

5. Евсегнеев, О. (17 02 2016 г.). Ардуино: датчик давления BMP180 (BMP085) [Электронный ресурс]. Режим доступа: ROBOTCLASS: <http://robotclass.ru/tutorials/arduino-pressure-sensor-bmp180-bmp085/>
6. У. Соммер. (2012). "Программирование микроконтроллерных плат Arduino/Freeduino. СПб: БХВ-Петербург.

## РАЗДЕЛ 7. ВОПРОСЫ ФИЗИЧЕСКОЙ ГЕОГРАФИИ В РЕШЕНИИ ПРОБЛЕМ ОХРАНЫ ПРИРОДЫ

УДК 556.5

### ТРАНСФОРМАЦИЯ ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО РЕЖИМА РЕК В УСЛОВИЯХ ГИДРОТЕХНИЧЕСКОГО СТРОИТЕЛЬСТВА (НА ПРИМЕРЕ Р. ЮРГА)

### TRANSFORMATION ON THE HYDROLOGICAL REGIME OF RIVERS IN THE CONDITIONS OF HYDROTECHNICAL CONSTRUCTION (ON THE EXAMPLE OF THE RIVER YURGA)

*Артем Евгеньевич Вахнин, студент направления бакалавриата Гидрометеорология,  
Тюменский государственный университет, Тюмень, Российская Федерация  
Artemkavah@icloud.com*

*Лариса Владимировна Переладова, кандидат географических наук, кафедра физической  
географии и экологии, Тюменский государственный университет, Тюмень, Российская  
Федерация  
Lora-geograf@mail.ru*

*Artem E. Vakhnin, Tyumen State University, Tyumen, Tyumen region, Russian Federation  
Artemkavah@icloud.com*

*Larisa V. Pereladova, Tyumen State University, Tyumen, Tyumen region, Russian Federation  
Lora-geograf@mail.ru*

#### **Аннотация**

Произведено сравнение основных характеристик р. Юрга до и после гидротехнического строительства, изучено влияние строительства плотины и образования водохранилища на гидрологический режим реки Юрга.

#### **Abstract**

Comparison of the main characteristics of р. Yurga, before and after hydrotechnical construction, studied the effect of dam construction and formation of a reservoir on the hydrological regime of the Yurga River.

**Ключевые слова:** плотина, скорость течения, гидрологический режим, водохранилище, верхний бьеф, нижний бьеф, трансформация, морфология, морфометрия, русло

**Key words:** dam, flow rate, hydrological regime, reservoir, upstream, downstream, transformation, morphology, morphometry, channel

Создание гидротехнических сооружений на реках вносит большие изменения в их естественный режим. Претерпевают серьезные изменения все составляющие морфологии, морфометрии и режима реки, что в свою очередь оказывает влияние на различные компоненты природы и ведение хозяйственной деятельности человека. Кроме того, проблема трансформации гидрологического режима малых рек в условиях гидротехнического строительства до настоящего времени остается малоизученной, а для р. Юрга – не изученной вовсе. Поэтому актуальность темы исследования очевидна.

**Постановка задачи.** Цель исследования – изучить влияние гидротехнического сооружения на режимные характеристики р. Юрга

Задачи исследования:

1. Определить особенности формирования естественного гидрологического режима р. Юрга;

2. Выявить и оценить степень трансформации морфологических, морфометрических, гидрологических характеристик р. Юрга в условиях гидротехнического строительства

Объект исследования: река Юрга и ее бассейн.

Предмет исследования: трансформация гидрологических характеристик р. Юрга

**Методология.** В ходе исследования объекта использованы методики, опубликованные в [1]. В основу оценки трансформации гидрологических характеристик реки и ее бассейна положены топографические материалы масштаба 1:1000000.

**Результаты.** На реке Юрга в с. Юргинское сооружена плотина инженерного типа через всю долину реки (рис. 1). Длина ее 250 метров, длина водохранилища (пруда) 4 км, максимальная ширина 1 км. Слив осуществляется через трубу с гасителем энергии и через водопропускное сооружение. [2]



Рисунок 1 - Водохранилище на р. Юрга в с. Юргинское и пункты наблюдения  
(<https://www.sas.com/ru>)

△ - пункты наблюдения:

1 – с. Володино; 2 – Верхний бьеф водохранилища; 3 – Нижний бьеф водохранилища; 4 – д. Бучиха.

