



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)

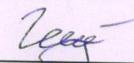
На тему **Влияние водохранилища на изменения**
водного режима реки Вилюй

Исполнитель **Банников Дмитрий Александрович**
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель **К.Г.Н., доцент**
(ученая степень, ученое звание)

Сакович Владимир Михайлович
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»
Заведующий кафедрой


(подпись)

К.Т.Н., доцент
(ученая степень, ученое звание)

Гайдукова Екатерина Владимировна
(фамилия, имя, отчество)

«10» июня 2025г.

Санкт-Петербург
2025

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|---|----|
| ВВЕДЕНИЕ | 3 |
| 1 Физико-географические условия бассейна реки Виллой | |
| 1.1 Геологическое строение и рельеф | 4 |
| 1.2 Климат | 8 |
| 2 Гидрография бассейна и водный режим реки Виллой | |
| 2.1 Гидрография бассейна | 12 |
| 2.2 Гидрологическая изученность | 15 |
| 2.3 Особенности водного режима | 19 |
| 3 Основные характеристики гидроузла и водохранилища | |
| 3.1 Назначение гидроузла и история строительства | 20 |
| 3.2 Состав и характеристики ГТС гидроузла, режим работы | 22 |
| 4 Изменение водного режима р. Виллой в результате регулирующего влияния водохранилища в 2024 году | |
| 4.1 Исходные данные | 25 |
| 4.2 Изменение годового стока | 29 |
| 4.3 Изменение внутригодового распределения стока | 31 |
| 4.4 Изменение максимального стока | 35 |
| 4.5 Изменение минимального стока | 37 |
| Заключение | 38 |
| Список литературы | 40 |
| Приложение | 41 |

ВВЕДЕНИЕ

Вилуйское водохранилище располагается на реке Вилюй в Восточной Сибири, на территории Среднесибирского плоскогорья. Строительство гидротехнического сооружения осуществлялось в 1965–1967 годах путём возведения плотины Вилуйской ГЭС высотой примерно 80 метров. Полезный объём водохранилища позволяет вместить средний многолетний годовой сток (21 км^3) [6] реки в районе гидроузла. Это крупнейшее водохранилище в Якутии по общему и полезному объёму, осуществляющее многолетнее регулирование стока.

Целью бакалаврской работы является анализ изменения стока реки Вилюй в 2024 году, произошедшие под влиянием регулирующего воздействия Вилуйского водохранилища.

Задачи, исследуемые в работе:

- 1) Изучение физико-географических условий бассейна реки Вилюй и Вилуйского водохранилища.
- 2) Ознакомление с параметрами водохранилища и режимом регулирования.
- 3) Сбор данных о расходах притока воды в водохранилище в 2024 году и отдачи воды из водохранилища.
- 4) Оценка и анализ изменений основных характеристик стока реки Вилюй в 2024 году под воздействием водохранилища.

Структура работы включает четыре главы:

- 1) Физико-географическая характеристика бассейна водохранилища.
- 2) Гидрография бассейна и водный режим реки Вилюй.
- 3) Основные характеристики гидроузла и водохранилища.
- 4) Изменение водного режима р. Вилюй в результате регулирующего влияния водохранилища в 2024 году.

1 Физико-географические условия бассейна реки Вилюй

1.1 Геологическое строение и рельеф

Исследуемая территория представляет собой бассейн реки Вилюй в районе расположения Вилюйских ГЭС-1 и ГЭС-2, которые находятся в поселке Чернышевский.

Географическое положение данного региона охватывает верховье реки Вилюй и располагается на стыке трех субъектов Российской Федерации:

- Западная часть Республики Саха (Якутия)
- Восточная граница Красноярского края
- Северо-восточная часть Иркутской области

Гидрографическая характеристика территории определяется тем, что река Вилюй является левым притоком реки Лены и входит в бассейн моря Лаптевых.

Водосборная система региона имеет развитую структуру, включающую основную реку и её притоки. Схема водосборного бассейна представлена на рисунке 1.1, где наглядно демонстрируются особенности гидрографической сети исследуемой территории.[2]

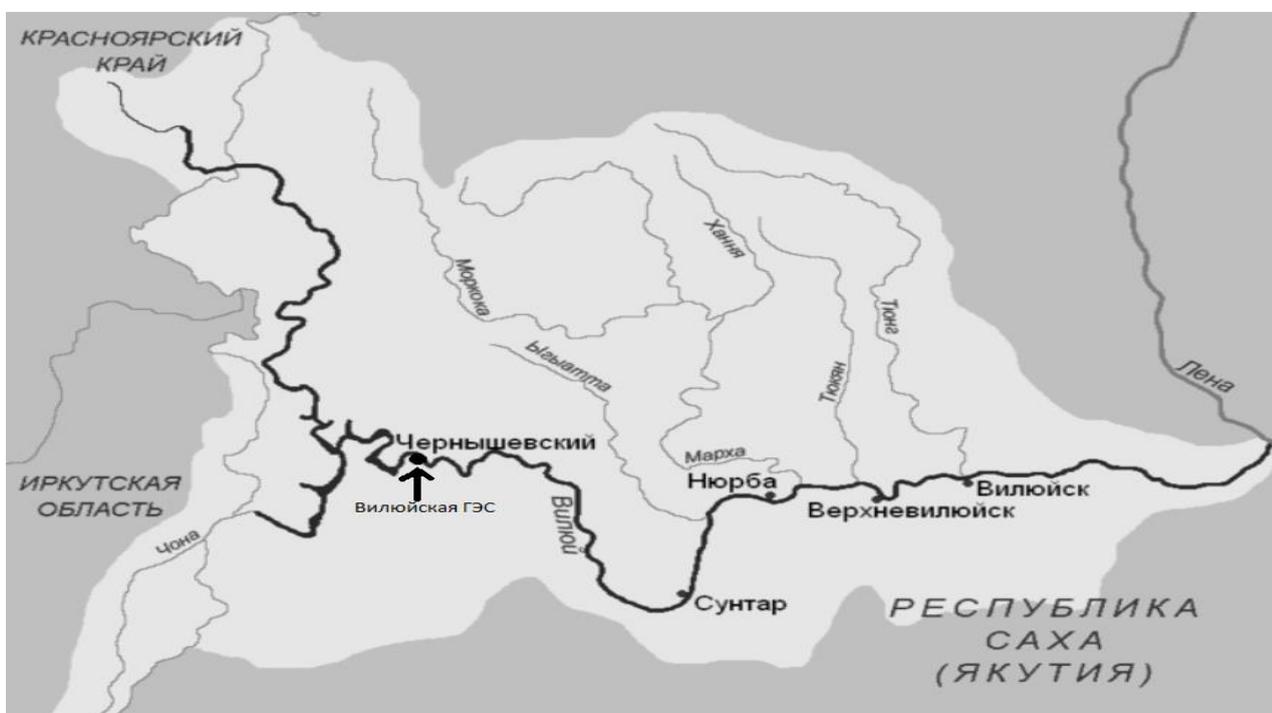


Рисунок 1.1 – Водосборный бассейн реки Вилюй

Среднесибирское плоскогорье является территорией, на которой располагается бассейн реки Вилюй. Эта обширная область находится в западной части Сибирской платформы, представляющей собой один из древнейших участков континентальной земной коры на планете.

Геологическое строение территории отличается значительным разнообразием: здесь сочетаются как сильно расчленённые горные массивы (например, знаменитое плато Путорана), так и обширные равнинные области (включая Приленское плато). Такое сочетание различных форм рельефа создаёт сложную геоморфологическую картину региона. [2]

Морфоструктурное разнообразие плоскогорья проявляется в наличии как горных систем с выраженным расчленением, так и обширных равнинных участков. Это делает территорию особенно интересной с точки зрения геологического изучения и позволяет наблюдать различные процессы формирования рельефа в пределах одной географической области. [2]

По высотным характеристикам территория подразделяется на три основные зоны. Северо-западная часть представляет собой наиболее возвышенную территорию с высотами от 500 до 1000 метров над уровнем моря. Характерной особенностью является постепенное понижение рельефа в восточном направлении до отметки примерно 300 метров. Наивысшей точкой этой зоны является гора Люча-Онгоктон, достигающая 1044 метров. [2]

Рельеф северо-западной зоны отличается ступенчатой структурой, наличием многочисленных порогов и водопадов. В геологическом отношении территория сформирована на основе вулканогенно-осадочных отложений триасового периода.

Центральная зона характеризуется более ровным и пониженным рельефом по сравнению с северо-западной частью.

Юго-восточная зона представляет собой приподнятую равнину, которая имеет особое значение для данного исследования, поскольку именно здесь расположена изучаемая территория. [5]

На юге бассейна располагается Приленское плато, отличающееся

постепенным увеличением абсолютных высот от 300 метров на севере до 700-800 метров на юге. В геологическом строении преобладают карбонатные породы, а также гипсосодержащие и галогенные породы палеозойского возраста. Рельеф плато характеризуется куэстовым типом с вытянутыми грядами и асимметричными склонами.

Вилуйское плато, являющееся истоком реки Вилуй, отличается особым строением: здесь наблюдается слоистое чередование терригенных пород с пластовыми интрузиями и многочисленными дайками. Такая геологическая структура обуславливает формирование ступенчатого профиля речных долин и наличие многочисленных порогов. [5]

Географическое расположение Республики Саха наглядно представлено на соответствующей карте (рисунок 1.2).



Рисунок 1.2 – География Республики Саха

В направлении течения реки Вилюй, начиная от Вилюйского водохранилища и вплоть до места её впадения в реку Лену, происходит постепенный переход Среднесибирского плато в обширную Центрально-Якутскую низменность. Этот природный переход обусловлен длительным процессом тектонического развития территории.

На протяжении многих миллионов лет, в периоды мезозойской и кайнозойской эр, данная территория испытывала устойчивое опускание земной коры. Этот процесс сопровождался активным накоплением осадочных отложений, которые формировали современный рельеф низменности. В результате длительного осадконакопления сформировались характерные особенности рельефа, отличающие Центрально-Якутскую низменность от возвышенного Среднесибирского плато. [6]

1.2 Климат

Климат в районе реки отличается ярко выраженными континентальными чертами, которые напрямую зависят от географического расположения территории. В течение года здесь фиксируется от 2030 до 2090 часов солнечного сияния, причем самое большое количество солнечных дней приходится на июль, а наименьшее – на декабрь. [12]

В зимний период регион находится под влиянием устойчивого антициклона, приносящего холодные воздушные массы. Это создает условия для тихой и сухой погоды практически без ветра. Летом ситуация меняется: усиливаются западные ветры, а периодические вторжения арктического воздуха вызывают значительное похолодание.

Переходные сезоны – осень и весна – отличаются стремительным развитием погодных процессов. Весенний период часто сопровождается засушливыми явлениями. Ветровая активность в регионе характеризуется непостоянством, при этом порывы ветра могут достигать скорости 15 метров в секунду.[1]

Почва в этом районе имеет свои особенности: даже после таяния снега она долго остается промерзшей из-за регулярных ночных заморозков. Продолжительность светлого времени суток и сумерек в городе Вилюйск имеет свои характерные особенности, которые наглядно демонстрируются на соответствующем графике (рисунок 1.3).

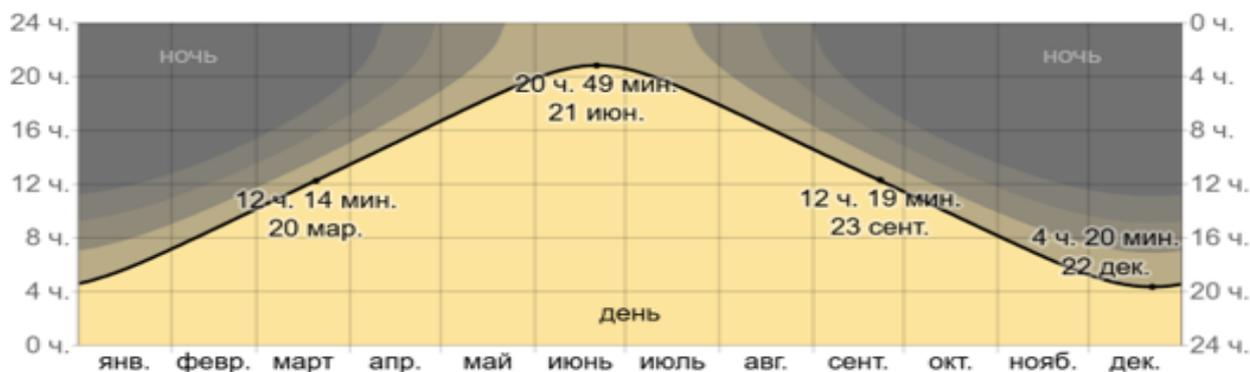


Рисунок 1.3 – Количество часов дневного света и сумерек в г. Вилюйск

Наличие многолетнемёрзлых грунтов существенно влияет на водный режим территории, поскольку препятствует проникновению воды в почву, что приводит к увеличению поверхностного стока. Осенью в регионе происходит смена циклональной погоды на антициклональную, что сопровождается повышением облачности и существенным понижением температуры воздуха. В результате таких погодных изменений первые заморозки могут начаться уже в августе.

