	13 окт	209	140	371
14 окт	130	190	215	230	200	250	80	165	230	14 окт	209	187	331
15 окт	130	135	230	190	180	180	100	110	230	15 окт	224	130	256
16 окт	115	150	230	190	140	160	80	100	220	16 окт	219	150	265
17 окт	75	135	211	170	130	160	80	90	228	17 окт	219	149	239
18 окт	218	184	175	170	120	130	80	92	190	18 окт	170	140	232

19 окт	75	165	160	170	100	120	80	85	190	19 окт	120	110	238
20 окт	50	155	160	170	100	100	80	80	170	20 окт	105	83	201
21 окт	50	155	140	140	100	90	80	80	170	21 окт	105	90	180
22 окт	50	150	120	140	95	80	70	80	170	22 окт	105	90	180
23 окт	50	160	120	140	90	80	70	70	160	23 окт	100	85	170
24 окт	50	115	120	140	80	70	70	70	150	24 окт	80	85	150
25 окт	40	112	110	140	80	70	70	70	150	25 окт	80	85	150
26 окт	40	125	110	140	80	80	65	72	150	26 окт	80	85	140
27 окт	38	100	100	120	80	80	65	70	150	27 окт	80	85	122
28 окт	38	150	100	90	75	110	65	70	125	28 окт	70	85	120
29 окт	38	105	100	80	75	110	65	70	120	29 окт	70	85	100
30 окт	38	90	90	60	75	110	65	79	103	30 окт	70	85	90
31 окт	38	95	90	60	75	90	65	70	90	31 окт	70	80	80
1 ноя	38	50	90	60	75	80	65	70	90	1 ноя	70	80	80
2 ноя	38	60	90	60	75	90	60	65	90	2 ноя	70	80	75
3 ноя	38	60	85	60	75	90	60	65	90	3 ноя	70	75	75
4 ноя	36	60	85	60	75	80	60	65	90	4 ноя	65	70	70
5 ноя	36	50	85	60	65	80	60	60	90	5 ноя	65	70	70
6 ноя	36	55	85	60	65	80	60	60	90	6 ноя	65	65	70
7 ноя	36	45	80	60	65	80	60	60	90	7 ноя	60	65	70
8 ноя	36	45	80	50	65	79	60	60	90	8 ноя	55	65	70
9 ноя	36	45	75	50	65	80	60	60	80	9 ноя	55	60	70
10 ноя	35	45	75	50	65	80	60	60	80	10 ноя	55	60	70
11 ноя	35	45	70	50	65	80	60	60	80	11 ноя	55	50	70
12 ноя	35	45	70	40	65	80	60	50	80	12 ноя	55	50	70
13 ноя	35	45	70	40	65	70	60	50	80	13 ноя	55	50	70
14 ноя	35	45	65	40	60	70	60	50	75	14 ноя	55	50	70
15 ноя	35	45	65	40	60	70	60	50	75	15 ноя	55	50	70
16 ноя	35	45	65	40	60	70	60	50	75	16 ноя	55	45	70
17 ноя	35	50	60	40	60	70	50	45	70	17 ноя	50	45	70
18 ноя	35	50	60	40	55	70	50	45	70	18 ноя	50	45	70
19 ноя	35	50	60	40	55	70	50	45	65	19 ноя	50	45	70
20 ноя	35	50	55	40	55	70	50	45	65	20 ноя	50	45	70
21 ноя	35	50	55	40	55	70	50	45	65	21 ноя	50	45	70
22 ноя	35	50	55	38	50	70	40	40	65	22 ноя	45	45	70
23 ноя	35	50	55	38	50	70	40	35	65	23 ноя	45	45	70
24 ноя	35	55	55	38	45	65	40	35	65	24 ноя	35	45	70
25 ноя	35	55	55	38	45	65	40	35	60	25 ноя	35	45	70
26 ноя	35	55	50	38	45	65	40	35	60	26 ноя	35	45	70
27 ноя	35	55	50	38	45	65	30	35	60	27 ноя	35	45	70
28 ноя	35	55	50	38	45	65	30	35	55	28 ноя	35	45	70
29 ноя	35	55	45	32	45	65	30	35	55	29 ноя	35	45	70
30 ноя	35	55	45	32	45	65	30	35	55	30 ноя	35	45	70
1 дек	35	55	45	32	45	65	30	35	55	1 дек	35	45	70
2 дек	35	55	45	32	45	65	30	35	50	2 дек	35	40	70
3 дек	35	55	45	32	40	65	30	30	50	3 дек	35	40	60
4 дек	35	50	45	30	40	65	30	30	50	4 дек	35	40	60

5 дек	35	50	45	30	40	65	30	30	50	5 дек	35	40	60
6 дек	35	50	45	27	40	60	30	30	45	6 дек	35	40	55
7 дек	35	50	45	26	40	60	30	30	45	7 дек	28	35	55
8 дек	35	50	45	26	40	60	30	30	45	8 дек	28	35	55
9 дек	35	50	40	26	35	60	30	30	45	9 дек	28	35	55
10 дек	35	50	40	24	35	60	30	25	40	10 дек	28	35	55
11 дек	35	50	40	24	35	60	30	25	40	11 дек	28	35	55
12 дек	35	50	40	22	35	60	25	25	40	12 дек	23	35	
13 дек	35	50	40	22	35	60	25	25	40	13 дек	23	35	
14 дек	33	45	40	22	35	60	25	25	40	14 дек	23	35	
15 дек	33	45	35	22	35	55	25	25	40	15 дек	23	35	
16 дек	33	40	35	22	35	55	25	25	40	16 дек	23	35	
17 дек	33	40	35	20	35	55	25	22	40	17 дек	23	35	
18 дек	33	40	35	20	35	55	25	22	40	18 дек	23	35	
19 дек	33	40	35	17	35	55	25	22	40	19 дек	23	30	
20 дек	33	40	35	17	35	45	25	22	40	20 дек	23	30	
21 дек	33	35	30	17	35	45	25	22	40	21 дек	23	30	
22 дек	33	35	30	17	35	40	25	22	40	22 дек	23	30	
23 дек	33	35	30	17	35	40	25	22	40	23 дек	20	30	
24 дек	33	35	30	16	30	30	25	17	40	24 дек	20	25	
25 дек	33	35	30	16	30	30	25	17	40	25 дек	20	25	
26 дек	33	35	30	16	30	30	25	17	40	26 дек	20	25	
27 дек	33	35	20	16	25	30	25	17	40	27 дек	20	25	
28 дек	31	35	20	16	25	30	25	17	40	28 дек	20	25	
29 дек	31	30	15	16	20	30	25	17	40	29 дек	20	25	
30 дек	31	30	15	16	20	30	25	17	40	30 дек	20	25	
										31 дек	20	25	