С помощью топографической карты масштаба 1:10000 (2015) определены: отметка уреза реки Юрга перед с. Юргинское – 108 метров и отметка уреза р. Юрга (водохранилища) вблизи гидротехнического сооружения (плотины) – 106 метров. Построение продольного профиля водохранилища (рис. 2) позволило сделать вывод о том, что после строительства плотины и образования водохранилища, на данном участке реки в пределах с. Юргинское уклон поверхности дна стал более пологим. С помощью топографической карты 1971 года издания установлено, что до начала строительства плотины отметки рельефа дна на участках реки перед с. Юргинское и у плотины

составляли 107 метров и 104,5 метра. За 43 года существования водохранилища накопился слой донных отложений от 1,3 метра в верхней части водоема до 1,7 метра - в приплотинной. Согласно проведенным расчетам, толщина слоя донных отложений увеличивалась приблизительно на 3 см ежегодно на участке реки перед с. Юргинское и на 4,1 см на участке у плотины, что объясняется снижением скорости течения в пруду, вследствие чего донная эрозия, ведущая к углублению русла реки и выработка профиля р. Юрга замедлились, а накопление донных отложений увеличилось.

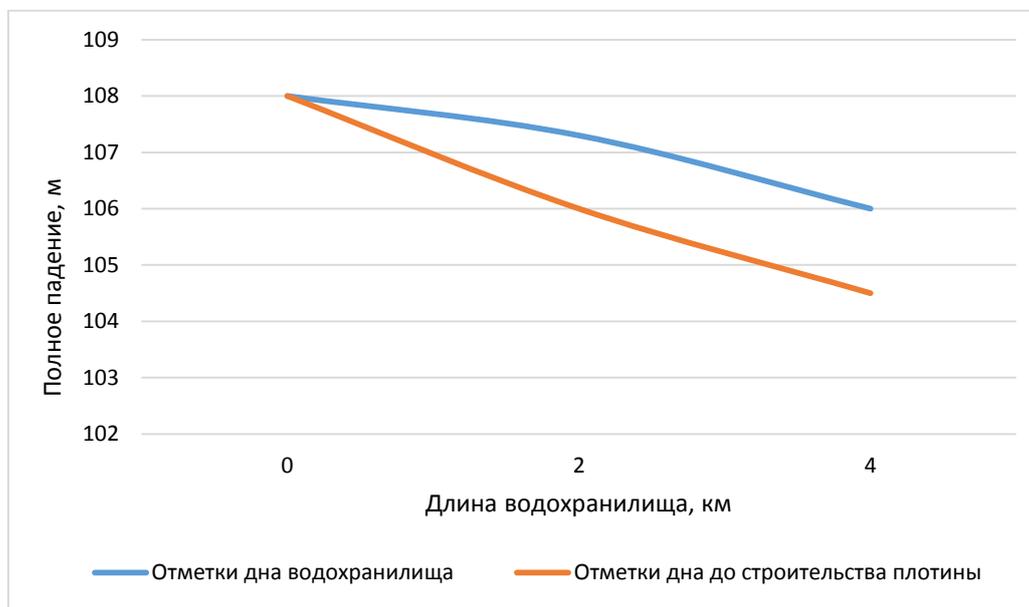


Рисунок 2 - Продольный профиль р. Юрга до строительства плотины и водохранилища (с. Юргинское)

В ходе исследования произведен расчет основных морфометрических характеристик водохранилища (таблица 1).

Таблица 1 - Основные морфометрические характеристики водохранилища на р. Юрга

Морфометрическая характеристика водохранилища	Значение
Длина водохранилища, м	4000
Ширина максимальная, м	1000
Ширина средняя, м	700
Глубина максимальная, м	4
Глубина средняя, м	2,7

С целью оценки степени изменения морфометрии реки после возведения плотины, приведена таблица 2, где указаны количественные характеристики р. Юрга до и после ее строительства.

Таблица 2 - Основные морфометрические характеристики р. Юрга до и после создания водохранилища

Морфометрическая характеристика	Р. Юрга до создания вдхр.	Р. Юрга после создания вдхр	Изменение характеристик, %
Ширина максимальная, м	20	1000	5000 (50 раз)
Ширина средняя, м	10,5	700	6000 (60 раз)
Глубина максимальная, м	2,5	4	160 (1,6 раза)
Глубина средняя, м	1,13	2,5	220 (2,2 раза)

Строительство плотины отразилось на трансформации динамических показателей р. Юрга. За пределами с. Юргинское р. Юрга имеет скорость течения в среднем 0,15 м/с.