Климатические особенности территории характеризуются значительной амплитудой температурных колебаний и преобладанием отрицательного теплового баланса. Метеорологические наблюдения на станциях Мирный, Виллюйск и Сунтар показывают, что среднегодовая температура варьируется в пределах от -11 до -5 градусов Цельсия. При этом самый тёплый месяц – июль – демонстрирует среднюю температуру $+18,5$ градусов Цельсия, а январские морозы достигают отметки около $-36,2$ градусов Цельсия. Динамика изменения температуры в течение года наглядно представлена на соответствующем графике (рисунок 1.4). [12]

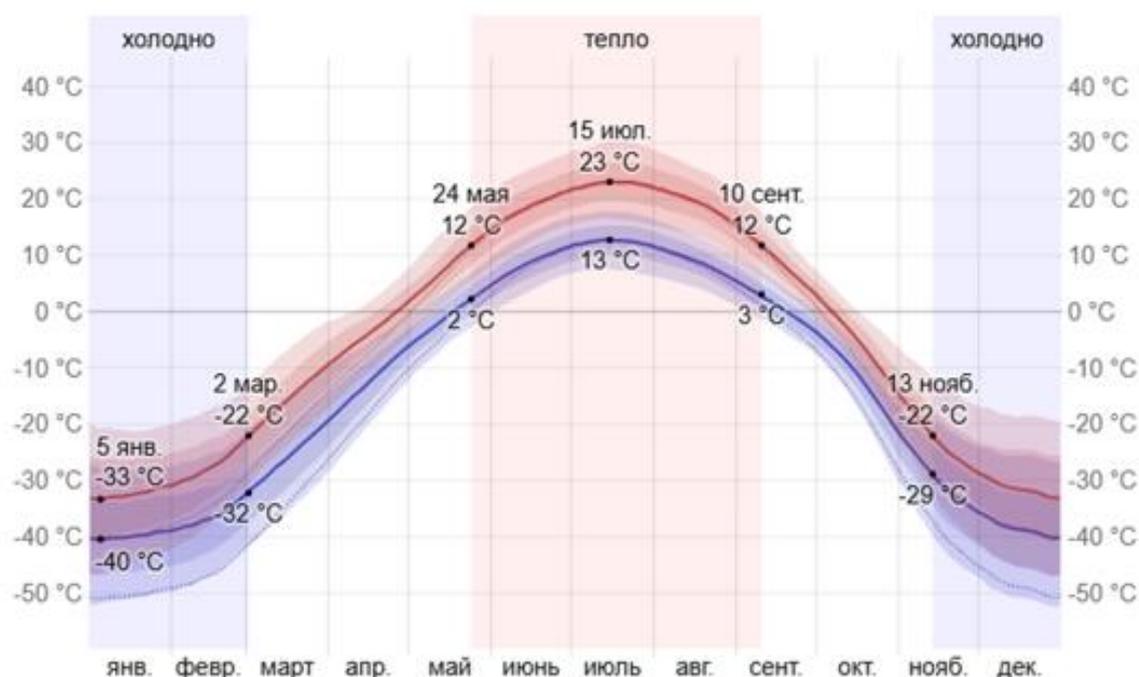


Рисунок 1.4 – Годовой ход температур в городе Виллюйск

Климат исследуемого региона отличается умеренным количеством осадков, которые неравномерно распределяются в течение года. Согласно данным метеостанции Мирный, среднегодовое количество осадков варьируется в пределах от 200 до 400 миллиметров. Примечательно, что более половины (около 60%) всех осадков приходится на тёплый период года, когда воздух наиболее насыщен водяным паром. В летние месяцы преобладают дожди, а зимой основной формой осадков становится снег. Такая сезонная неравномерность выпадения осадков является характерной особенностью данной климатической зоны и существенно влияет на формирование природных условий региона. Для детального анализа распределения осадков можно обратиться к соответствующим диаграммам: данные о дождевых осадках представлены на рисунке 1.5, а информация о снеговых осадках отражена на рисунке 1.6. [12]

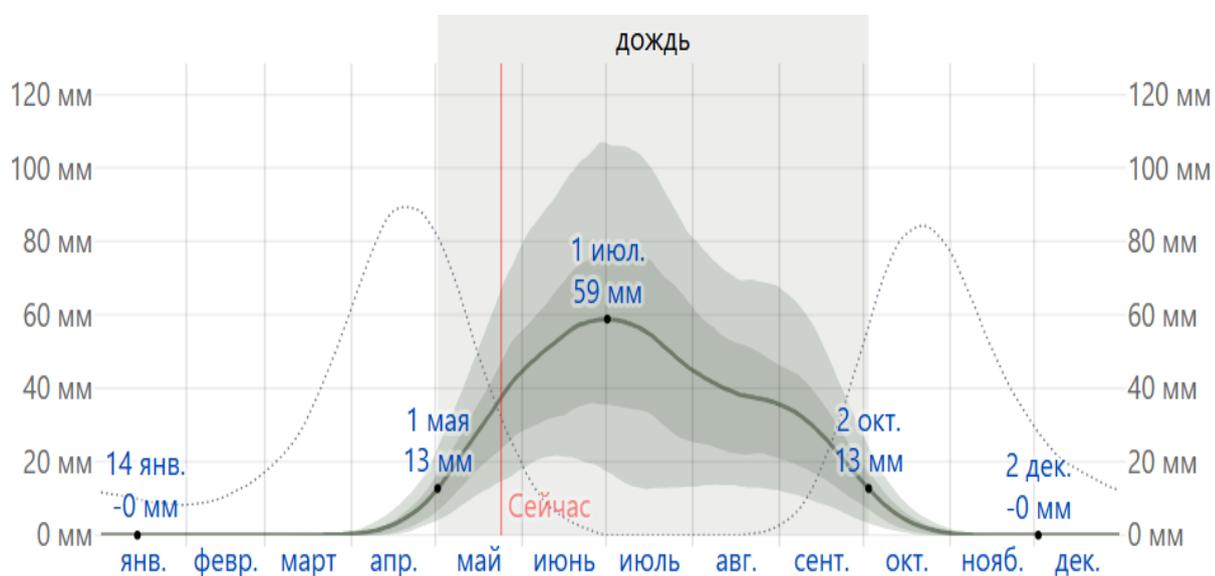


Рисунок 1.5 – Среднемесячное количество дождя в городе Вилюйск

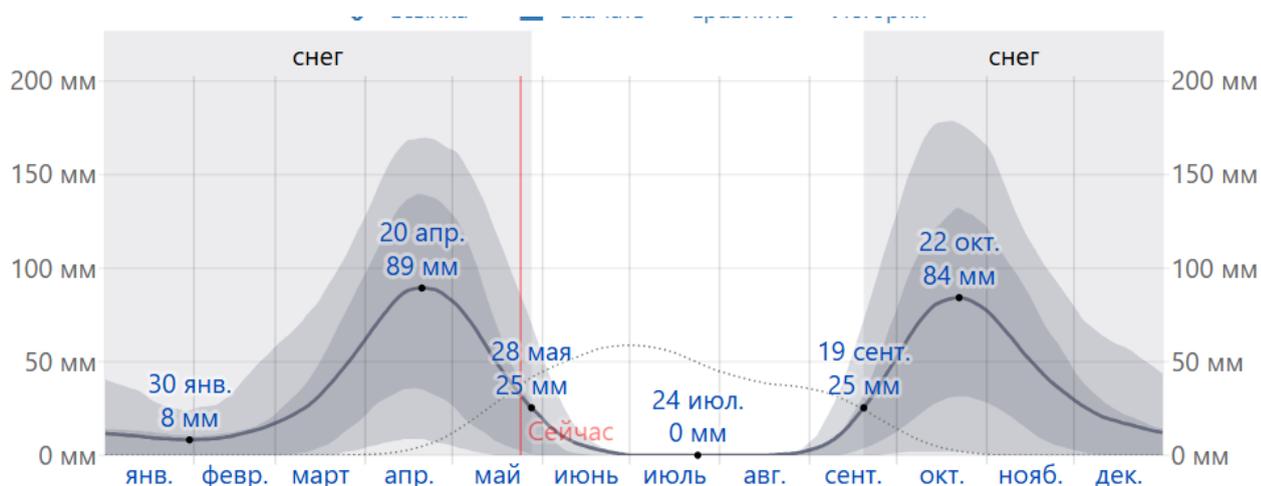


Рисунок 1.6 – Среднемесячное количество снега в городе Вилуйск

Создание Вилуйского водохранилища привело к значительным климатическим изменениям в окружающей местности. Влияние этого масштабного водного объекта распространилось на территорию радиусом 600-800 километров, где произошли существенные трансформации погодных условий.

Основные климатические изменения связаны с увеличением влажности воздуха из-за постоянного испарения воды с поверхности водохранилища. Появился выраженный теплорегулирующий эффект, который сгладил сезонные температурные колебания в течение года. Над водной поверхностью сформировались новые ветровые потоки, ранее не характерные для таежной зоны Якутии. [1]

Гидрометеорологические показатели региона также претерпели существенные изменения. Зафиксировано увеличение годового количества осадков на 40 миллиметров, что свидетельствует о значительном преобразовании климатических условий в зоне влияния водохранилища.

Экологические последствия этих климатических изменений затрагивают всю природную среду региона. Новая климатическая обстановка влияет на местную флору и фауну, создавая иные условия для существования растительного и животного мира. Трансформации климата также отражаются на жизни местного населения. [1]

2 Гидрография бассейна и водный режим реки Вилюй

2.1 Гидрография бассейна

Река Вилюй представляет собой крупнейший левый приток Лены, обладающий внушительными гидрологическими характеристиками. Её протяженность составляет 2650 километров, площадь бассейна достигает 454 000 квадратных километров, а средний годовой расход воды равен 1520 кубических метров в секунду. [6]

Водная система Вилюя включает множество значимых притоков. С правой стороны в неё впадают реки Улахан-Вава, Чуркуо и Чона (выше плотины), а также Чыбыда, Улахан-Ботуобуя, Оччугуй-Ботуобуя и Баппагай (ниже плотины). С левой стороны к основному руслу присоединяются реки Ахтаранда (выше плотины), Ыгыатта, Марха, Тюкян и Тюнг (ниже плотины). Среди всех притоков особое место занимает река Марха, чей бассейн охватывает 99 000 квадратных километров, что делает её главным притоком Вилюя. [6]

Значительным гидротехническим сооружением на реке является плотина Вилюйского водохранилища, расположенная у поселка Чернышевский на 1315-м километре течения. С учетом природных особенностей и изменений, вызванных созданием гидроузла, реку можно разделить на четыре основных участка, которые наглядно представлены на рисунке 2.1.[6]



Рисунок 2.1 – Основные участки реки Вилюй

1. Верхнее течение — от истока до впадения реки Чиркуо (протяжённость 938 км),
2. Водохранилищный участок — протяжённостью 397 км,
3. Среднее течение — от посёлка Чернышевский до впадения реки Мархи (797 км),
4. Нижнее течение — от места впадения реки Мархи до устья (518 км.) .[6]

Водохранилище формирует обширную акваторию, напоминающую озеро, с максимальной шириной до 10 километров. Географическое расположение реки имеет свои особенности: начиная со среднего течения, она протекает через Центрально-Якутскую низменность. Крупные левые притоки Вилюя, такие как Марха (протяженностью 923 километра), Тюкян и Тюнг, берут свое начало на Средне-Сибирском плоскогорье. В отличие от них,

правые притоки, вытекающие из Лено-Вилуйского междуречья, характеризуются меньшей длиной и объемом водного стока.

Озёрная система бассейна реки насчитывает внушительное количество водоемов – 67 266 озёр. Среди них выделяются наиболее крупные и примечательные: озеро Ниджили с площадью 119 квадратных километров, озёра Бараталах и Мастах (несколько уступающие по размерам Ниджили), озеро Сюгджэр (80 квадратных километров), озеро Богуда (22 квадратных километра), а также озеро Мосаны, примечательное своей значительной глубиной до 110 метров.

Особенности русла реки варьируются на разных участках. До села Сунтар долина сохраняет горный характер с порожистым руслом. Последний крупный порог под названием Куччугуй-Хана расположен на 1174-м километре течения. Ниже Сунтара долина заметно расширяется, и течение реки становится более спокойным. В нижнем течении река протекает по обширной долине, характеризующейся наличием затапливаемой пойменной террасы и разветвленным, неустойчивым руслом.[6]

2.2 Гидрологическая изученность

Бассейн реки Виллой, где расположен каскад гидроузлов, обладает высоким уровнем гидрологической изученности.

Первые научные исследования в регионе были организованы в 1926 году. Якутская экспедиция Академии наук СССР вместе с управлением водных путей Ленского бассейна провела комплексное изучение гидрологических особенностей территории. В результате этой работы были созданы две важные станции: гидрометеорологическая в селе Сунтар и водомерный пост в городе Виллойск. Примечательно, что эти объекты успешно функционируют и сегодня.

Значительный импульс исследовательской деятельности придал 1959 год, когда начались наблюдения в поселке Чернышевский, расположенном в 1348 километрах от устья реки. Эти исследования были направлены на сбор необходимых гидрометеорологических данных для проектирования и строительства первой Виллойской ГЭС. [7]

Система мониторинга постоянно развивалась и совершенствовалась. С 1972 года контроль за стоком на гидроузле перешел к службе эксплуатации, а наблюдения за состоянием водохранилища взяла на себя озёрная станция Якутского управления гидрометслужбы. С мая 1975 года к исследовательской работе подключилась экспедиция №13 института «Ленгидропроект», которая продолжила изучение гидрометеорологических условий на участке строительства будущей Виллойской ГЭС-3.

