



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 **Наивысшие уровни воды рек
Волги и Оки в узле их слияния**

Исполнитель Ефимова Мария Александровна
(фамилия, имя, отчество)

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

Сикан Александр Владимирович
(фамилия, имя, отчество)

Консультант _____
(ученая степень, ученое звание)

Винокуров Игорь Олегович
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»
Заведующий кафедрой


(подпись)

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

Хаустов Виталий Александрович
(фамилия, имя, отчество)

«5» июня 2022 г.

Санкт-Петербург
2022

Оглавление

Введение	3
1. Физико–географическое описание района	4
1.1 Рельеф	5
1.2 Геологическое строение района	7
1.3 Растительность	8
2. Климат.....	9
3 Водный режим рек Верхней Волги и Оки	13
3.1 Гидрологическая изученность.....	15
4. Многолетние изменения высших уровней воды рек Волги и Оки.....	20
Заключение	45
Литература.....	46
Приложение А	47
Приложение Б.....	48

Введение

Целью работы является определение расчётных характеристик высших уровней воды в узле слияния рек Волги и Оки.

Для достижения цели необходимо было решить следующие задачи:

- Собрать данных наблюдений за уровнями воды по гидрологическим постам, расположенных на реках Волга и Ока в районе узла их слияния;
- Выполнить анализ условий формирования высших уровней воды в районе узла слияния;
- Обосновать методику и выполнить оценку расчётных характеристик высших уровней воды по гидрологическим постам на р. Волга – г. Нижний Новгород и р. Ока – г. Новинки;
- Оценить возможность подпорных явлений на гидрологических постах, расположенных в районе г. Нижний Новгород.

Работа состоит из четырёх глав, введения и заключения.

В первой главе дано описание физико-географическое условий района исследований.

Во второй главе дано описание климата изучаемого района.

В третьей главе приводится анализ водного режима рек Волга и Ока, рассматривается гидрологическая изученность района.

В четвёртой главе проведены результаты оценки расчётных характеристик высших уровней воды по гидрологическим постам на р. Волга – г. Нижний Новгород и р. Ока – г. Новинки, а так же наличие подпорных явлений.

В заключение в краткой форме представлены результаты проведенного исследования.

1. Физико–географическое описание района

Нижегородская область (рисунок 1) располагается в центральной части Восточно-Европейской равнины. Площадь — 76 624 км², протяжённость с юго-запада на северо-восток — более 400 км. Граничит: на северо-западе с Костромской областью, на северо-востоке — с Кировской, на востоке — с республиками Марий Эл и Чувашия, на юге — с республикой Мордовия, на юго-западе — с Рязанской областью, на западе — с Владимирской и Ивановской областями.