Несколько большие значения наблюдаются в верхнем течении реки (0,3 м/с), до с. Юргинское, где естественный уклон поверхности большой, чем в среднем и нижнем течении. В самом водохранилище движение воды практически отсутствует, благодаря чему происходит активизация процесса осадконакопления на дне. В период половодья в верхнем бьефе в районе примыкания водохранилища к плотине и к водоспуску происходит резкое увеличение скорости течения из-за сброса воды, что влияет на увеличение скорости течения реки в нижнем бьефе. В периоды с низким уровнем воды, течение в верхнем бьефе практически полностью отсутствует. В нижнем бьефе из-за отсутствия притока нередко наблюдаются пересыхание русла на некоторых участках.

Наиболее характерной чертой трансформации водного режима реки под влиянием водохранилища является уменьшение максимальных расходов и увеличение водности реки в маловодный период, что приводит к снижению внутригодовой неравномерности стока. На рисунке 3 представлен график средних многолетних расходов воды в р. Юрга за период наблюдений с 1947 по 1956 годы (до строительства плотины).

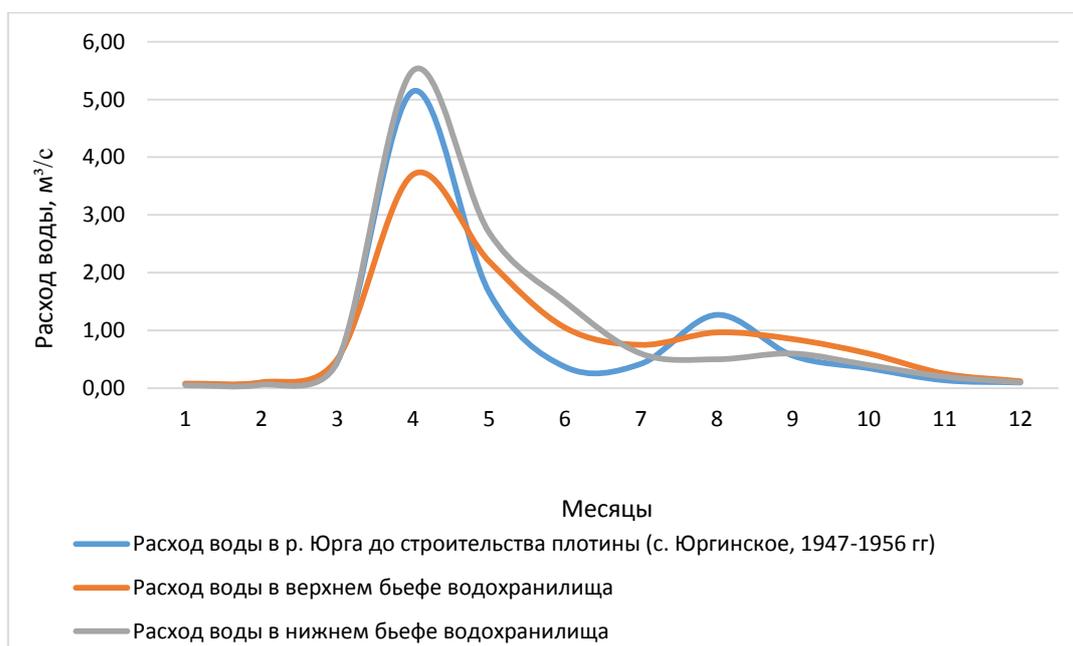


Рисунок 3 - Гидрограф р. Юрга в створе с. Юргинское до строительства плотины и расход воды в бьефах водохранилища

До строительства плотины период половодья, которое длилось около 2-х месяцев (рис. 3), характеризовался резким подъемом и спадом расходов воды, низкой летней меженью и хорошо различимым периодом паводков. После создания плотины, в верхнем бьефе водохранилища сток воды в половодье снизился, носит сглаженный характер, половодье продолжается более 2-х месяцев. Межень летнего и зимнего периодов, напротив, характеризуется здесь повышенным стоком, а период паводков, как и половодья, представлен участком сглаженной кривой. В нижнем бьефе, ввиду слива воды с акватории водохранилища, гидрограф характеризуется высокими значениями стока. Однако, снижение расходов воды происходит постепенно и продолжается вплоть до начала июля, а период летне-осенних паводков трансформируется и на гидрографе представлен небольшим поднятием со смещением пика стока с августа на сентябрь.