Сегодня в регионе действует масштабная система мониторинга, включающая 34 поста для измерения стока и 10 водомерных постов. Большая часть этой сети находится под управлением Якутского Управления по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (ЯУГМС). Специалисты регулярно отслеживают целый комплекс важных показателей: температуру воздуха, характеристики ветра (включая его скорость и направление), количество осадков и снежного покрова, уровень воды, а также особенности

стока в различных пунктах наблюдения на реках бассейна.[3]

Таблица 2.1 – Список гидрологических постов на водосборе Виллойского водохранилища

| № | Название объекта | Расстояние от устья, км | Площадь водосбора, S, м ² | Период действия |
|----|---------------------------------------|-------------------------|--------------------------------------|-------------------------------|
| 1 | р. Виллой – г.п. Усть-Амбарах | 1816 | 57300 | 12.05.1965-по настоящее время |
| 2 | р. Амбардах – устье | 12 | 759 | 01.01.1973-31.12.1975 |
| 3 | р. Чуркуо – г.п. Лавинда | 27 | 4130 | 01.05.1971-по настоящее время |
| 4 | р. Улахан-Эдьэк – г.п. Дальний | 24 | 854 | 01.05.1977-по настоящее время |
| 5 | р. Дьэкиндэ – г.п. Улар | 65 | 1940 | 01.05.1978 |
| 6 | руч. Гойонноох-Тумус – г.п. Тайахтаах | 0,5 | 5,74 | 01.05.1979-по настоящее время |
| 7 | р. Чона – г.п. Чона | 296 | 21000 | 01.05.1974 |
| 8 | р. Юктали – г.п. Юргаэтэ | 4 | 1080 | 04.05.1974-по настоящее время |
| 9 | р. Ичода – г.п. Майский | 22 | 2820 | 19.05.1972-по настоящее время |
| 10 | р. Батыр – г.п. Ясный | 12 | 3380 | 16.10.1969-по настоящее время |
| 11 | руч. Голубичный – устье | 1 | 5,06 | 10.05.1973-31.12.1979 |
| 12 | р. Ахтаранда – г.п. Сюрях-Хая | 65 | 11600 | 30.11.1976-по настоящее время |
| 13 | р. Олгуйдаах – г.п. Монтерский | 45 | 4360 | 16.05.1974-01.04.1988 |
| 14 | руч. Хордогойдох – устье | 0,2 | 14,8 | 10.05.1967-01.03.1983 |

| № | Название объекта | Расстояние от устья, км | Площадь водосбора, S, м ² | Период действия |
|----|---|-------------------------|--------------------------------------|----------------------------------|
| 15 | р. Виллой – р.п. Чернышевский (ГЭС) | 1315 | 136000 | 23.02.1959-по настоящее время |
| 16 | вдхр. Виллойское – р.п. Чернышевский | 1316 | 136000 | 01.05.1973-по настоящее время |
| 17 | вдхр. Виллойское – ОГП Кусаган | 1389 | - | 28.06.1974-по настоящее время |
| 18 | вдхр. Виллойское – Чохчуола | 1483 | - | 27.04.1976-по настоящее время |
| 19 | вдхр. Виллойское – гм.ст. Туой-Хая | 1551 | - | 01.08.1968-по настоящее время |
| 20 | вдхр. Виллойское – ОГП Усть-Ичода | 1623 | - | 01.05.1977-по настоящее время |
| 21 | вдхр. Виллойское – ОГП Юлэгиир | 1568 | - | 01.05.1976-по настоящее время |
| 22 | вдхр. Виллойское – ОГП Оржок | 1640 | 134000 | 27.04.1978-по настоящее время |
| 23 | р. Виллой – факт. Эконда | 2423 | 5110 | 28.08.1959-по настоящее время |

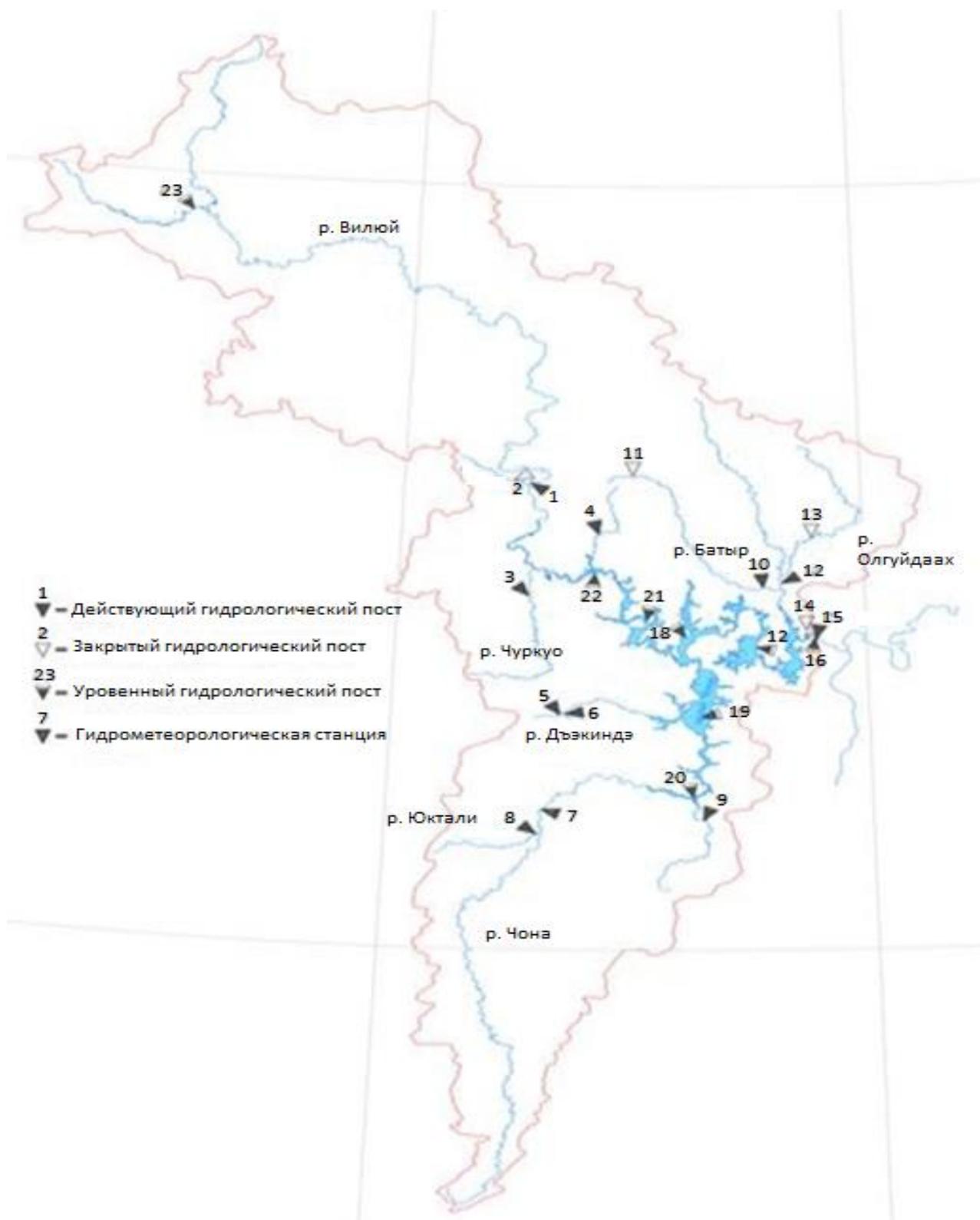


Рисунок 2.2 – Схема гидрологических постов на водосборе Вилуйского водохранилища

2.3 Особенности водного режима

Водный режим реки отличается смешанным типом питания, где преобладает снеговое питание. Характерной особенностью является выраженное весеннее половодье. Показатели расхода воды демонстрируют значительные колебания: средний многолетний расход у поселка Чернышевский составляет около 672 кубических метров в секунду. При этом расход обеспеченностью 1% достигает 1160 кубических метров в секунду, а расход обеспеченностью 95% составляет 406 кубических метров в секунду. Весной у поселка Чернышевский фиксируются максимальные расходы воды, достигающие 12000-13000 кубических метров в секунду. До строительства ГЭС минимальные зимние расходы воды были крайне низкими – менее 2 кубических метров в секунду.[10]

Ледовый режим реки имеет свои особенности. Ледостав обычно начинается в октябре, а вскрытие реки происходит примерно в середине мая. Таким образом, период, когда река свободна ото льда, длится около пяти месяцев. Во время весеннего половодья уровень воды может подниматься на 10-15 метров. В низовьях реки существует вероятность образования ледяных заторов, что может создавать определенные сложности в период весеннего ледохода.[4]

3 Основные характеристики гидроузла и водохранилища

3.1 Назначение гидроузла, история строительства

В районе поселка Чернышевский расположен важный Вилюйский гидроузел, который представляет собой единый энергетический комплекс. На общей плотине размещены две гидроэлектростанции: Вилюйская ГЭС-I (первая очередь) находится на правом берегу реки, а Вилюйская ГЭС-II (вторая очередь) располагается на левом берегу. Такое техническое решение позволило создать эффективную систему выработки электроэнергии на единой гидротехнической конструкции (рисунок 3.1).[9]



Рисунок 3.1 – Вилюйская ГЭС

Ниже по течению реки, в районе поселка Светлый, находится Вилюйская ГЭС-III, также известная как Светлинская ГЭС. Вместе с двумя другими

гидроэлектростанциями эта станция формирует единый каскад Вилюйских ГЭС.

Строительство гидроузла стало важным этапом промышленного развития региона и освоения природных богатств Якутии. Проект был разработан институтом «Ленгидропроект» и входит в состав ОАО «Якутскэнерго». Особую значимость гидроэнергетический комплекс имеет для разработки местных алмазных месторождений. Основным потребителем вырабатываемой электроэнергии является компания ЗАО «АЛРОСА», что подчеркивает важную роль гидроэлектростанций в развитии добывающей промышленности региона.

Ключевые этапы реализации:

Начало строительства: 1960 год,

Ввод первых гидроагрегатов: 1967 год,

Завершение строительства: 1976 год,

Линии электропередачи 220 кВ. в направлении Ленска, Мирного, Айхала и Удачного.

Водохранилищный комплекс выполняет многофункциональные задачи:

Регулирование стока реки в течение года,

Обеспечение работы ГЭС,

Обеспечение водоснабжения,

Создание условий для судоходства,

Поддержка рыбного хозяйства.

Ихтиофауна водохранилища представлена промысловыми видами: щука, окунь, а также ценными речными видами: осётр, таймень, ленок, хариус.

С 1971 года, после запуска Вилюйского рыбного завода в Чернышевском, начался современный этап развития рыбоводства в регионе. Судоходство в нижнем течении реки поддерживается благодаря регулируемым попускам воды через водосбросные сооружения гидроэлектростанции.[9]

3.2 Состав и характеристики ГТС гидроузла, режим работы

На реке Вилюй функционирует масштабный гидроэнергетический комплекс, состоящий из двух основных гидроузлов с водохранилищами и электростанциями. Верхний гидроузел расположен в 1348 километрах от устья реки. Его ключевыми элементами являются каменно-земляная плотина, водосброс и две гидроэлектростанции - Вилюйская ГЭС-1 и Вилюйская ГЭС-2, каждая мощностью 640 мегаватт. Первая станция начала работу в 1967 году, вторая - в 1976 году.[9]

Нижний гидроузел находится в 1206,8 километрах от устья. Его напорный фронт сформирован из правобережной и левобережной каменно-земляных плотин, а также центральной бетонной плотины в русле реки. Здесь размещена Вилюйская ГЭС-3 (Светлинская ГЭС) с проектной мощностью 360 мегаватт при четырех агрегатах, а также корпус управления и глубинный водосброс.[7]

Процесс наполнения водохранилища проходил поэтапно: начато в мае 1967 года, нормальный подпорный уровень 244,00 метра достигнут к июлю 1973 года, в июле 1978 года уровень поднялся до 246,00 метров. Текущий уровень Светлинского водохранилища составляет 174,30 метра.[7]

В период с 1988 по 1991 год наблюдался рекордный по продолжительности многоводный период за всю историю наблюдений. Расход притока в Вилюйское водохранилище был в полтора раза выше среднего показателя, а уровень воды поднимался до 247,00-247,50 метров. [9]

В результате сброса высоких расходов (3500-4000 м³/с) возникли серьезные проблемы: оттаивание грунтов основания плотины, её осадки, образование продольной трещины длиной около 400 метров на гребне плотины со стороны нижнего бьефа. Также были выявлены: оттаивание основания и низовой призмы плотины, осадки гребня плотины и ядра при прохождении высоких расходов, непроектное расположение верха ядра плотины и обходная фильтрация в правобережном примыкании к водосбросу с образованием

наледей.

После цементации основания в 1997 году фильтрация уменьшилась, но не прекратилась полностью. В связи с этим были введены ограничения на форсировку уровня верхнего бьефа до отметки 246,80 метров, что потребовало перехода на щадящий режим эксплуатации с понижением отметки наполнения водохранилища до 244,00 метров.[9]

Таблица 3.1 – Основные параметры Вилюйского водохранилища

| Описание | Значение | Ед. измерения |
|---|----------|-----------------|
| Полезный объем | 22,36 | км ³ |
| Объем при НПУ | 40,41 | км ³ |
| Объем при УМО | 18,05 | км ³ |
| Площадь зеркала при НПУ | 2360 | км ² |
| Площадь зеркала при УМО | 1430 | км ² |
| Отметка нормального подпорного уровня (НПУ) | 246 | м |
| Отметка предельной сработки (УМО) | 234 | м |
| Отметка форсированного уровня (ФПУ) | 247,3 | м |

Режим работы

Вилюйские гидроэлектростанции представляют собой важный энергетический комплекс, который обеспечивает работу сразу нескольких отраслей региона. Они снабжают электроэнергией Западный энергорайон Республики Саха (Якутия), включая такие важные энергоузлы как Мирнинский, Айхало-Удачный, Вилюйский и Ленский.