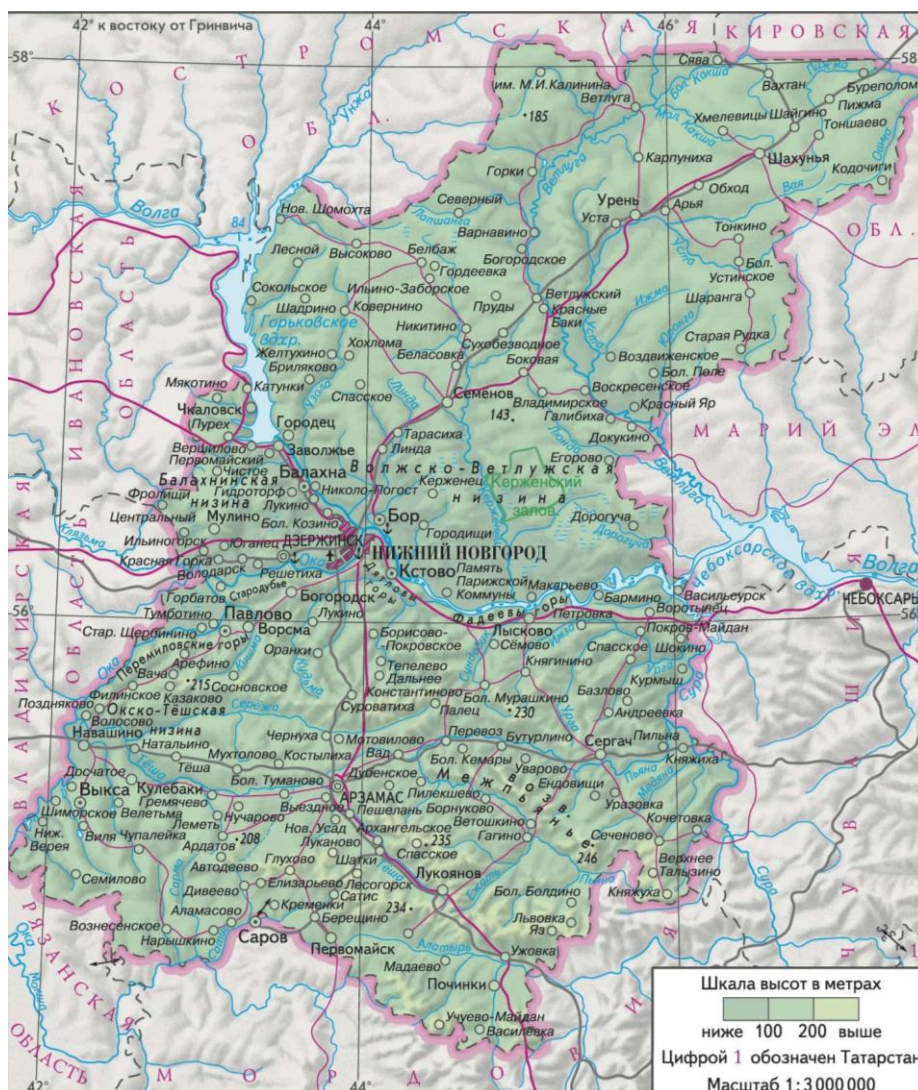


Рисунок 1. Район исследований

1.1 Рельеф

Поверхность в общем равнинной территории района представляет собой чередование низменных равнин и возвышенностей с колебанием абсолютных отметок в пределах 100-300м. На формирование рельефа большое влияние оказали геологическое строение и тектонические особенности Русской платформы. Основная часть рассматриваемой территории ещё в мезозое вступила в стадию континентального развития, в период которой сформировались крупные элементы рельефа. В западной и юго-западной частях территории, где на поверхности выступают плотные карбонатные породы каменноугольной и девонской систем, простираются Валдайская, Смоленско-Московская, Среднерусская возвышенности, а в юго-восточной части – Приволжская возвышенность. В северной и восточной части района, сложенных более рыхлыми породами перми и мезозоя, располагаются обширные низменности: Верхневолжская, Ветлужско-Унжинская, Мещерская, Окско-Донская. В эту общую схему рельефа сложившуюся в доледниковое время, большое разнообразие внесли оледенения четвертичного периода, в значительной степени, определившие современные формы поверхности. Описываемая территория не менее четырех раз перекрывалась ледниками, но на формирование рельефа в основном оказала влияние деятельность трех последних ледниковых покровов: днепровского, московского и валдайского. Границы оледенений во многих местах чётко прослеживаются в рельефе. Формы поверхности, возникающие в результате деятельности ледников, в последующее время в разной степени были преобразованы воздействием флювиальных и эрозионных процессов.

Наиболее сильное воздействие денудационные процессы оказали на поверхность внеледниковой области, в результате чего Среднерусская и Приволжская возвышенности характеризуются более зрелыми эрозионными формами, чем северная часть района.

В соответствии с морфогенетическим принципом геоморфологического районирования по М. В. Карандеевой рассматриваемая территория относится к 3 провинциям:

1. Ледниковых холмистых и плоских равнин
2. Водно-ледниковых и аллювиальных равнин
3. Сильно расчленённых эрозией возвышенных равнин

Провинция ледниковых холмистых и плоских равнин охватывает всю северную часть района, включающую бассейн р.Волги до впадения р.Оки. Северо-западная часть провинции характеризуется хорошо сохранившимися эрозионными формами, оставленными валдайским ледником, на остальной её части ледниковые формы значительно изменены процессами денудации.

Крайний запад территории окаймляет Валдайская возвышенность – один из наиболее приподнятых участков территории с отметками 200-300 м асб. Северные гряды этой возвышенности носит название Андомская и Мегорская.

Остальная часть поверхности представляет собой мелкохолмистую моренную равнину с многочисленными плоскими, часто замкнутыми понижениями, занятыми озёрами и болотами.

Широкое распространение имеют типичные для провинции слабохолмистые междуречные равнины, сложенные мореной, перекрытые безвалунным суглинком и местами осложненные градами холмов. Такие равнины характерны для Ржевско-Старицкого Поволжья и водоразделов рек Тверцы и Мологи. Наряду с грядовыми возвышенностями и моренными равнинами наиболее характерной формой рельефа провинции являются обширные низменные равнины с ложбинно-зандровыми формами: Молого-Шекнинская, Рыбинская, Ярославская, Костромская, Волго-Шошинская, Ветлужско-Унжинская и др. Большая часть Молого-Шекнинской и Волго-Шошинской низин затоплена водами Рыбинского и Иваньковского водохранилищ. Плоский характер рельефа низин обусловлен выравниванием форм доледникового рельефа ледниковыми отложениями.

1.2 Геологическое строение района

Рассматриваемая территория расположена в центральной части кристаллического фундамента Русской платформы, в основном в пределах Московской впадины, заполненной толщей осадочных пород мощностью 1500-3000 м.

Наиболее древние отложения верхнего девона, выходящие на дневную поверхность в юго-западной части района (бассейн Верхней Оки), представлены известняками, доломитами, мергелями с прослоями ангидрита и гипса.

Пермские отложения встречаются на северо-западе территории, сменив погружающиеся к востоку каменноугольные отложения (в бассейнах рек Мологи и Шексны), и занимают обширное пространство в центре восточной части района (бассейн нижнего течения р. Оки и нижнего участка р. Волги). В бассейне рек Оки и Волги восточнее 40 в.д. наибольшее распространение имеют доломиты и известняки с прослоями глин, мергеля и гипса.

Коренные породы обычно выходят на поверхности по берегам рек, а в междуречьях почти повсеместно перекрыты четвертичным чехлом. В четвертичный период большая часть территории района не менее четырёх раз перекрывалась ледниками, о чем свидетельствуют четыре самостоятельных горизонта морен, разделенных межледниковыми отложениями. Внеледниковая зона испытывала воздействие ледниковых вод. Зона распространения ледника в период максимальной (днепровской) стадии оледенения охватывала всю территорию, за исключением Среднерусской возвышенности южнее г. Орла и Проиволжской возвышенности. Ледник и его воды оставили сложный комплекс отложений мощностью в десятки (реже до 100 и более) метров представленных мореной, ленточными глинами, флювиогляциальными песками, а также покровными суглинками.

Пространственное распределение ледниковых отложений как по мощности, так и по составу имеет весьма пестрый и разнообразный характер.

На северо-западе бассейна в верховьях Волги и ее левобережных притоков наибольшее распространение имеют валунные суглинки, а в пределах холмистого ландшафта – суглинки с прослоями супесей и песков, в низинах преобладают озерные и флювиогляциальные пески и глины; большие площади занимают древние аллювиальные отложения, составляет в среднем 50-60 м.

1.3 Растительность

Рассматриваемая территория располагается в лесной зоне. Лесистость уменьшается с севера на юг от 80% до 2-10% соответственно. Подзона тайги сменяется подзоной смешанных лесов, граница которой с подзоной широколиственных лесов проходит примерно вдоль широтного участка р. Оки. Разнообразие состава лесов тесно связано с рельефом, экспозицией склонов, характером и увлажненностью почво-грунтов. В пределах Мещерской низменности, около 50% площади занято сосной, большинство лесов вторичные, сильно измененные рубками и пожарами. Большие площади заняты сосново-берёзовыми лесами, значительная часть заболочена.

Для равнинной части бассейна р. Волги от Рыбинского водохранилища характерно преобладание мелколиственных и сосновых лесов. Большие массивы преимущественно еловых и сосновых лесов приурочены к правобережью р. Волги, к востоку от г. Углича.