Тепловой режим водохранилищ формируется как под влиянием поступлений и потерь тепла водой, так и ветрового динамического и свободно-конвективного перемешивания. На тепловой режим оказывают влияние и морфометрические характеристики водного объекта. Анализ термического режима водохранилища показал, что из-за практически полного отсутствия течения, малой проточности, большой площади водной поверхности и большого объема воды в верхнем бьефе, температура поверхности воды в водохранилище в с. Юргинское летом в среднем на 3-4 градуса выше, чем у р.

Юрга за пределами с. Юргинское. (рис. 4). Причем, в остальные сезоны года эта разница менее существенна: в зимний период температуры воды на поверхности водоема и р. Юрга одинаковые, т. к. из-за мощного ледового покрова на температуру воды не оказывают воздействие атмосферные процессы и явления. В период половодья из-за особенностей ледовых процессов и их продолжительности, разница в температурах начинает увеличиваться. Это происходит из-за воздействия такого явления как турбулентное перемешивание, которое охлаждает воду у поверхности из-за поступления холодных глубинных вод (особенно в р. Юрга). Благодаря данному явлению и разной скорости течения, которая также влияет на температуру воды (чем она больше, тем ниже температура воды) к лету разница в значении температур водохранилища и р. Юрга увеличивается и достигает своего максимального значения. Осенью с увеличением количества осадков и понижением температуры воздуха, температура воды начинает снижаться, что способствует уменьшению разницы в температурах воды между исследуемыми объектами.

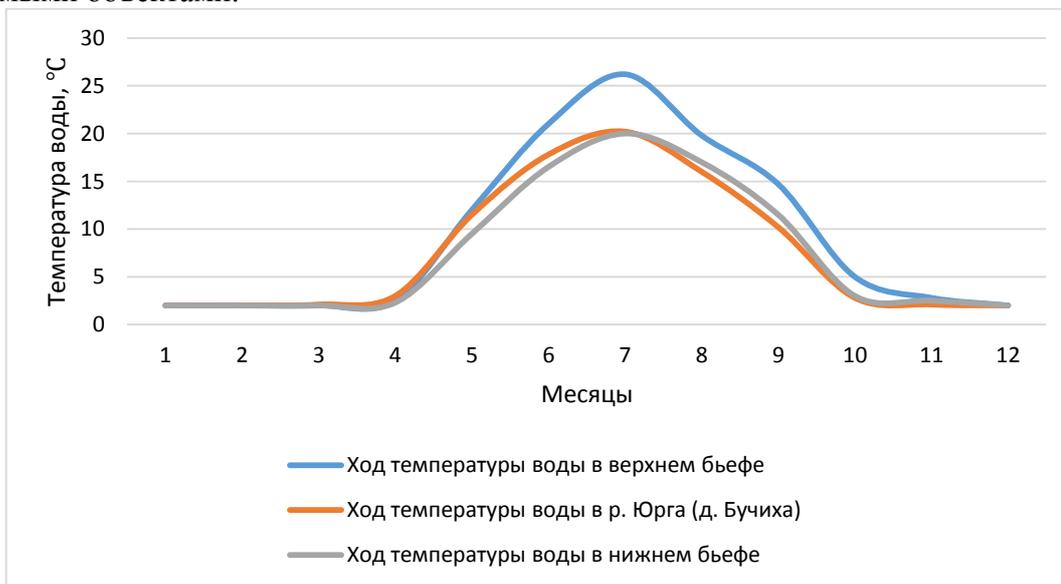


Рисунок 4 - График изменения среднемесячных температур воды в р. Юрга и в бьефах водохранилища за 2016 год (по данным [3])

По акватории водохранилища температуры воды распределены следующим образом: в теплое время года наивысшие значения наблюдаются в прибрежных зонах на мелководье и в зоне мертвого пространства. Наиболее низкие температуры отмечаются в центральной глубоководной части водоема, где течение р. Юрга оказывает охлаждающий эффект. Значения температур отличаются на 2-3°C. Зимой наблюдается следующая ситуация: в мелководных прибрежных частях водоема происходит промерзание до самого дна, поэтому температура воды (льда) – отрицательная. В центральной части вода имеет температуру +2,5 °C, уменьшаясь к поверхности до 0 °C и увеличиваясь до +4 °C у дна.