В энергетическом плане станции выполняют множество функций: не только вырабатывают электричество, но и компенсируют неравномерность нагрузки в течение года, недели и суток, а также создают необходимые аварийные и нагрузочные резервы. При этом объем производимой электроэнергии зависит от количества воды в реке и потребностей местного

энергорайона.[4]

Особое значение имеет взаимодействие между станциями: ВГЭС-3 работает практически синхронно с ВГЭС-1 и 2 на зарегулированном стоке, что позволяет эффективно регулировать мощность как в течение суток, так и недели. При этом водохранилище ВГЭС-3 не имеет сезонной регулирующей емкости, а основной регулятор стока – водохранилище ВГЭС-1,2, которое контролирует 93% поступающего стока. [4]

Гидростанции также играют важную роль в обеспечении судоходства. В нижнем бьефе каскада, на участке реки Вилюй от села Сунтар до устья, осуществляется экспедиционное судоходство во время половодья. На самих водохранилищах судоходство не ведется из-за отсутствия населенных пунктов.

Не менее важно учитывать экологические требования: в летне-осенний период (с июня по октябрь) запрещается сработка водохранилища ГЭС-1,2. Это необходимо для создания оптимальных условий нереста и развития молоди карповых рыб, которые преобладают в местной ихтиофауне.

Кроме того, гидроэлектростанции обеспечивают потребности коммунального хозяйства, поддерживая стабильный уровень воды в нижнем бьефе зимой. Это критически важно для водоснабжения населенных пунктов и функционирования ледовых переправ у села Сюльдюкар, а также между селами Сунтар и Нюрба.

Таким образом, режим работы водохранилищ направлен на комплексное удовлетворение потребностей различных отраслей при строгом соблюдении экологических и коммунальных требований.[4]

4 Изменение водного режима р. Виллой в результате регулирующего влияния водохранилища в 2024 году

4.1 Исходные данные

Информационная база формировалась на основе следующих показателей:

1. Параметры приточности - ежедневные расходы поступающей воды.
2. Показатели водоотдачи - суммарные расходы воды, отдаваемые из водохранилища через агрегаты ГЭС и через водосливы.
3. Данные о ежедневных уровнях воды у плотины.
4. Гидрологические данные - уровни воды в верхнем бьефе у плотины.

Вся информация была извлечена из официального ресурса ПАО «РусГидро» [8], где данные обновляются в режиме реального времени. Собранный массив информации представлен в приложении таблица 4.7.

Значение притока воды в водохранилище характеризует естественный сток реки в створе плотины. Значение отдачи воды в водохранилище представляет зарегулированный сток.

Совмещенные гидрографы естественного стока (притока) и зарегулированного стока(отдачи) за 2024 год отображено на рисунке 4.1.

На рисунке 4.1. хорошо видно, какие изменения происходят с естественным водным режимом реки, в процессе регулирования стока. Регулирование приводит к сглаживанию внутригодовых колебаниям стока и более равномерному распределению водных ресурсов.

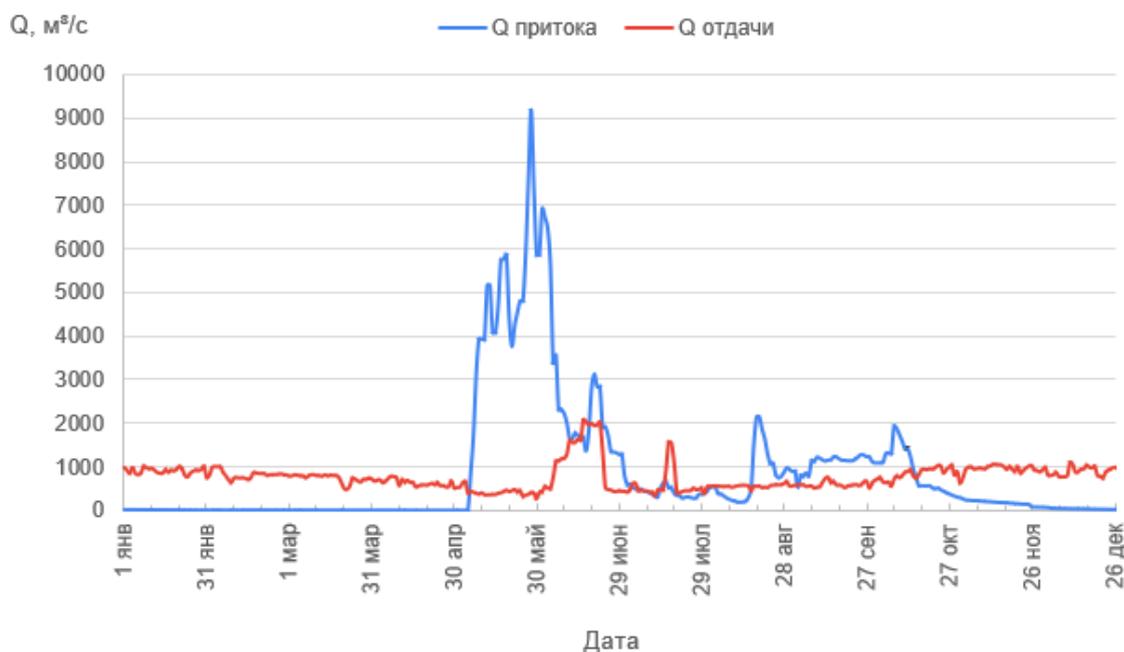


Рисунок 4.1 – Совмещенные гидрографы естественного стока (притока) и зарегулированного стока (отдачи) за 2024 год

Анализ гидрографов показывает существенное влияние регулирования на режим стока реки. Естественный сток демонстрирует значительную сезонную изменчивость: от минимальных значений в зимний период ($4 \text{ м}^3/\text{с}$) до максимальных во время летних паводков ($9170 \text{ м}^3/\text{с}$).

В отличие от него, зарегулированный сток характеризуется высокой стабильностью в течение всего года. Его колебания существенно меньше: от 253 до $2086 \text{ м}^3/\text{с}$, что очень близко к среднегодовому расходу.

Особенно заметно выравнивание стока в результате регулирования. Повышение зарегулированного стока в мае-июне связано с завершением половодья и сбросом воды через водосливы плотины. При этом резкие колебания естественного стока успешно сглаживаются системой регулирования, что обеспечивает более равномерное поступление воды в нижний бьеф.

Анализ гидрографов показывает существенное влияние регулирования на режим стока реки. Естественный сток демонстрирует значительную сезонную изменчивость: от минимальных значений в зимний период ($4 \text{ м}^3/\text{с}$) до максимальных во время летних паводков ($9170 \text{ м}^3/\text{с}$).

В отличие от него, зарегулированный сток характеризуется высокой стабильностью в течение всего года. Его колебания существенно меньше: от 253 до 2086 м³/с, что очень близко к среднегодовому расходу.

Особенно заметно выравнивание стока в результате регулирования. Повышение зарегулированного стока в мае-июне связано с завершением половодья и сбросом воды через водосливы плотины. При этом резкие колебания естественного стока успешно сглаживаются системой регулирования, что обеспечивает более равномерное поступление воды в нижний бьеф.

Таким образом, гидротехническое регулирование позволяет:

- Сгладить сезонные колебания стока,
- Обеспечить более равномерное водопотребление,
- Создать стабильный режим работы гидроэлектростанций,
- Предотвратить резкие перепады уровня воды,

Такой режим работы водохранилища особенно важен для бесперебойного энергоснабжения региона и поддержания судоходных условий на реке. На рисунке 4.2 показан ход изменения уровня воды в водохранилища в 2024 году.

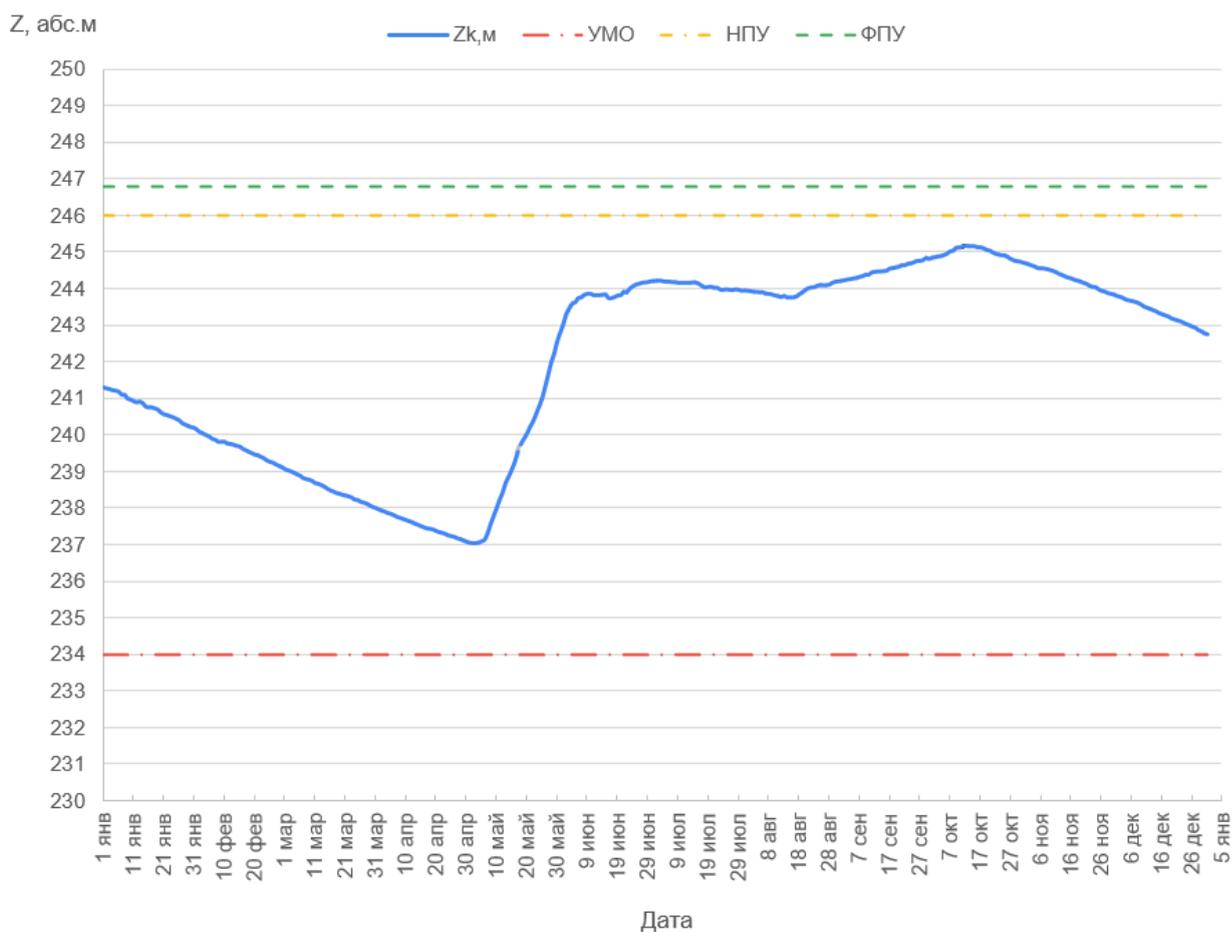


Рисунок 4.2 – Изменение уровня воды в водохранилище

На начало 2024 года уровень воды находился на отметке 241,29 м. при дальнейшей сработке уровень понизился до отметки 237,08 м 6 мая.

После 6 мая 2024 года началось наполнение водохранилища. Наибольший уровень был достигнут к 12 октября 245,16 м. При этом отметка НПУ 245,6 м не была достигнута.

Наиболее активный этап наполнения происходил в мае: с 7 по 30 число уровень воды увеличился с 237,08 до 244,19 метров, демонстрируя наиболее интенсивный рост.

В процессе наполнение происходили сброс воды через водосливы Расход через водосбросы с 5 по 23 мая на уровне 243,62 метра и в период с 16 по 19 июля на уровне 244,11 метра. Вероятнее всего это связано с промывкой водохранилища от накопленных взвешенных наносов и с судоходными целями для поднятия уровня воды на реке ниже водохранилища.

Период стабилизации начался 1 июня и продолжался до 8 августа, когда

показатели уровня воды удерживались около 244 метра. В этот временной промежуток, наблюдалась кратковременная повышение отдачи с 16-20 июля. Далее постепенный рост уровня до годового максимума 245,16 м. (12.10.2024 г.)

Процесс сработки водохранилища началась 12 октября и продолжался до окончания года. Уровень на конец года составил 242,74 м, что превышает значение на начала года. То есть в течение 2024 календарного года наполнение водохранилища увеличилось.

4.2 Изменение годового стока

Изменение годового стока реки Вилюй оценивалось в течение 2024 года. По водности естественный сток реки (приток) за календарный год имеют одну и ту же величину со среднегодовым расходом 847 м³/с. В сравнении со средним многолетним расходом $Q = 672 \text{ м}^3/\text{с}$ [10]. Результаты оценки годового стока за 2024 год представлены в таблице 4.1. При оценки обеспеченности водности притока за 2024 год использовалась кривая Крицкого-Менкеля, при $C_s/C_v=2$ и коэффициенте вариации $C_v=0.27$. [11] За 2024 год естественный сток имел модульный коэффициент 1,26 и обеспеченность 15%, показывает, что водность была выше среднего, но не явно выраженный многоводный год, в процессе регулирования водность уменьшилась и стала чуть выше среднего значения на 11% выше среднего и обеспеченность снизилась с 15% до 30%. Среднегодовой расход уменьшился на 90 м³/с и годовой объем стока уменьшился на $3090 \cdot 10^6 \text{ м}^3$, что пошло на наполнение водохранилища (таблица 4.1). Статистические параметры взяты из правил использования водных ресурсов Вилюйского водохранилища на реке Вилюй. [10]

Таблица 4.1 – Изменение годового стока реки Вилюй в створе плотины у поселка Чернышевский за 2024 год

| Характеристика стока | Естественный | Зарегулируемый | Изменение стока | |
|---|--------------|----------------|------------------------------|--------------|
| | | | Δ , м ³ /с | δ , % |
| Ср. годовой расход, $Q \text{ м}^3/\text{с}$ | 847 | 749 | -90 | 11,5% |
| Объем W , м ³ * 10 ⁶ | 26700 | 23600 | -3090 | 11,5% |
| Модульный коэффициент | 1,26 | 1,11 | | |
| Обеспеченность, Р % | 15% | 30% | | |

На рисунке 4.3 приведено сравнение изменений среднегодовых притоков и отдачи за 2024 календарный год.