2. Климат

Территория Верхне-Волжского района в зоне умеренно-континентального климата с холодной зимой и умеренно-теплым летом. Континентальность климата увеличивается с севера-запада на юго-восток. Основные климатические характеристики и их изменение по территории района определяются влиянием общих и местных факторов: солнечной радиации, циркуляцией атмосферы, подстилающей поверхности. По географическому положению район находится под воздействием воздушных масс Атлантики, Арктического бассейна, а так же масс, сформировавшихся над территорией Европы. В конце лета – начале осени, нередко во второй половине зимы и весной преобладает западный тип атмосферной циркуляции, сопровождающийся обычно активной циклонической деятельностью, значительными осадками, положительными аномалиями температуры воздуха зимой и отрицательными летом. Значительный тип атмосферной устойчивостью и нередко сохраняется на протяжении до двух месяцев. На востоке и юго-востоке территории циклогенез активен.

С октября по май в результате воздействия сибирского максимума западная циркуляция нередко сменяется восточной, что сопровождается малооблачной погодой, большими отрицательными аномалиями температуры воздуха зимой и положительными летом. Восточный тип циркуляции более вероятен и активен в юго-восточной части территории.

На территории России, в том числе и Верхне-Волжском районе с 70-х годов происходит в целом потепление происходит во все сезоны. Средняя скорость роста среднегодовой температуры за период современного глобального потепления (с 1976 года) намного превосходит глобальную: в 2.5 раза, если совместно рассматривать приземную температуру воздуха и температуру поверхности океана, и в 1.6 раза для суши шара.

Радиационный баланс. Средний годовой радиационный баланс поверхности района равен 31-39 ккал/см², что составляет около 40%

суммарной радиации. Величина радиационного баланса увеличивается с северо-запада (31 ккал/см^2) на юго-восток ($37\text{-}39 \text{ ккал/см}^2$) и существенно изменяется в зависимости от подстилающей поверхности территории. В среднем за многолетний период с марта по октябрь имеет место положительный радиационный баланс с максимумом в июне, с ноября по февраль баланс отрицателен ($-0.4\text{-}0.8 \text{ ккал/см}^2$).

В отдельные годы могут наблюдаться значительные отклонения от средних величин радиационного баланса, а также сдвиг времени перехода баланса через нуль в зависимости от сроков установления и разрушения снежного покрова и преобладающего типа атмосферной циркуляции.

Температура воздуха. Средняя годовая температура воздуха на рассматриваемой территории изменяется от 1.4°C на северо-востоке до $4.6\text{-}4.8^\circ\text{C}$ на юге и юго-западе. Величина годовой амплитуды между средней месячной температурой самого холодного и самого теплого месяца увеличивается с запада на восток от 27°C до -31°C .

В холодное время года изотермы средней месячной температуры воздуха направлены с северо-запада на юго-восток. Наиболее холодным месяцем в году является январь, средняя температура которого колеблется от $-9\text{-}9.5^\circ\text{C}$ на юго-западе, до $-13.5\text{-}14^\circ\text{C}$ на северо-востоке. Самые низкие абсолютные минимумы также наблюдается преимущественно в январе до -42°C на юге и -50°C на севере.

Начало весны определяется устойчивым переходом температуры воздуха через 0°C . На юго-западе района переход температуры через 0°C в среднем отмечается 1-3 апреля, а через 5°C 15-18 апреля, таким образом, разница в сроках наступления весны в пределах территории не превышает 5-10 дней.

В теплый период года температура воздуха повышается с северо-запада на юго-восток. В самый теплый месяц (июль) средняя температура повышается от $17\text{-}17.5^\circ\text{C}$ на севере до $19\text{-}20^\circ\text{C}$ на юге и юго-востоке.

Продолжительность наиболее теплой части лета со средней суточной температуры выше 15 °С в среднем составляет 55-66 дней на севере и северо-востоке и 90-100 дней на юге.

Понижение температуры осенью происходит медленнее, чем повышение её весной. Устойчивый переход средней суточной температуры через 5°С в сторону низких температур в среднем отмечается 1-5 октября и на севере 10-15 октября на западе и юге территории; переход через 0 °С происходит 22-25 октября на севере и 2-8 ноября на юге.

В продолжение всей зимы наблюдаются оттепели. За период с ноября по апрель среднее число дней с оттепелями составляет 20-25 на востоке и 30-40 на западе района. Оттепели могут непрерывно продолжаться в течение 9-22 дней.

На рассматриваемой территории отмечается тренд на повышение температуры воздуха до 0,7 °С /10 лет.

Осадки. Территория Верхне-Волжского района относится к зоне влажного климата, и только крайний юго-восток района находится в зоне недостаточного увлажнения.

Осадки в летний период времени убывают в целом по региону. Осенью тренд осадков отсутствует, максимальный рост осадков наблюдается весной: 5.7% нормы за десятилетие в среднем по стране. За год и особенно весной количество осадков на территории России значимо увеличиваются, но их рост в летний период слабый.

Средняя многолетняя сумма осадков меняется по территории от 800 до 600 мм и уменьшается с северо-запада на юго-восток. Для преобладающей части района норма годовых осадков составляет 750-650 мм. Такое распределение определяется в основном циркуляцией атмосферы и в первую очередь циклонической деятельностью. На распределение осадков оказывает также влияние рельефа местности. Увеличение осадков прослеживается при

выпадении зимних осадков и малоинтенсивных обложных летних дождей, тогда как влияние рельефа на ливневые дожди не отмечается.

Начало весеннего половодья наблюдается раньше всего на юго-западе и юге территории в бассейне Верхней Оки в конце марта 24-28.

В центральной части района бассейна реки Волга средняя многолетняя дата начала половодья приходится на 3-5 апреля. Сроки начала половодья колеблются в значительных пределах. В одни годы половодье начинается на 15-20 дней раньше, в другие на 10-15 дней позже средней многолетней даты. Самое раннее начало половодья было отмечено 25 февраля в 1966 году в бассейне Верхней Оки.

Поздние даты начала половодья приходятся в юной части территории на 12-15 апреля, в центральной на 15-18 апреля и в северной на 20-25 [1].

3 Водный режим рек Верхней Волги и Оки

Распределение стока по видам и источникам питания зависит как от климатических условий, определяющих величину и распределение осадков и температуры воздуха, а так же от условий подстилающей поверхности, определяющих вертикальное расчленение стока на поверхностный и подземный. Тип внутригодового распределения стока по классификации П. С. Кузина и Б. Д. Зайкова для рассматриваемой территории - это реки с преобладающим весенним половодьем. Половодьем называют ежегодно повторяющийся в один и тот же сезон относительно длительное, существенное увеличение водности рек, сопровождающееся соответствующим повышением уровня воды. Вызывается главным источником питания – снеготаянием [2].