Физико-географические условия территории исследования определяют достаточно большую (около 6 месяцев) продолжительность ледовых явлений на р. Юрга. До создания водохранилища первичные формы льда сохранялись на реке непродолжительное время, быстро формируя ледяной покров. В настоящее время, из-за увеличения площади зеркала, этот процесс длится на 3 дня дольше. Изменение морфометрии русла реки видоизменило весенние ледовые процессы. После создания водохранилища процесс ледохода проявляется в большей степени и стал продолжительнее на 2 суток. Изменение гидравлических и морфологических характеристик на участке реки с водохранилищем оказало влияние на развитие процессов замерзания и вскрытия р. Юрга, а также на сроки и продолжительность ледовых явлений (таблица 3).

Таблица 3 - Даты начала осенних и весенних ледовых процессов на р. Юрга – с. Володино и в верхнем бьефе водохранилища (по данным [3])

Участок реки/ледовые явления	Р. Юрга	Верхний бьеф водохранилища
Осенние ледовые явления	3-я декада октября (30.10)	1-я декада ноября (01.11)
Начало ледостава	2-я декада ноября (15.11)	3-я декада ноября (23.11)
Весенние ледовые явления	2-я декада апреля (15.04)	3-я декада апреля (24.04)
Начало периода чистого русла	3-я декада апреля (20.04)	1-я декада мая (01.05)

Формирование ледяного покрова на р. Юрга происходит за счет льда, поступающего с верхних участков большой протяженности. После зарегулирования стока длина участков ледообразования сократилась в несколько раз и ледяной покров образуется только за счет льда, находящегося в пределах акватории водохранилища. Вследствие выше указанных особенностей формирования ледостава на водохранилище, ледовые процессы и ледостав наступают в среднем на 10 суток позже, чем на р. Юрга за пределами с. Юргинское.

Весенние ледовые процессы в водохранилище запаздывают по сравнению с р. Юрга выше с. Юргинское в среднем на 9-10 дней. Здесь на разрушение льда практически не оказывает влияние течение реки. Сказывается факт большей площади ледяного покрова и большая его толщина в сравнении с другими участками р. Юрга. В отдельные годы на реке наблюдаются заторы, которые носят ограниченный характер.

Важным геоморфологическим процессом, характерным для водохранилища, является переработка его берегов. Из-за малой скорости течения сток взвешенных наносов в р. Юрга практически не выражен. Преобладающим стоком наносов является сток взвешенных наносов. В районе д. Бучиха сток взвешенных наносов составляет 0,16 кг/с. [2] Сток взвешенных наносов наблюдается непосредственно в центральной части водохранилища, где есть течение. На остальных его участках этот процесс никак не проявляется. Здесь происходит интенсивное осадконакопление, приводящее к заилению и подъему уровня дна. В нижнем бьефе сток наносов имеет сезонный характер: в половодье сток наносов максимален и составляет 0,35 кг/с. В остальные сезоны года, когда течение отсутствует, происходит осаждение наносов на дне. На рисунке 5 приведен график стока наносов для р. Юрга до момента регулирования (1947-1956 гг.), а также в верхнем и нижнем бьефе водохранилища.

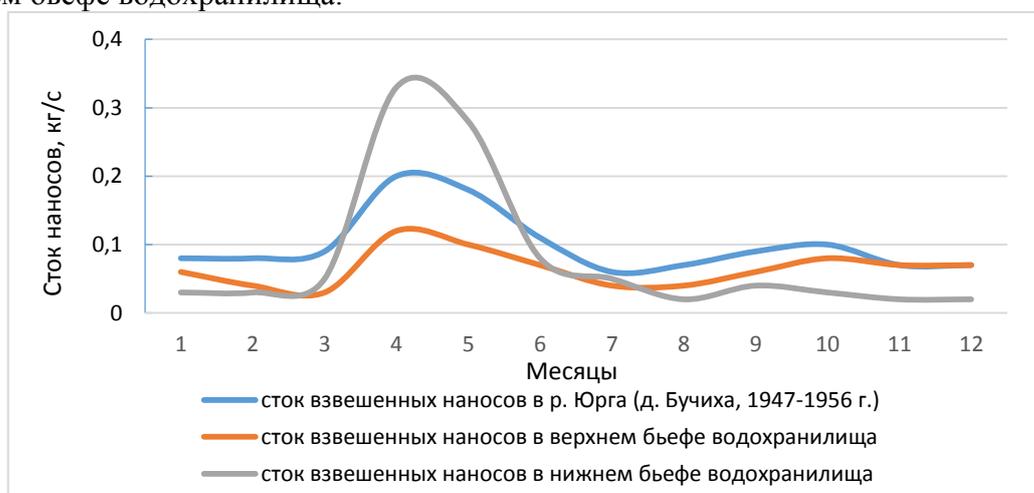


Рисунок 5 - Сток наносов на разных участках р. Юрга (по данным [2])