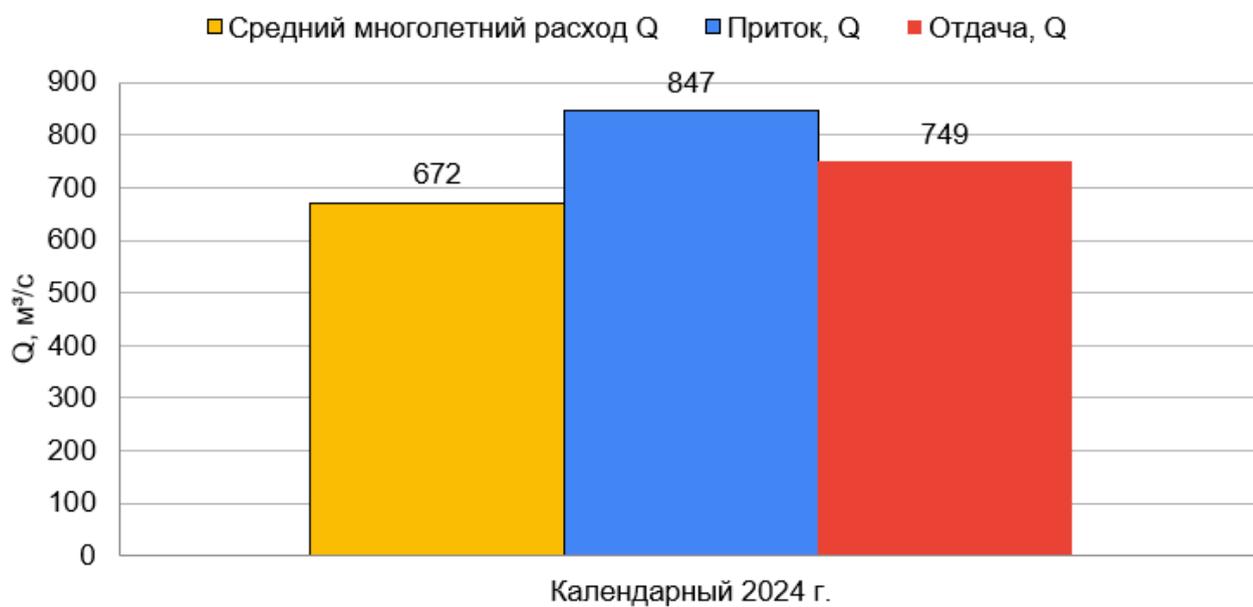


Рисунок 4.2 – Изменения годового стока за 2024 календарный год в створе Вилуйского водохранилища

4.3 Изменение внутригодового распределения стока

Изменение внутригодового распределения стока рассчитывалось путем определения доли объема стока и отдачи каждого месяца и сезона в процентном соотношении.

Характеристика естественного объема стока показала существенные различия стока по месяцам года. Сезон весна-лето (май-июнь) особенно май, становится пиком естественного стока, порядка 40% от общего объема стока за 2024 год (таблица 4.2). Это напрямую связано с сезонными паводками. За весь летний сезон формируется всего 66% общего притока воды от объема года (таблица 4.4).

В то же время зимний сезон (ноябрь-апрель) характеризуется минимальным объемом естественного стока. Декабрь-апрель демонстрирует рекордно низкий показатель меньше 1% в каждом месяце от годового объема, что типично для зимней межени (таблица 4.2). За весь холодный сезон формируется всего 2% общего притока воды от объема года (таблица 4.4).

Осенний сезон составил 32% от общего объема, что вполне соответствует для данного времени.

Таблица 4.2 – Изменение годового стока реки в створе водохранилища
в процентах от объема естественного стока

| месяц | Средний расход притока | Объем притока в месяц | Доля объема годового |
|----------|-------------------------------|---------------------------|----------------------|
| | $Q_{пр}, \text{м}^3/\text{с}$ | $W_{пр}, \text{млн. м}^3$ | стока притока, % |
| Январь | 14 | 36 | 0,14% |
| Февраль | 9 | 25 | 0,09% |
| Март | 8 | 21 | 0,08% |
| Апрель | 6 | 15 | 0,06% |
| Май | 4071 | 10700 | 40,2% |
| Июнь | 2618 | 6900 | 25,9% |
| Июль | 436 | 1150 | 4,3% |
| Август | 776 | 2040 | 7,7% |
| Сентябрь | 1097 | 2890 | 10,8% |
| Октябрь | 884 | 2324 | 8,7% |
| Ноябрь | 173 | 455 | 1,7% |
| Декабрь | 36 | 95 | 0,36% |
| Сумма | | 26700 | 100% |

Характеристика зарегулируемого объема стока:

- 1) Наименьший показатель приходится на май (5% от годового объема), сезон весна-лето составил 17% что является самым низким показателем.
- 2) Наибольший показатель наблюдается в июне (13% от годового объема).
- 3) Отличается равномерным и стабильным распределением водных ресурсов.
- 4) Отсутствует характерная для естественного стока резкая сезонность,
- 5) Пик объема пришлось на зимний сезон 55%, что говорит о том, что плотина вырабатывала электроэнергию для промышленности региона в холодный зимний период.

Таким образом, система регулирования позволяет сгладить естественные колебания стока, обеспечивая более равномерное распределение водных ресурсов в течение всего года (таблица 4.3 и таблица 4.4).

Результаты распределение можно посмотреть на диаграммах 4.3 и 4.4.

Таблица 4.3 – Изменение годового стока реки в створе водохранилища в процентах от объема зарегулируемого стока по месяцам

| месяц | Средний расход отдачи | Объем отдачи в месяц | Доля объема годового стока отдачи, % |
|----------|-------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------|
| | $Q_{отд}$, м ³ /с | $W_{отд}$, млн. м ³ | |
| Январь | 898 | 2362 | 10% |
| Февраль | 812 | 2136 | 9% |
| Март | 731 | 1923 | 8% |
| Апрель | 622 | 1636 | 7% |
| Май | 406 | 1068 | 5% |
| Июнь | 1169 | 3074 | 13% |
| Июль | 555 | 1460 | 6% |
| Август | 547 | 1439 | 6% |
| Сентябрь | 584 | 1536 | 6% |
| Октябрь | 827 | 2175 | 9% |
| Ноябрь | 957 | 2517 | 11% |
| Декабрь | 903 | 2375 | 10% |
| Сумма | 9011 | 23699 | 100% |

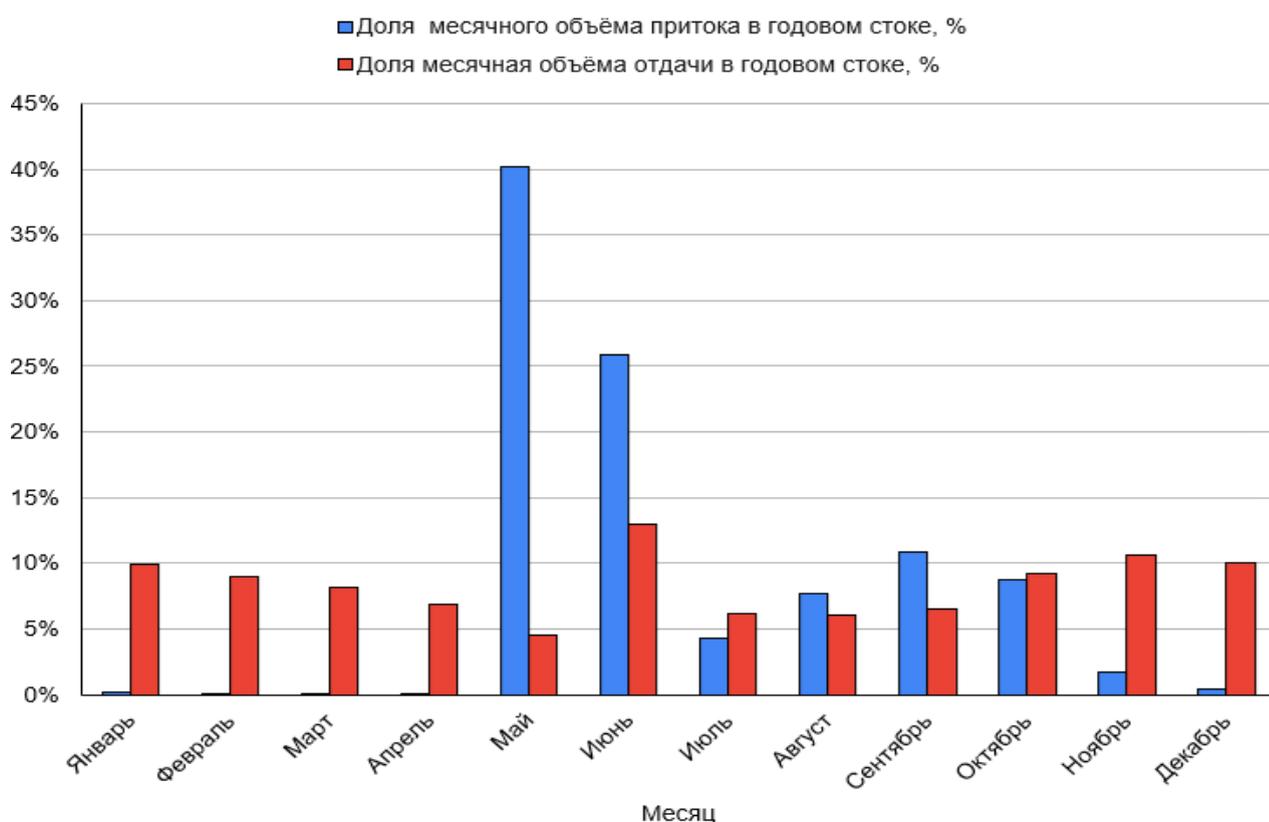


Рисунок 4.3 – Распределение годового стока реки по месяцам в створе водохранилища, в процентах от объема годового стока

Таблица 4.4 – Изменение годового стока реки в створе водохранилища в процентах от объема регулируемого стока по сезонам

| сезон | Объем $W_{\text{притока}}$, млн. м ³ | Доля объема годового стока притока, % | Объем $W_{\text{отдачи}}$, млн. м ³ | Доля объема годового стока отдачи, % |
|-----------------------|--|---------------------------------------|---|--------------------------------------|
| Весна-Лето (Май-Июнь) | 17600 | 66% | 4142 | 17% |
| Осень (Июль-Октябрь) | 8404 | 32% | 6609 | 28% |
| Зима (Ноябрь-Апрель) | 647 | 2% | 12947 | 55% |
| сумма | 26700 | 100% | 23700 | 100% |

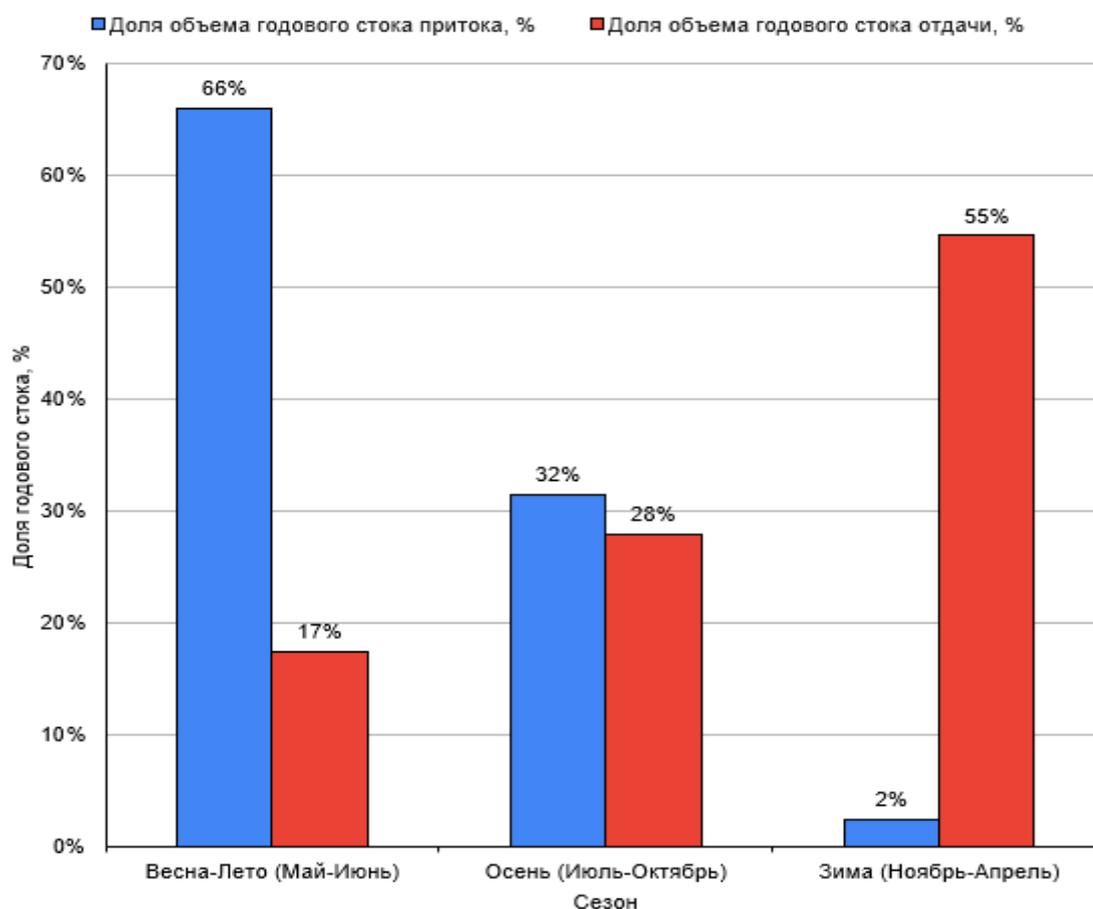


Рисунок 4.4 – Распределение годового стока реки в створе водохранилища по сезонам года