В соответствии с исследованиями, выполненными Государственным гидрологическим институтом (ГГИ), с конца 1970-х годов в водном режиме рек рассматриваемого района произошли существенные перемены, которые обусловлены климатическими изменениями. В многолетних колебаниях весеннего, летне-осеннего, зимнего и, соответственно, годового стока рассматриваемой территории наблюдается асинхронность колебаний. Для сравнения изменения годового стока рек за современный и базовый (до начала современного потепления) периоды использовались данные по гидрологическим постам, которые расположены на средних реках и не зарегулированных водохранилищами, рисунок 1. Из рисунка видно, что для рек бассейна Верхней Волги, а так же Оки в последние десятилетия происходит увеличение годового стока в пределах 0-10%, причиной увеличения годового стока послужил рост осадков в холодный период года [3].

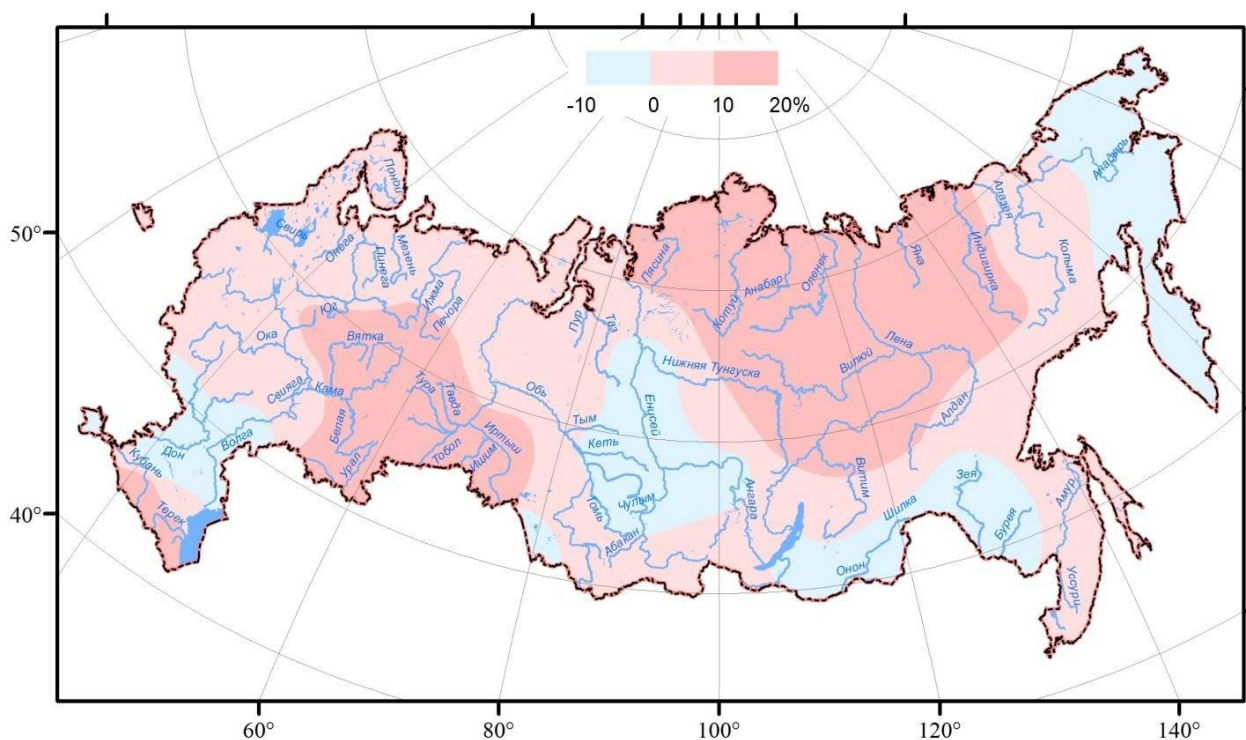


Рисунок 2. Карта-схема изменения (%) среднегодового стока рек РФ в современный период по отношению к предшествующему [3].

В последние десятилетия наблюдается наличие статистически значимых изменений сезонного стока рек бассейна р. Волга, характеризующихся существенным увеличением зимнего и летне-осеннего стока на всей его территории и уменьшением стока в период весеннего половодья в южной и юго-западной частях бассейна. Это обусловлено повышением приземной температуры воздуха в холодный сезон года, приводящим к существенной перестройке процессов гидрологического ряда [4].

Увеличение в последние десятилетия в данном регионе меженного и снижение половодного стока рек обусловлены влиянием климатических факторов. В результате исследований ГГИ, в период происходящего потепления климата установлено, что ключевую роль в современных трансформациях сезонного стока рек рассматриваемого региона играет повышение температуры воздуха в зимний и весенний сезоны. С одной стороны, потепление приводит к общему сокращению периодов с

отрицательными температурами воздуха и увеличению количества и продолжительности оттепелей, что обуславливает уменьшение максимальных запасов воды в снежном покрове к началу весеннего половодья. С другой стороны, повышение температуры воздуха в зимний период приводит к уменьшению глубины промерзания почвы и увеличению её дренирующих свойств, что в итоге ведёт к уменьшению поверхностного стока в период снеготаяния и увеличению питания подземных вод. Следовательно, происходит уменьшение весеннего стока, что приводит к снижению максимального стока [3].

Для изучения особенности изменения максимального стока в условиях современного потепления климата в ГГИ были получены данные на основе выполненных расчётов статистических характеристик максимального стока, его линейных трендов, а также максимальных расходов воды эмпирической 10%-ной обеспеченности и числа лет с превышением этого расхода. Как следует из результатов исследования ГГИ, за последние десятилетия на реках рассматриваемой территории произошло снижение максимальных расходов воды на 30-50% [3].

3.1 Гидрологическая изученность

В настоящее время участок р. Волга от гидрологического поста Городец до г. Нижний Новгород является зарегулированным, в связи с эксплуатацией каскада водохранилищ. Строительство Рыбинского гидроузла началось в 1935 году у деревни Переборы выше места впадения Шексны в Волгу. Осенью 1940 года русло Волги перекрыли, 13 апреля 1941 года началось наполнение чаши водохранилища. Заполнение продолжалось до 1947 года. Объём воды: полная ёмкость — 25,4 км³; полезная ёмкость — 16,7 км³, площадь поверхности — 4580 км². Заполнение Горьковского водохранилища началось 24 августа 1955 года, после перекрытия русла Волги в районе строящейся плотины, и продолжалось до 1957 года.