Как видно (рис. 5), сток наносов в верхнем бьефе меньше на 30%, чем был в р. Юрга до строительства водохранилища, чего нельзя сказать о режиме стока наносов в

нижнем бьефе. Из-за слива воды из верхнего бьефа весной и в период паводков сток наносов резко увеличивается и становится больше, чем в р. Юрга на 0,15 кг/с, что на 75% выше, чем в реке до строительства плотины на ней.

Анализ данных, приведенных в [3], показал, что физические и химические свойства воды в р. Юрга после создания плотины претерпели незначительные изменения. Прозрачность воды в водохранилище несколько выше, чем в реке, что объясняется малой скоростью течения, вследствие чего взвешенные наносы оседают и прозрачность воды возрастает. Тем не менее, в верхнем и нижнем бьефах показатели различаются на 0,1 метра, т. к. в нижнем бьефе наблюдается усиление динамических характеристик потока, вызывающих взмучивание воды и уменьшение прозрачности. Выявлены небольшие различия в минерализации воды р. Юрга и верхнего бьефа водохранилища, что связано с большей скоростью течения воды в реке, благодаря чему в реку поступают органические и минеральные вещества со дна и берегов. При попадании вод в водохранилище в верхнем бьефе показатель снижается из-за снижения скорости течения и минимизации процесса поступления органических и минеральных компонентов с прибрежной и придонной частей водоема, а при подходе к нижнему бьефу минерализация вод вновь приобретает первоначальные значения, т. к. динамические показатели р. Юрга восстанавливаются и становятся близкими к тем, что наблюдались в верхнем течении до водохранилища. Показатель цветности воды выше в водохранилище по причине застойного режима, который способствует накоплению и развитию органики. Однако, в нижнем бьефе она вновь приобретает первоначальные показатели из-за резкой смены динамических условий водоема, которые создают условия, неблагоприятные для бурного развития и накопления органики.

В р. Юрга и ее притоках до гидротехнического строительства обитало множество видов бентоса: хирономиды, ручейники, мокрецы, жуки и т. д. В толще воды хорошо был развит планктон. В составе ихтиофауны присутствовали – плотва, окунь, карась, лещ, пескарь. В первые годы наполнения водохранилища произошло наибольшее пополнение его вод органическими веществами в результате разложения попавшего в зону затопления растительного покрова, а также почв поймы реки. В этот период наблюдалось массовое «цветение» воды (развитие микроскопических сине-зеленых водорослей, которые днем пересыщают воду кислородом, а ночью вызывают его дефицит, что нередко приводит к гибели рыб и других водных животных). Процесс имеет место и в настоящее время, но в меньших масштабах. Сейчас в водохранилище обитает множество видов низших организмов: бентос (хирономиды, ручейники, жуки и т. д.); моллюски, черви (олигохеты, пиявки); планктон (личинки насекомых). Их активному развитию способствует стоячий режим воды. Ихтиофауна в водохранилище сформировалась естественным путем и представлена следующими видами: щука (единичные экземпляры), окунь, карась, плотва, ротан. В конце 20 века в водоеме встречались вселенцы (акклиматизаторы) – карп, пелядь, толстолобик, белый амур. В настоящее время из-за активной рыбалки и загрязнения водоема перечисленные виды исчезли. В 2013 году из-за сильного летнего цветения водохранилища, произошел крупнейший замор рыбы за все время существования водоема.

**Практическая значимость.** Материалы и данные, полученные в ходе проведенного исследования, могут быть полезны организациям и предприятиям, осуществляющим инженерные изыскания для строительства объектов на малых зарегулированных реках юга Тюменской области и на р. Юрга, в частности. Собранные и обработанные данные о гидрологическом режиме р. Юрга и степени его трансформации могут так же представлять интерес для водопользователей.

В ходе проведенного исследования достигнута цель, решены поставленные задачи и сделаны следующие выводы:

Анализ опубликованных научных и справочных материалов показал отсутствие исследований по вопросу трансформации гидрологического режима малых рек Тюменской области под влиянием гидротехнического строительства.