4.4 Изменение максимального стока

В весенне-летний период наблюдалось половодье (май-июнь), был зарегистрирован максимальный естественный сток 28 мая, составил 9170 м³/с. Зарегулируемый максимальный сток зарегистрирован 16 июня, составил 2090 м³/с. Была сделана оценка расчетной обеспеченности максимального расхода, для этого использовались параметры кривой обеспеченности максимальных расходов из правил использования водных ресурсов.[10] Средний многолетний максимальный расход равен 7740 м³/с, коэффициент вариации $C_v=0,31$, соотношение $C_s/C_v=3$.[11] Модульный коэффициент составил 1,18 и обеспеченность 25%. По максимальным естественным расходам данный год был на 18% более полноводным по отношению к среднему многолетнему показателю максимальных расходов. Благодаря регулированию стока, максимальный расход стал меньше на 77%, благодаря этому уменьшились амплитуды колебаний изменений стока в створе. Все данные представлены в таблице 4.5 и рисунке 4.5 и 4.6.

Таблица 4.5 – Изменение максимального суточного стока и максимального месячного за 2024 год

| Характеристика стока | Естественный | Зарегулируемый | Изменение стока | |
|--|--------------|----------------|------------------------------|--------------|
| | | | Δ , м ³ /с | δ , % |
| Q_{\max} · суточный м ³ /с | 9170 | 2090 | -7080 | 77% |
| Модульный коэффициент | 1,18 | - | - | - |
| Обеспеченность, P % | 25% | - | - | - |
| Объем макс. мес. Стока W , м ³ *10 ⁶ | 10700 | 4890 | -5810 | 54% |

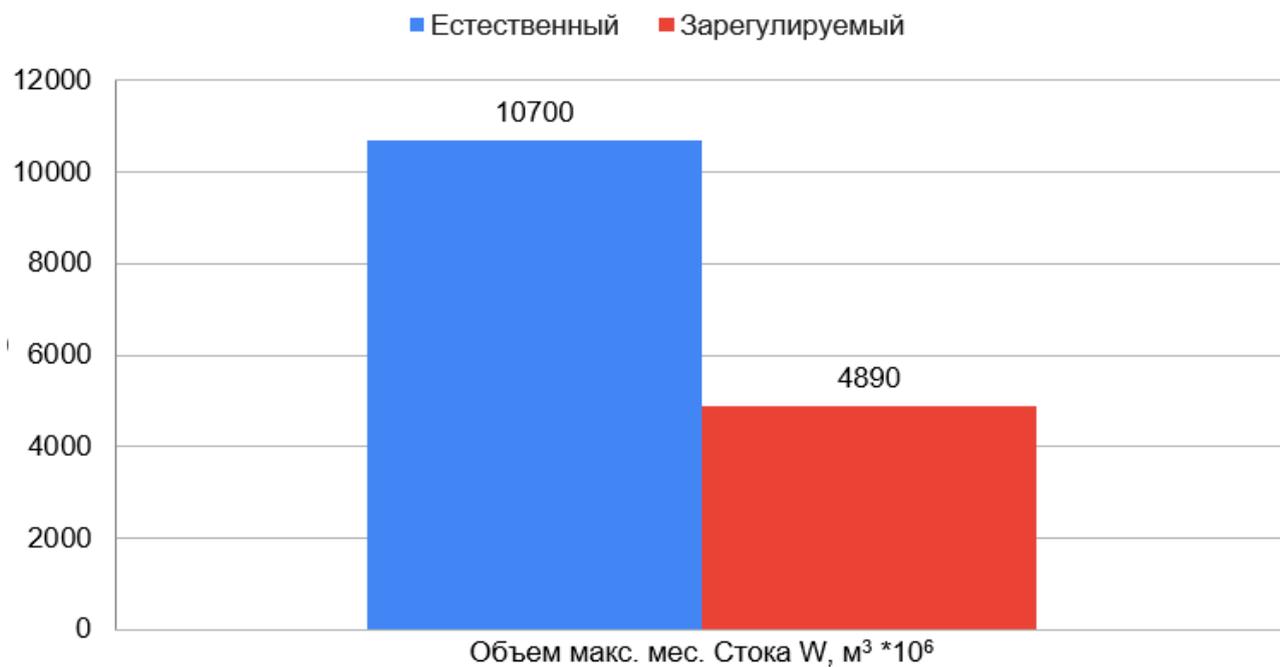


Рисунок 4.5 – Изменение максимального месячного объема стока за 2024

Г.

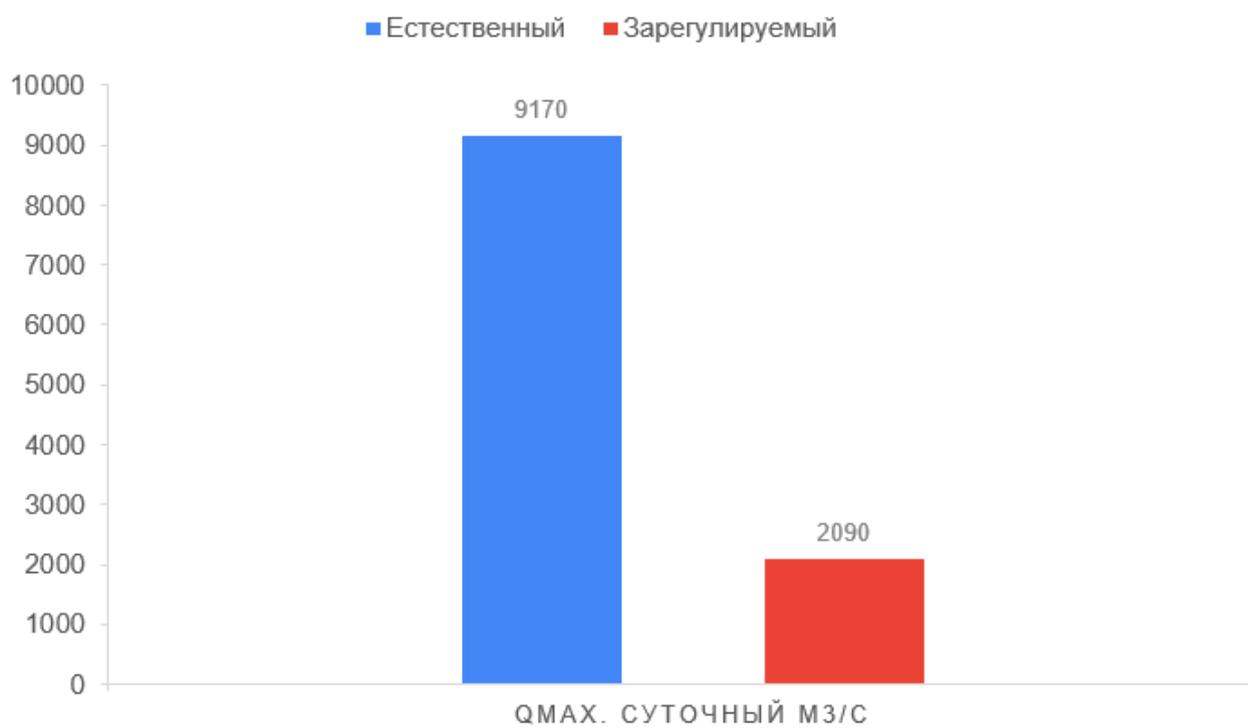


Рисунок 4.6 – Изменение максимального суточного расхода

4.5 Изменение минимального стока

Оценка обеспеченности минимальных среднемесячного и среднесуточного зимнего расхода естественного стока реки Виллой в створе водохранилища не была проведена из-за отсутствия статистических данных.

В результате регулирования минимальный среднемесячный приток $6 \text{ м}^3/\text{с}$ (апрель) был увеличен до $406 \text{ м}^3/\text{с}$ (май), а минимальный среднесуточный приток $4 \text{ м}^3/\text{с}$ (24-30 апреля) был увеличен до $253 \text{ м}^3/\text{с}$ (30 мая). (таблица 4.6).

Таблица 4.6 – Изменение минимального суточного и месячного стока в 2024 г.

| Характеристика стока | Естеств. | Зарегул. | Изменение стока | | |
|---|----------|----------|--------------------------------|---------------|---------------|
| | | | $\Delta, \text{ м}^3/\text{с}$ | Дата Естеств. | Дата Зарегул. |
| Q _{мин. суточный} $\text{м}^3/\text{с}$ | 4 | 253 | 249 | 24-30 апреля | 30 май |
| Q _{мин. месячный} $\text{м}^3/\text{с}$ | 6 | 406 | 400 | апрель | май |

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В 2024 году Вилюйское водохранилище продемонстрировало высокую эффективность в регулировании стока реки Вилюй. Естественный годовой расход составлял 847 м³/с, что соответствует обеспеченности годового стока P=15%. После зарегулирования среднегодовой расход уменьшился до 749 м³/с, что соответствует обеспеченности 30%. В естественных не зарегулированных условиях водность 2024 года превышает средний многолетний сток реки (672 м³/с).

Благодаря зарегулированию удалось достичь равномерного распределения воды на протяжении всего года. В период весеннего половодья и летних паводков, когда естественный приток воды был особенно большим, водохранилище активно накапливало водные ресурсы, снижая объем сброса. В зимний период, когда естественный сток минимален, водохранилище, напротив, высвобождало накопленные запасы воды обеспечивая стабильную работу промышленности региона путем снабжения электроэнергией и судоходства.

Особенно заметно влияние зарегулирования проявилось в показателях максимального стока. В естественных условиях максимальный среднесуточный расход достигал 9170 м³/с (обеспеченность 25%). Максимальный объем стока за месяц составлял 10700 млн. м³/с, в результате аккумуляции при наполнении водохранилища максимальный объем стока за месяц уменьшился до 4890 млн. м³/с то есть на половину.

В зимний лимитирующий по стоку сезон (с января по апрель) естественный условиях объем составлял 647 млн. м³/с, а в зарегулируемых условиях 12947 млн. м³/с.

В результате регулирования минимальный среднемесячный приток 6 м³/с (апрель) был увеличен до 406 м³/с (май), а минимальный среднесуточный приток 4 м³/с (24-30 апреля) был увеличен до 253 м³/с (30 мая).

Таким образом, система регулирования позволила существенно сгладить сезонные колебания стока реки Вилюй, обеспечив более

равномерное распределение водных ресурсов в течение года и повысить эффективность использования водных запасов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1) База метеорологических данных ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД»
<http://aisori.meteo.ru>
- 2) «Вода России» <http://water-rf.ru>
- 3) Государственный водный кадастр. Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши 1985 г. 4.1, Т.1 РСФСР, Вып. 16. Изд-во ВНИИГМИ-МЦД. - 455 с.
- 4) Государственный водный кадастр. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. Т.1, Вып. 16, Бассейны Лены Гидрометеиздат, 1987. - 595 с.
- 5) «Государственный водный реестр» <http://www.surbase.ru/water-base/>
- 6) Государственный водный кадастр. Ресурсы поверхностных вод СССР, Т. 17, Лено-Индигирский район. Гидрометеиздат, 1972. - 649 с.
- 7) Государственный водный кадастр. Основные гидрологические характеристики. Т. 17, Лено-Индигирский район. Гидрометеиздат. - 407 с.
- 8) ОАО «РусГидро» <http://www.lhp.rushydro.ru/company/objectsmap/>
- 9) РАО «Энергетические Системы Востока» <http://www.rao-esv.ru>
- 10) Статистические параметры взяты из правил использования водных ресурсов Вилюйского водохранилища на реке Вилюй.
- 11) Сикан А.В. Методы статистической обработки гидрометеорологической информации. Учебник. Специальность «Гидрология» направления подготовки «Гидрометеорология». – СПб.: изд. РГГМУ. 2007. – 279 с.
- 12) «Weather Spark» <https://ru.weatherspark.com>