Перепад воды в районе Горьковской (Нижегородской) ГЭС составил 17 метров. Объём воды — 8.71 км³. Площадь поверхности — 1590 км² [5]. Расположение Рыбинского и Горьковского водохранилищ представлено на рисунке 2.

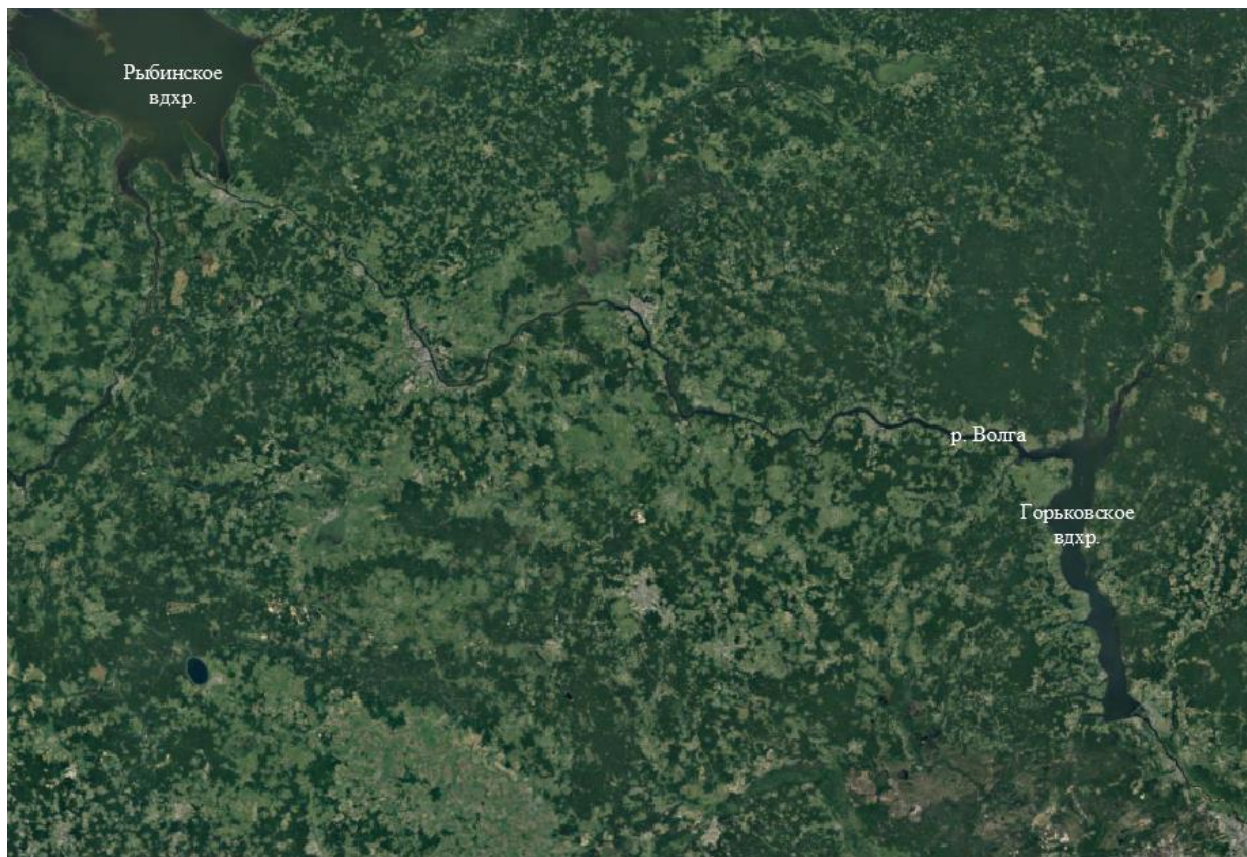


Рисунок 3. Расположение водохранилищ

В настоящее время на р. Волга на участке от Горьковского гидроузла до г. Нижний Новгород функционируют 4 гидрологических постов, сведения о которых представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Список гидрологических постов, данные по которым использовались при анализе и расчётах

река	наименование поста	расст. от устья	площадь водсб, км ²	период действия		координаты		Отм. нуля графика
				открыт	закрыт	x	y	
Волга	Балахна	2385	231000	24/IX 1902	действ.	56 29	43 38	65.52
	Сормово	2361	234000	10/XII 1931	"	56 22	43 54	62.92
	Горький	2354	479000	4/XI 1876	"	56 03	44 38	63.12
	Городец	2405	229000	30/III 1876	"	56 38	43 28	66.50
Ока	Нижний Избылец (Горбатов)	78	244000	13/X 1931	"	56 08	43 06	67.59/ 67.21
	Дзержинск	44	245000	3/X 1931	"	56 10	43 36	62.89
	Новинки	17	245000	20/IX 1932	"	56 12	43 52	60.04
	Горький	1.2	245000	4/V 1877	1/XII 1964	56 20	44 00	63.80

Дополнительные исторические данные по уровенному режиму р. Волга приведены в работе Б.Д. Зайкова [6]. До создания системы водохранилищ наводнения в Волжском бассейне, особенно на самой Волге, носили катастрофический характер и приводили к огромным бедствиям. Наибольший ущерб от них несли города Тверь (Калинин), Углич, Калязин, Рыбинск, Нижний Новгород (Горький), Казань, Самара (Куйбышев), Камышин и Астрахань. Особенно большие бедствия от волжских наводнений терпел г. Нижний Новгород [6].

В 1709 г. у г. Макарьева произошло катастрофическое наводнение. 31 мая 1722 г. Петр I во время поездки по Волге из Москвы в Астрахань посетил монастырь, при его осмотре расспрашивал об этом наводнении и „...по именному своему императорского величества указу повелел подписать (на доске — С.Г.), по какое место была вода в 1709 году..." [6].

Этот указ стал знаменательной вехой в истории изучения наводнений в нашей стране, так как с тех пор фиксирование отметок выдающихся и катастрофических наводнений стало обязательным [6].