В качестве объекта исследования по заявленной проблеме выбрана р. Юрга – правый приток р. Тобол, который протекает в южной части Западно – Сибирской равнины в пределах Юргинского и Ярковского районов Тюменской области. По длине р. Юрга относится к средним рекам (127 км), по площади бассейна, которая составляет 1640 км<sup>2</sup>, соответствует малым рекам.

Естественный гидрологический режим р. Юрга соответствует рекам с весенним половодьем западносибирского подтипа. В годовом ходе расходов и уровней воды выделяется весенний максимум, летний и зимний минимумы. В летне-осенний период на реке возможны дождевые паводки. Термический режим характеризуется нарастанием температур до июля, а затем их снижением до наступления ледостава. Ледовый режим характеризуется длительным ледоставом с начала ноября до середины апреля (5,5 месяцев), кратковременными осенними и весенними ледовыми явлениями. Режим наносов представлен стоком исключительно взвешенных наносов. Вода в р. Юрга принадлежит к гидрокарбонатно-кальциевой группе. Органический мир преимущественно представлен сине-зелеными водорослями, планктоном и бентосом.

Создание плотины в русле реки привело, прежде всего, к трансформации морфометрических характеристик р. Юрга: ширина реки в районе с. Юргинское увеличилась в 50 раз, глубина – в 2 раза. Трансформация водного режима р. Юрга проявилась в том, что расходы воды в реке у с. Юргинское после создания водохранилища полным объемом 2000 тыс. м<sup>3</sup> снизились на 30% в период половодья и возросли на 10% в маловодные сезоны года, скорость течения водотока уменьшилась в 2,5 раза.

Влияние гидротехнического строительства на температурный режим р. Юрга проявляется в росте температуры воды в летний период на 3 °С. До создания водохранилища на реке Юрга, период ледостава имел продолжительность около 5,5 месяцев. Трансформация морфометрических и режимных характеристик реки привела к тому, что за последние 30 лет она возросла до 6 месяцев. Строительство гидротехнического сооружения способствовало снижению стока взвешенных наносов в р. Юрга. Для пункта наблюдений с. Юргинское он снизился на 30%.

Основные химические и физические показатели вод р. Юрга после создания водохранилища трансформировались незначительно. Однако, за последние 30 лет в водах реки в 5 раз возросло содержание загрязняющих веществ, что, главным образом, связано с возрастанием антропогенной нагрузки на бассейн реки и в связи с образованием искусственного водоема, который значительно снижает интенсивность циркуляции воды и способствует постепенному накоплению загрязнений в ее толще. С созданием водохранилища в водах р. Юрга резко возросло содержание минеральных и биогенных элементов, которые вызвали стремительное развитие фитомассы и, как следствие, бурное увеличение численности всех групп гидробионтов.

#### ***Список литературы***

1. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам, Гидрометеиздат, Ленинград, 1975, 264 с.
2. Калинин В. М., Ларин С. И., Романова И. М. Малые реки в условиях антропогенного воздействия (на примере Восточного Зауралья). Монография. - Тюмень: Издательство Тюменского государственного университета, 1998.- 220 с.
3. Лезин В. А. Реки и озера Тюменской области: Заводоуковский, Омутинский, Упоровский, Юргинский районы. Энциклопедический словарь. Тюмень: РИЦ ТГИК, 2016. – 164 с.

#### ***References***

1. Nastavlenie gidrometeorologicheskim stanciyam I postam, Gidrometeoizdat, Leningrad, 1975, 264 s.

2. *Kalinin V. M., Larin S. I., Romanova I. M.* Malye reki v usloviyah antropogenogo vozdeystviya (na primere Vostochnogo Zaural'ya) [Small rivers under anthropogenic influence (on the example of the Eastern TRANS-Urals)]. Monografiya. – Tyumen: Izdatel'stvo Tyumenskogo gosudarstvennogo universiteta, 1998.-220s.
3. *Lezin V. A.* Reki i ozera tyumenskoi oblasti: Zavodoukovskii, Omutinskii, Uporovskii, Yurginskii raiony [Rivers and lakes of the Tyumen region: Zavodoukovsky, Omutinsky, Uporovsky, Yurginsky districts]. Entsiklopedicheskii slovar'. Tyumen': RITS TGIK, 2016. – 164 s.;