ПРИЛОЖЕНИЕ

Таблица 4.7 – Исходные данные

| | Приток Qпр, м³/с | Отдача Qотд, м³/с | Отдача Qвз, м³/с | Zк м |
|------------|------------------|-------------------|------------------|--------|
| 01.01.2024 | 19 | 978 | 0 | 241,29 |
| 02.01.2024 | 19 | 913 | 0 | 241,26 |
| 03.01.2024 | 19 | 845 | 0 | 241,24 |
| 04.01.2024 | 19 | 983 | 0 | 241,21 |
| 05.01.2024 | 19 | 840 | 0 | 241,2 |
| 06.01.2024 | 18 | 815 | 0 | 241,17 |
| 07.01.2024 | 18 | 836 | 0 | 241,09 |
| 08.01.2024 | 18 | 1000 | 0 | 241,08 |
| 09.01.2024 | 17 | 976 | 0 | 240,98 |
| 10.01.2024 | 17 | 944 | 0 | 240,95 |
| 11.01.2024 | 16 | 963 | 0 | 240,91 |
| 12.01.2024 | 15 | 916 | 0 | 240,88 |
| 13.01.2024 | 15 | 859 | 0 | 240,9 |
| 14.01.2024 | 15 | 842 | 0 | 240,85 |
| 15.01.2024 | 15 | 846 | 0 | 240,76 |
| 16.01.2024 | 15 | 930 | 0 | 240,74 |
| 17.01.2024 | 14 | 864 | 0 | 240,74 |
| 18.01.2024 | 13 | 922 | 0 | 240,71 |
| 19.01.2024 | 13 | 896 | 0 | 240,68 |
| 20.01.2024 | 13 | 930 | 0 | 240,6 |
| 21.01.2024 | 12 | 1004 | 0 | 240,55 |
| 22.01.2024 | 11 | 958 | 0 | 240,53 |
| 23.01.2024 | 10 | 797 | 0 | 240,5 |
| 24.01.2024 | 10 | 754 | 0 | 240,47 |
| 25.01.2024 | 9 | 843 | 0 | 240,43 |
| 26.01.2024 | 9 | 889 | 0 | 240,39 |
| 27.01.2024 | 8 | 921 | 0 | 240,31 |
| 28.01.2024 | 8 | 902 | 0 | 240,27 |
| 29.01.2024 | 7 | 935 | 0 | 240,23 |
| 30.01.2024 | 7 | 999 | 0 | 240,2 |
| 31.01.2024 | 6 | 751 | 0 | 240,18 |
| 01.02.2024 | 6 | 801 | 0 | 240,12 |
| 02.02.2024 | 12 | 985 | 0 | 240,06 |
| 03.02.2024 | 11 | 1000 | 0 | 240,02 |
| 04.02.2024 | 11 | 995 | 0 | 239,98 |
| 05.02.2024 | 10 | 996 | 0 | 239,94 |
| 06.02.2024 | 9 | 856 | 0 | 239,88 |
| 07.02.2024 | 8 | 780 | 0 | 239,85 |
| 08.02.2024 | 8 | 683 | 0 | 239,8 |

| | Приток Qпр, м³/с | Отдача Qотд, м³/с | Отдача Qвз, м³/с | Zk м |
|------------|------------------|-------------------|------------------|--------|
| 09.02.2024 | 7 | 635 | 0 | 239,8 |
| 10.02.2024 | 7 | 746 | 0 | 239,8 |
| 11.02.2024 | 6 | 741 | 0 | 239,75 |
| 12.02.2024 | 6 | 732 | 0 | 239,74 |
| 13.02.2024 | 11 | 737 | 0 | 239,72 |
| 14.02.2024 | 11 | 727 | 0 | 239,69 |
| 15.02.2024 | 11 | 694 | 0 | 239,67 |
| 16.02.2024 | 11 | 736 | 0 | 239,61 |
| 17.02.2024 | 11 | 863 | 0 | 239,57 |
| 18.02.2024 | 11 | 848 | 0 | 239,53 |
| 19.02.2024 | 10 | 839 | 0 | 239,49 |
| 20.02.2024 | 9 | 838 | 0 | 239,45 |
| 21.02.2024 | 9 | 838 | 0 | 239,43 |
| 22.02.2024 | 10 | 787 | 0 | 239,39 |
| 23.02.2024 | 10 | 811 | 0 | 239,35 |
| 24.02.2024 | 10 | 809 | 0 | 239,29 |
| 25.02.2024 | 10 | 815 | 0 | 239,25 |
| 26.02.2024 | 9 | 816 | 0 | 239,23 |
| 27.02.2024 | 9 | 831 | 0 | 239,18 |
| 28.02.2024 | 9 | 809 | 0 | 239,14 |
| 29.02.2024 | 8 | 805 | 0 | 239,11 |
| 01.03.2024 | 8 | 775 | 0 | 239,05 |
| 02.03.2024 | 8 | 783 | 0 | 239,02 |
| 03.03.2024 | 8 | 810 | 0 | 238,99 |
| 04.03.2024 | 10 | 797 | 0 | 238,95 |
| 05.03.2024 | 10 | 781 | 0 | 238,91 |
| 06.03.2024 | 9 | 788 | 0 | 238,87 |
| 07.03.2024 | 9 | 732 | 0 | 238,81 |
| 08.03.2024 | 9 | 786 | 0 | 238,78 |
| 09.03.2024 | 9 | 812 | 0 | 238,76 |
| 10.03.2024 | 9 | 810 | 0 | 238,73 |
| 11.03.2024 | 8 | 785 | 0 | 238,67 |
| 12.03.2024 | 8 | 794 | 0 | 238,65 |
| 13.03.2024 | 8 | 770 | 0 | 238,62 |
| 14.03.2024 | 8 | 815 | 0 | 238,57 |
| 15.03.2024 | 8 | 776 | 0 | 238,52 |
| 16.03.2024 | 8 | 802 | 0 | 238,47 |
| 17.03.2024 | 8 | 790 | 0 | 238,44 |
| 18.03.2024 | 8 | 794 | 0 | 238,4 |
| 19.03.2024 | 8 | 756 | 0 | 238,38 |
| 20.03.2024 | 8 | 621 | 0 | 238,35 |
| 21.03.2024 | 7 | 489 | 0 | 238,33 |

| | Приток Qпр, м³/с | Отдача Qотд, м³/с | Отдача Qвз, м³/с | Zk м |
|------------|------------------|-------------------|------------------|--------|
| 22.03.2024 | 7 | 470 | 0 | 238,31 |
| 23.03.2024 | 7 | 541 | 0 | 238,28 |
| 24.03.2024 | 7 | 721 | 0 | 238,22 |
| 25.03.2024 | 7 | 701 | 0 | 238,21 |
| 26.03.2024 | 7 | 664 | 0 | 238,16 |
| 27.03.2024 | 7 | 638 | 0 | 238,14 |
| 28.03.2024 | 7 | 706 | 0 | 238,11 |
| 29.03.2024 | 7 | 694 | 0 | 238,06 |
| 30.03.2024 | 7 | 737 | 0 | 238,02 |
| 31.03.2024 | 7 | 709 | 0 | 237,99 |
| 01.04.2024 | 6 | 660 | 0 | 237,95 |
| 02.04.2024 | 7 | 676 | 0 | 237,92 |
| 03.04.2024 | 7 | 705 | 0 | 237,89 |
| 04.04.2024 | 7 | 618 | 0 | 237,85 |
| 05.04.2024 | 7 | 657 | 0 | 237,83 |
| 06.04.2024 | 7 | 720 | 0 | 237,79 |
| 07.04.2024 | 7 | 780 | 0 | 237,75 |
| 08.04.2024 | 7 | 764 | 0 | 237,72 |
| 09.04.2024 | 7 | 747 | 0 | 237,69 |
| 10.04.2024 | 7 | 555 | 0 | 237,66 |
| 11.04.2024 | 7 | 703 | 0 | 237,63 |
| 12.04.2024 | 6 | 634 | 0 | 237,6 |
| 13.04.2024 | 6 | 680 | 0 | 237,56 |
| 14.04.2024 | 6 | 628 | 0 | 237,53 |
| 15.04.2024 | 6 | 634 | 0 | 237,49 |
| 16.04.2024 | 5 | 523 | 0 | 237,46 |
| 17.04.2024 | 5 | 544 | 0 | 237,43 |
| 18.04.2024 | 5 | 574 | 0 | 237,42 |
| 19.04.2024 | 5 | 572 | 0 | 237,4 |
| 20.04.2024 | 5 | 566 | 0 | 237,36 |
| 21.04.2024 | 5 | 585 | 0 | 237,33 |
| 22.04.2024 | 5 | 611 | 0 | 237,31 |
| 23.04.2024 | 5 | 570 | 0 | 237,28 |
| 24.04.2024 | 4 | 622 | 0 | 237,24 |
| 25.04.2024 | 4 | 550 | 0 | 237,22 |
| 26.04.2024 | 4 | 561 | 0 | 237,2 |
| 27.04.2024 | 4 | 524 | 0 | 237,16 |
| 28.04.2024 | 4 | 534 | 0 | 237,14 |
| 29.04.2024 | 4 | 665 | 0 | 237,1 |
| 30.04.2024 | 4 | 500 | 0 | 237,07 |
| 01.05.2024 | 5 | 511 | 0 | 237,04 |
| 02.05.2024 | 5 | 515 | 0 | 237,03 |

| | Приток Qпр, м³/с | Отдача Qотд, м³/с | Отдача Qвз, м³/с | Zk м |
|------------|------------------|-------------------|------------------|--------|
| 03.05.2024 | 5 | 613 | 0 | 237,03 |
| 04.05.2024 | 5 | 642 | 0 | 237,04 |
| 05.05.2024 | 5 | 395 | 0 | 237,08 |
| 06.05.2024 | 846 | 421 | 0 | 237,12 |
| 07.05.2024 | 1715 | 401 | 0 | 237,3 |
| 08.05.2024 | 3102 | 380 | 0 | 237,55 |
| 09.05.2024 | 3920 | 355 | 0 | 237,77 |
| 10.05.2024 | 3920 | 392 | 0 | 237,99 |
| 11.05.2024 | 3920 | 342 | 0 | 238,22 |
| 12.05.2024 | 5150 | 342 | 0 | 238,42 |
| 13.05.2024 | 5150 | 345 | 0 | 238,68 |
| 14.05.2024 | 4080 | 349 | 0 | 238,85 |
| 15.05.2024 | 4080 | 350 | 0 | 239,04 |
| 16.05.2024 | 4670 | 378 | 0 | 239,25 |
| 17.05.2024 | 5750 | 391 | 0 | 239,52 |
| 18.05.2024 | 5750 | 415 | 0 | 239,73 |
| 19.05.2024 | 5850 | 453 | 0 | 239,88 |
| 20.05.2024 | 4420 | 417 | 0 | 240,02 |
| 21.05.2024 | 3760 | 440 | 0 | 240,2 |
| 22.05.2024 | 4230 | 468 | 0 | 240,35 |
| 23.05.2024 | 4530 | 406 | 0 | 240,55 |
| 24.05.2024 | 4800 | 432 | 0 | 240,76 |
| 25.05.2024 | 4800 | 305 | 0 | 240,98 |
| 26.05.2024 | 5870 | 337 | 0 | 241,29 |
| 27.05.2024 | 7580 | 352 | 0 | 241,62 |
| 28.05.2024 | 9170 | 401 | 0 | 241,96 |
| 29.05.2024 | 7390 | 384 | 0 | 242,21 |
| 30.05.2024 | 5860 | 253 | 0 | 242,54 |
| 31.05.2024 | 5860 | 405 | 0 | 242,78 |
| 01.06.2024 | 6900 | 415 | 0 | 243,01 |
| 02.06.2024 | 6710 | 538 | 0 | 243,29 |
| 03.06.2024 | 6470 | 499 | 0 | 243,45 |
| 04.06.2024 | 5640 | 493 | 0 | 243,58 |
| 05.06.2024 | 3380 | 741 | 247 | 243,62 |
| 06.06.2024 | 3560 | 1117 | 605 | 243,73 |
| 07.06.2024 | 2310 | 1128 | 609 | 243,75 |
| 08.06.2024 | 2310 | 1181 | 570 | 243,82 |
| 09.06.2024 | 2220 | 1183 | 611 | 243,85 |
| 10.06.2024 | 2000 | 1286 | 816 | 243,85 |
| 11.06.2024 | 1650 | 1610 | 1110 | 243,81 |
| 12.06.2024 | 1650 | 1556 | 1109 | 243,81 |
| 13.06.2024 | 1770 | 1557 | 1108 | 243,81 |

| | Приток Qпр, м³/с | Отдача Qотд, м³/с | Отдача Qвз, м³/с | Zk м |
|------------|------------------|-------------------|------------------|--------|
| 14.06.2024 | 1720 | 1635 | 1108 | 243,82 |
| 15.06.2024 | 1660 | 1618 | 1109 | 243,83 |
| 16.06.2024 | 1660 | 2086 | 1546 | 243,73 |
| 17.06.2024 | 1370 | 2031 | 1546 | 243,73 |
| 18.06.2024 | 1850 | 1970 | 1546 | 243,76 |
| 19.06.2024 | 2830 | 2001 | 1548 | 243,8 |
| 20.06.2024 | 3120 | 1954 | 1551 | 243,81 |
| 21.06.2024 | 2830 | 1965 | 1552 | 243,9 |
| 22.06.2024 | 2830 | 2027 | 1557 | 243,89 |
| 23.06.2024 | 1910 | 1358 | 866 | 243,99 |
| 24.06.2024 | 1910 | 506 | 0 | 244,05 |
| 25.06.2024 | 1710 | 468 | 0 | 244,1 |
| 26.06.2024 | 1350 | 455 | 0 | 244,12 |
| 27.06.2024 | 1340 | 421 | 0 | 244,15 |
| 28.06.2024 | 1320 | 415 | 0 | 244,16 |
| 29.06.2024 | 1280 | 442 | 0 | 244,17 |
| 30.06.2024 | 1280 | 420 | 0 | 244,19 |
| 01.07.2024 | 785 | 429 | 0 | 244,2 |
| 02.07.2024 | 588 | 400 | 0 | 244,2 |
| 03.07.2024 | 588 | 460 | 0 | 244,21 |
| 04.07.2024 | 527 | 608 | 0 | 244,19 |
| 05.07.2024 | 490 | 607 | 0 | 244,18 |
| 06.07.2024 | 490 | 440 | 0 | 244,18 |
| 07.07.2024 | 490 | 450 | 0 | 244,17 |
| 08.07.2024 | 444 | 434 | 0 | 244,17 |
| 09.07.2024 | 437 | 433 | 0 | 244,15 |
| 10.07.2024 | 407 | 405 | 0 | 244,15 |
| 11.07.2024 | 372 | 411 | 0 | 244,15 |
| 12.07.2024 | 338 | 323 | 0 | 244,15 |
| 13.07.2024 | 315 | 453 | 0 | 244,15 |
| 14.07.2024 | 511 | 464 | 0 | 244,16 |
| 15.07.2024 | 624 | 460 | 0 | 244,16 |
| 16.07.2024 | 662 | 894 | 424 | 244,11 |
| 17.07.2024 | 521 | 1555 | 1058 | 244,06 |
| 18.07.2024 | 521 | 1548 | 1058 | 244,02 |
| 19.07.2024 | 396 | 1094 | 639 | 244,04 |
| 20.07.2024 | 341 | 399 | 0 | 244,04 |
| 21.07.2024 | 341 | 390 | 0 | 244,01 |
| 22.07.2024 | 278 | 421 | 0 | 244,01 |
| 23.07.2024 | 304 | 437 | 0 | 243,96 |
| 24.07.2024 | 314 | 437 | 0 | 243,96 |
| 25.07.2024 | 295 | 439 | 0 | 243,97 |