Водомерный пост на р. Волга у Нижнего Новгорода был открыт в 1719 году около механического завода Курбатова (курбатовская рейка). Б.Д.

Зайков в своей работе перевел в метрическую систему данные наблюдений водомерного поста по курбатовской рейке вплоть до 1940 года, то есть до начала работы расположенных выше по реке гидротехнических сооружений. Кроме того, в ней приведены максимальные уровни воды 15 высоких половодий, отмеченные в период 1719-1846 гг. на стенах Макарьево-Желтоводского монастыря, который расположен в 96 км ниже г. Горький. Отметки высоких уровней этих половодий были отнесены сначала к показаниям, находящегося в 3 км ниже водопоста Исады, а оттуда по кривой связи высших уровней Исады-Горький перенесены в г. Горький [6].

В результате увязки наблюдений по курбатовской рейке с современными и отнесения меток высоких вод у Макарьевского монастыря к водопосту у г. Нижний Новгород, были получены данные по высшим уровням весеннего половодья за период 1719-1846 и 1850-1939 гг [6].

Водный режим р. Ока на всём её протяжении является практически естественным. В таблице 1 представлены гидрологические посты, данные по которым использовались в настоящей работе. Расположение гидрологических постов представлено на рисунке 3.

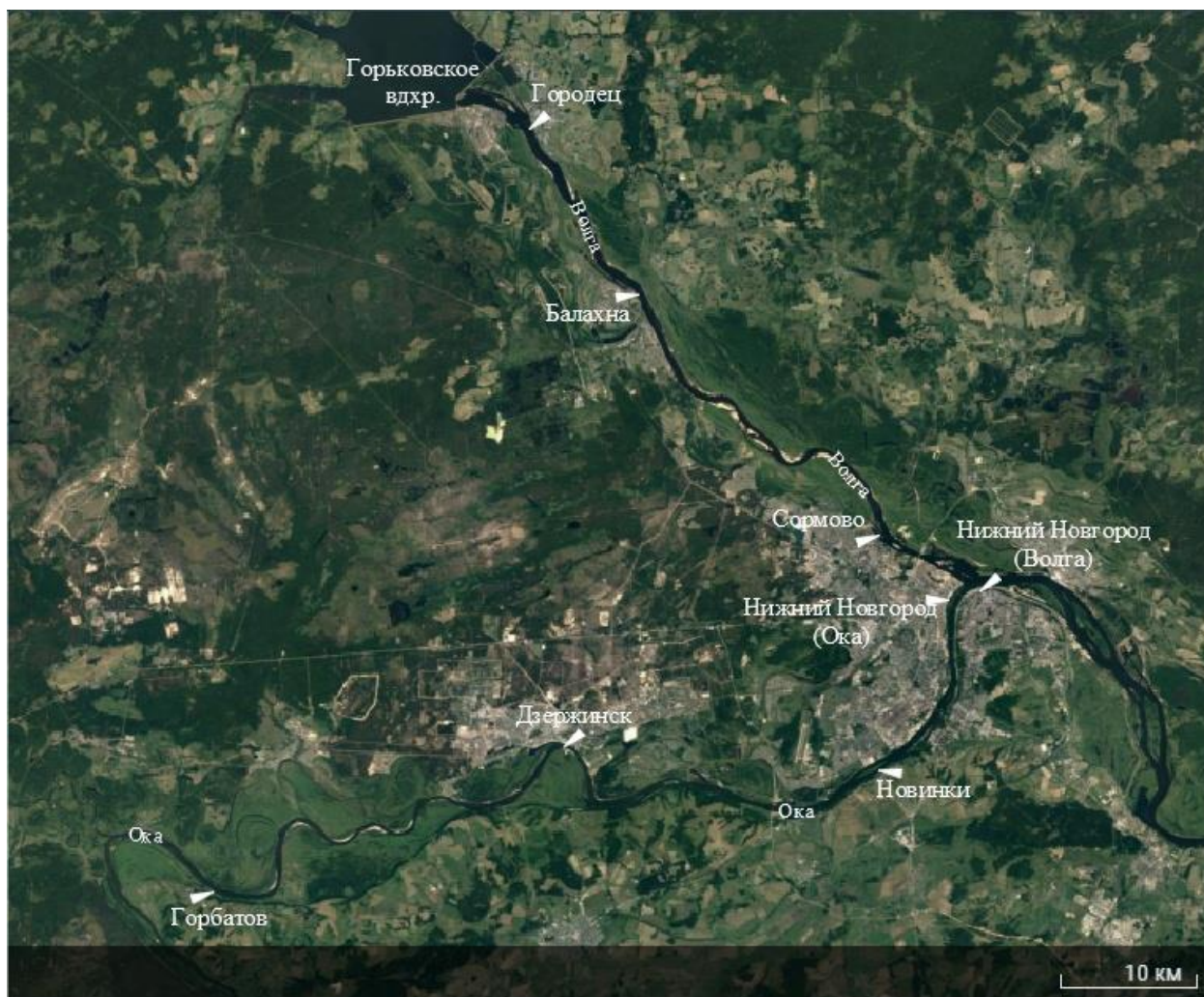


Рисунок 4. Местоположение гидрологических постов

4. Многолетние изменения высших уровней воды рек Волги и Оки

На рисунке 5 приведены высшие в году уровни воды у г. Нижний Новгород за весь рассматриваемый период, данные представлены в приложении А. Уровни воды с 1719 по 1846 года измерялись не каждый год, а только в период превышения нуля “курбатовской рейки”. Точками отмечены высшие в году уровни воды с эпизодическим наблюдением до 1846 года, сплошной линией - уровни воды с регулярным наблюдением.

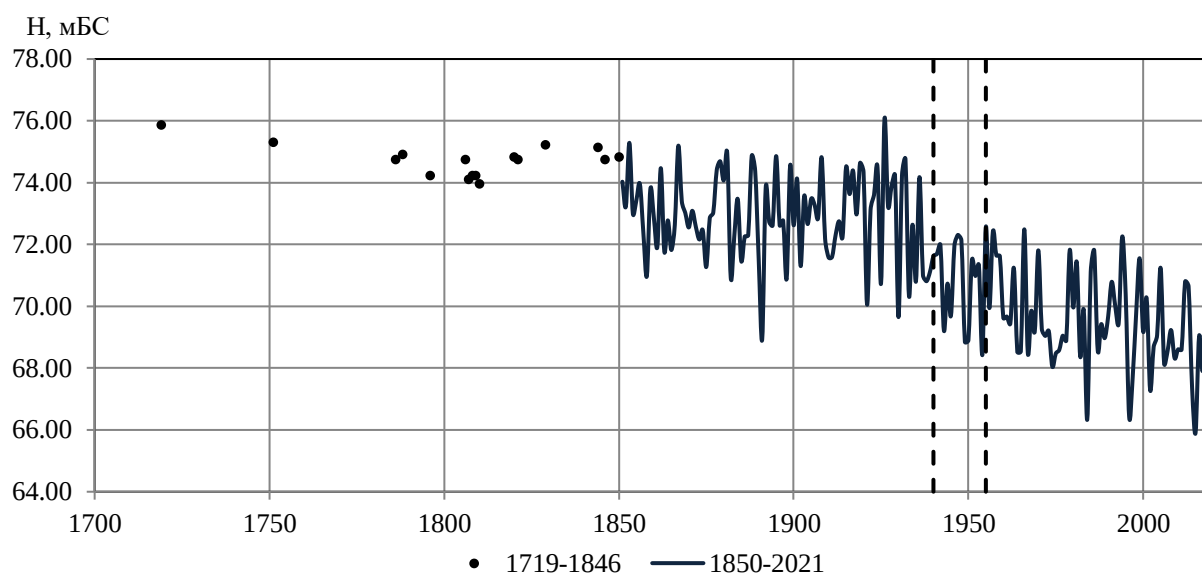


Рисунок 5. Высшие в году уровни воды р. Волга у г. Нижний Новгород

По графику видно, что уровенный ряд является неоднородным, что связано, прежде всего, с созданием в 1941 году Рыбинского водохранилища многолетнего регулирования. С начала наблюдений по 1940 год водный режим реки можно рассматривать, как естественный. С 1941 года водный режим реки является нарушенным в результате заполнения и дальнейшей эксплуатации водохранилища, а с 1956 года введено в строй Горьковское водохранилище, которое так же влияет на уровенный режим р. Волга. Вследствие чего ряд был поделён на 3 периода. Первый период с 1719-1940, второй – 1941-1955, третий 1956-2019.

В виду кратковременности периода 1941 – 1955 гг., для дальнейших расчётов использовались первый и третий периоды.

Для проверки однородности гидрологических рядов использовались критерии однородности.

Статистическая однородность – это принадлежность элементов гидрологических характеристик и их параметров (среднего значения, дисперсии, коэффициентов вариации, асимметрии и автокорреляции отдельных частей ряда) к одной совокупности. Однородность выборочных статистических параметров во времени называется стационарностью [7].

Принцип оценки однородности гидрологических рядов наблюдений по статистическим критериям Стьюдента (для средних значений) и Фишера (для дисперсий) заключается в сравнении расчетного значения статистики критерия для однородных последовательных частей ряда, полученной по эмпирическим данным, с ее критическим обобщенным значением, при заданном уровне значимости, объеме выборки, коэффициентах автокорреляции и асимметрии [7].

Критерий Стьюдента позволяет произвести проверку однородности ряда по среднему значению. В целях выполнения работы, исходный ряд делят на две приблизительно равные части, для каждой части рассчитывают среднее значение, среднеквадратическое отклонение, а так же дисперсию [7].

Расчётные значения статистики критерия Стьюдента t определяются по формуле:

$$t = \frac{Y_{cp1} - Y_{cp2}}{\sqrt{n_1 \sigma_1^2 + n_2 \sigma_2^2}} \sqrt{\frac{n_1 n_2 (n_1 + n_2 + 2)}{n_1 + n_2}}, \quad (1)$$

где $Y_{cp1}; Y_{cp2}$ - средние значения по первой и второй части ряда; n_1 и n_2 - длина первой и второй частей ряда; σ_1 и σ_2 - среднеквадратическое отклонение выборок.

Ряд считается однородным, если расчётное значение t , полученное по формуле 1 меньше критического значения t^* при заданном уровне значимости. Критическое значение t^* определяется в соответствии с Методическими рекомендациями [8].

Расчётное значение статистики Фишера F определяется по формуле:

$$F = \frac{\sigma_j^2}{\sigma_{j+1}^2}, \quad (2)$$

где $\sigma_j^2, \sigma_{j+1}^2$ - дисперсии 2-х следующих друг за другом частей выборок (j, j+1) объемом n1 и n2, соответственно.

Гипотеза об однородности (стационарности) дисперсий принимается при заданном уровне значимости $2\alpha=5\%$, если расчетное значение статистики критерия F меньше критического F*. Критическое значение F* определяется в соответствии с Методическими рекомендациями [8].

Выполним проверку на однородность для естественного режима. В связи с тем, что сведения о высших в году уровнях воды имеются только за отдельные годы, проверка на однородность проводилась за период наблюдений с 1850 по 1940 гг. Результаты проверки рассматриваемых рядов на однородность представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Оценка однородности высших уровней воды, по критериям Стьюдента и Фишера р. Волга у г. Нижний Новгород за 1719-1940 гг.

Период наблюдений	Средние значения	Дисперсия	Критерии	
			Стьюдента	Фишера
1	2	3	4	5
1850-1895	73.0	1.74	<u>0.68</u>	<u>0.76</u>
1896-1940	72.8	2.29	1.99	0.55
			однородный	неоднородный

В столбцах 4 и 5 в числителе приводится расчётное значение критерия, а в знаменателе – его критическое значение.

По результатам, представленным в таблице 2 можно сказать, что ряд наблюдений по критерию Стьюдента считается однородным, а по критерию Фишера неоднородным.

Следующий этап – это проверка ряда на критерий значимости коэффициента автокорреляции $r(1)$, который показывают тесноту связи между смежными членами ряда. Ряд соответствует модели случайной

величины, если коэффициент автокорреляции близок к нулю, таким образом, он считается статистически незначимым.

Для проверки значимости коэффициента автокорреляции был выбран период наблюдений с 1850-1940, в связи с тем, что с 1850 года ряд наблюдений непрерывный. Результаты проверки представлены в таблице 3. Таблица 3 - Оценка значимости коэффициента автокорреляции для р. Волга у г. Нижний Новгород за период наблюдений 1850-1940 гг.