| | Приток Qпр, м³/с | Отдача Qотд, м³/с | Отдача Qвз, м³/с | Zk м |
|------------|------------------|-------------------|------------------|--------|
| 26.07.2024 | 282 | 500 | 0 | 243,96 |
| 27.07.2024 | 282 | 460 | 0 | 243,95 |
| 28.07.2024 | 374 | 469 | 0 | 243,97 |
| 29.07.2024 | 374 | 491 | 0 | 243,96 |
| 30.07.2024 | 380 | 371 | 0 | 243,93 |
| 31.07.2024 | 439 | 534 | 0 | 243,94 |
| 01.08.2024 | 542 | 537 | 0 | 243,93 |
| 02.08.2024 | 538 | 550 | 0 | 243,92 |
| 03.08.2024 | 538 | 545 | 0 | 243,9 |
| 04.08.2024 | 382 | 545 | 0 | 243,9 |
| 05.08.2024 | 382 | 540 | 0 | 243,89 |
| 06.08.2024 | 335 | 529 | 0 | 243,89 |
| 07.08.2024 | 290 | 541 | 0 | 243,85 |
| 08.08.2024 | 257 | 538 | 0 | 243,85 |
| 09.08.2024 | 234 | 518 | 0 | 243,83 |
| 10.08.2024 | 212 | 531 | 0 | 243,8 |
| 11.08.2024 | 197 | 557 | 0 | 243,79 |
| 12.08.2024 | 187 | 558 | 0 | 243,76 |
| 13.08.2024 | 195 | 568 | 0 | 243,79 |
| 14.08.2024 | 208 | 561 | 0 | 243,75 |
| 15.08.2024 | 296 | 550 | 0 | 243,75 |
| 16.08.2024 | 486 | 441 | 0 | 243,75 |
| 17.08.2024 | 1520 | 543 | 0 | 243,77 |
| 18.08.2024 | 2139 | 535 | 0 | 243,83 |
| 19.08.2024 | 2143 | 548 | 0 | 243,88 |
| 20.08.2024 | 1858 | 505 | 0 | 243,95 |
| 21.08.2024 | 1632 | 531 | 0 | 244 |
| 22.08.2024 | 1295 | 502 | 0 | 244,02 |
| 23.08.2024 | 1074 | 560 | 0 | 244,03 |
| 24.08.2024 | 1074 | 565 | 0 | 244,07 |
| 25.08.2024 | 812 | 580 | 0 | 244,09 |
| 26.08.2024 | 745 | 572 | 0 | 244,08 |
| 27.08.2024 | 781 | 581 | 0 | 244,08 |
| 28.08.2024 | 880 | 603 | 0 | 244,1 |
| 29.08.2024 | 976 | 642 | 0 | 244,15 |
| 30.08.2024 | 941 | 547 | 0 | 244,18 |
| 31.08.2024 | 890 | 550 | 0 | 244,19 |
| 01.09.2024 | 890 | 565 | 0 | 244,2 |
| 02.09.2024 | 530 | 565 | 0 | 244,22 |
| 03.09.2024 | 800 | 575 | 0 | 244,24 |
| 04.09.2024 | 783 | 576 | 0 | 244,25 |
| 05.09.2024 | 863 | 535 | 0 | 244,27 |

| | Приток Qпр, м³/с | Отдача Qотд, м³/с | Отдача Qвз, м³/с | Zk м |
|------------|------------------|-------------------|------------------|--------|
| 06.09.2024 | 789 | 546 | 0 | 244,28 |
| 07.09.2024 | 1130 | 548 | 0 | 244,31 |
| 08.09.2024 | 1130 | 495 | 0 | 244,33 |
| 09.09.2024 | 1219 | 523 | 0 | 244,37 |
| 10.09.2024 | 1197 | 525 | 0 | 244,37 |
| 11.09.2024 | 1158 | 637 | 0 | 244,43 |
| 12.09.2024 | 1132 | 721 | 0 | 244,45 |
| 13.09.2024 | 1154 | 751 | 0 | 244,46 |
| 14.09.2024 | 1154 | 624 | 0 | 244,46 |
| 15.09.2024 | 1230 | 651 | 0 | 244,47 |
| 16.09.2024 | 1230 | 570 | 0 | 244,48 |
| 17.09.2024 | 1180 | 569 | 0 | 244,54 |
| 18.09.2024 | 1150 | 556 | 0 | 244,55 |
| 19.09.2024 | 1150 | 503 | 0 | 244,57 |
| 20.09.2024 | 1139 | 540 | 0 | 244,59 |
| 21.09.2024 | 1139 | 562 | 0 | 244,63 |
| 22.09.2024 | 1139 | 565 | 0 | 244,63 |
| 23.09.2024 | 1180 | 580 | 0 | 244,67 |
| 24.09.2024 | 1230 | 564 | 0 | 244,68 |
| 25.09.2024 | 1280 | 567 | 0 | 244,71 |
| 26.09.2024 | 1267 | 646 | 0 | 244,75 |
| 27.09.2024 | 1230 | 657 | 0 | 244,75 |
| 28.09.2024 | 1230 | 500 | 0 | 244,77 |
| 29.09.2024 | 1120 | 619 | 0 | 244,83 |
| 30.09.2024 | 1090 | 681 | 0 | 244,8 |
| 01.10.2024 | 1090 | 705 | 0 | 244,84 |
| 02.10.2024 | 1090 | 735 | 0 | 244,85 |
| 03.10.2024 | 1100 | 638 | 0 | 244,87 |
| 04.10.2024 | 1310 | 625 | 0 | 244,88 |
| 05.10.2024 | 1310 | 642 | 0 | 244,91 |
| 06.10.2024 | 1310 | 545 | 0 | 244,95 |
| 07.10.2024 | 1930 | 704 | 0 | 245,01 |
| 08.10.2024 | 1870 | 783 | 0 | 245,03 |
| 09.10.2024 | 1730 | 737 | 0 | 245,11 |
| 10.10.2024 | 1580 | 788 | 0 | 245,11 |
| 11.10.2024 | 1410 | 873 | 0 | 245,14 |
| 12.10.2024 | 1410 | 883 | 0 | 245,16 |
| 13.10.2024 | 1220 | 916 | 0 | 245,15 |
| 14.10.2024 | 946 | 779 | 0 | 245,15 |
| 15.10.2024 | 759 | 727 | 0 | 245,15 |
| 16.10.2024 | 568 | 808 | 0 | 245,12 |
| 17.10.2024 | 568 | 925 | 0 | 245,12 |

| | Приток Qпр, м³/с | Отдача Qотд, м³/с | Отдача Qвз, м³/с | Zk м |
|------------|------------------|-------------------|------------------|--------|
| 18.10.2024 | 563 | 937 | 0 | 245,09 |
| 19.10.2024 | 563 | 924 | 0 | 245,05 |
| 20.10.2024 | 563 | 950 | 0 | 245,03 |
| 21.10.2024 | 514 | 936 | 0 | 244,98 |
| 22.10.2024 | 491 | 969 | 0 | 244,94 |
| 23.10.2024 | 515 | 1031 | 0 | 244,92 |
| 24.10.2024 | 472 | 1009 | 0 | 244,9 |
| 25.10.2024 | 442 | 853 | 0 | 244,9 |
| 26.10.2024 | 411 | 925 | 0 | 244,85 |
| 27.10.2024 | 382 | 981 | 0 | 244,8 |
| 28.10.2024 | 353 | 1021 | 0 | 244,76 |
| 29.10.2024 | 329 | 794 | 0 | 244,74 |
| 30.10.2024 | 306 | 880 | 0 | 244,73 |
| 31.10.2024 | 291 | 615 | 0 | 244,7 |
| 01.11.2024 | 269 | 729 | 0 | 244,68 |
| 02.11.2024 | 240 | 925 | 0 | 244,65 |
| 03.11.2024 | 235 | 987 | 0 | 244,62 |
| 04.11.2024 | 230 | 997 | 0 | 244,59 |
| 05.11.2024 | 225 | 943 | 0 | 244,55 |
| 06.11.2024 | 225 | 950 | 0 | 244,55 |
| 07.11.2024 | 215 | 965 | 0 | 244,54 |
| 08.11.2024 | 215 | 960 | 0 | 244,52 |
| 09.11.2024 | 205 | 940 | 0 | 244,5 |
| 10.11.2024 | 205 | 1000 | 0 | 244,47 |
| 11.11.2024 | 200 | 1011 | 0 | 244,44 |
| 12.11.2024 | 195 | 1055 | 0 | 244,39 |
| 13.11.2024 | 190 | 1045 | 0 | 244,36 |
| 14.11.2024 | 185 | 1041 | 0 | 244,32 |
| 15.11.2024 | 180 | 1038 | 0 | 244,29 |
| 16.11.2024 | 180 | 995 | 0 | 244,27 |
| 17.11.2024 | 178 | 930 | 0 | 244,23 |
| 18.11.2024 | 170 | 1005 | 0 | 244,21 |
| 19.11.2024 | 165 | 931 | 0 | 244,18 |
| 20.11.2024 | 160 | 893 | 0 | 244,15 |
| 21.11.2024 | 155 | 1003 | 0 | 244,12 |
| 22.11.2024 | 150 | 840 | 0 | 244,07 |
| 23.11.2024 | 145 | 908 | 0 | 244,04 |
| 24.11.2024 | 145 | 964 | 0 | 244,03 |
| 25.11.2024 | 140 | 1009 | 0 | 243,97 |
| 26.11.2024 | 83 | 1027 | 0 | 243,93 |
| 27.11.2024 | 80 | 914 | 0 | 243,91 |
| 28.11.2024 | 78 | 910 | 0 | 243,87 |

| | Приток Qпр, м³/с | Отдача Qотд, м³/с | Отдача Qвз, м³/с | Zk м |
|------------|------------------|-------------------|------------------|--------|
| 29.11.2024 | 76 | 870 | 0 | 243,85 |
| 30.11.2024 | 74 | 928 | 0 | 243,83 |
| 01.12.2024 | 72 | 968 | 0 | 243,79 |
| 02.12.2024 | 70 | 797 | 0 | 243,77 |
| 03.12.2024 | 55 | 793 | 0 | 243,74 |
| 04.12.2024 | 52 | 811 | 0 | 243,69 |
| 05.12.2024 | 50 | 860 | 0 | 243,67 |
| 06.12.2024 | 48 | 760 | 0 | 243,65 |
| 07.12.2024 | 46 | 759 | 0 | 243,63 |
| 08.12.2024 | 46 | 760 | 0 | 243,6 |
| 09.12.2024 | 43 | 781 | 0 | 243,56 |
| 10.12.2024 | 41 | 1091 | 0 | 243,5 |
| 11.12.2024 | 41 | 1040 | 0 | 243,47 |
| 12.12.2024 | 40 | 867 | 0 | 243,44 |
| 13.12.2024 | 38 | 871 | 0 | 243,4 |
| 14.12.2024 | 38 | 945 | 0 | 243,37 |
| 15.12.2024 | 36 | 941 | 0 | 243,32 |
| 16.12.2024 | 34 | 1031 | 0 | 243,29 |
| 17.12.2024 | 32 | 985 | 0 | 243,26 |
| 18.12.2024 | 31 | 965 | 0 | 243,23 |
| 19.12.2024 | 30 | 1005 | 0 | 243,18 |
| 20.12.2024 | 29 | 789 | 0 | 243,15 |
| 21.12.2024 | 28 | 774 | 0 | 243,12 |
| 22.12.2024 | 28 | 740 | 0 | 243,1 |
| 23.12.2024 | 26 | 876 | 0 | 243,06 |
| 24.12.2024 | 25 | 919 | 0 | 243,02 |
| 25.12.2024 | 24 | 944 | 0 | 242,99 |
| 26.12.2024 | 23 | 991 | 0 | 242,95 |
| 27.12.2024 | 22 | 963 | 0 | 242,92 |
| 28.12.2024 | 21 | 900 | 0 | 242,86 |
| 29.12.2024 | 20 | 997 | 0 | 242,82 |
| 30.12.2024 | 20 | 1025 | 0 | 242,77 |
| 31.12.2024 | 19 | 1039 | 0 | 242,74 |