$r(1)$	$t_{95\%}$	σ_r	$t_{95\%}\sigma_r$	$r(1) < t_{95\%}\sigma_r$
-0.05	0.20	0.11	0.17	не опровергается

Коэффициент автокорреляции не выходит за пределы доверительного интервала, следовательно, гипотеза о случайности не опровергается, а коэффициент автокорреляции является статистически незначимым.

Из рисунка 5 видно, что в 1926 году наблюдался исторический максимум. В соответствии с СП-33-101-2003 выдающиеся (экстремальные) значения речного стока необходимо учитывать при расчётах параметров и построении аналитических кривых распределения гидрологических характеристик. Следовательно, параметры кривых распределения: среднее арифметическое значение и коэффициент вариации необходимо рассчитать с учетом выдающегося значения уровня воды методом моментов. В связи с тем, что выдающееся значение уровня воды входит в рассматриваемый период, то $\bar{H}$ и C_v определяются по формулам:

$$\bar{H} = \frac{1}{N} \left(H_N + \frac{N-1}{n-1} \sum_{i=1}^{n-1} H_i \right), \quad (3)$$

$$C_v = \sqrt{\frac{1}{N} \left[\left(\frac{H_N}{\bar{H}} - 1 \right)^2 + \frac{N-1}{n-2} \sum_{i=1}^{n-1} \left(\frac{H_i}{\bar{H}} - 1 \right)^2 \right]}, \quad (4)$$

где H_N – выдающееся значение уровня воды, n – число лет непрерывного наблюдения, N – число лет, в течение которых выдающееся значение гидрологической характеристики не было превышено.

Для периода наблюдений за 1719-1940 год были рассчитаны и построены эмпирическая кривая обеспеченностей, а так же оценены C_s и C_v . Результаты расчётов показаны на рисунке 6 и представлены в таблицах 4-5.

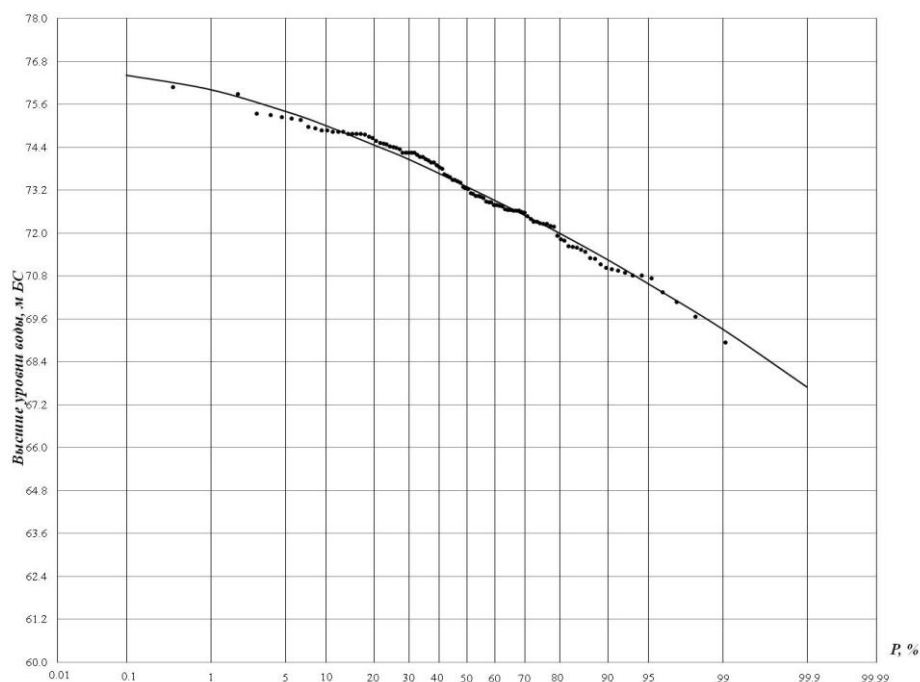


Рисунок 6. Эмпирическая кривая распределения высших в году уровней воды
р. Волга у г. Нижний Новгород за 1719-1940 гг.

Таблица 4 – Параметры распределения для ряда высших в году уровней воды
с учётом исторического максимума р. Волга – г. Нижний Новгород

H_N , м БС	N	$\bar{H}$, м БС	C_v	C_s	C_s/C_v
76.07	207	73.72	0.32	-0.5	-1.4

Таблица 5 – Расчетные значения высших уровней воды р. Волга у г. Нижний
Новгород за 1719-1940 гг.

P, %	0.1	1	5	10	20	30	50	70	80	90	95	99	99.9
H, м БС	76.40	76.18	75.39	75.00	74.45	74.05	73.29	72.49	71.99	71.24	70.58	69.30	67.68

С учётом исторического максимума высший уровень воды обеспеченностью 1% составляет 76.18 м БС.

Рассмотрим второй период. Для проверки однородности высших в году уровней воды за 1956-2019 гг., были рассчитаны значения статистик Стьюдента и Фишера по формулам 1 и 2. Результаты проверки представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Оценка однородности высших уровней воды, по критериям Стьюдента и Фишера р. Волга у г. Нижний Новгород за 1956-2019.

Период наблюдений	Средние значения	Дисперсия	Критерии	
			Стьюдента	Фишера
1	2	3	4	5
1956-1987	69.8	2.24	<u>1.96</u>	<u>1.00</u>
1988-2019	69.1	2.24	2.00	2.05
			однородный	однородный

В столбцах 4 и 5 в числителе приводится расчётное значение критерия, а в знаменателе – его критическое значение.

Рассматриваемый период является однородным как по среднему значению, так и по дисперсии.

Проверка на значимость коэффициента автокорреляции представлена в таблице 7.

Таблица 7 – Оценка значимости коэффициента автокорреляции для р. Волга у г. Нижний Новгород за период наблюдений 1956-2019 гг.

$r(1)$	$t_{95\%}$	σ_r	$t_{95\%}\sigma_r$	$r(1) < t_{95\%}\sigma_r$
0.12	0.2	0.13	0.21	не опровергается

Коэффициент автокорреляции не выходит за пределы доверительного интервала, следовательно, гипотеза о случайности не опровергается, а коэффициент автокорреляции является статистически незначимым.

Из рисунка 7 можно увидеть наличие тренда на уменьшение высших уровней воды.

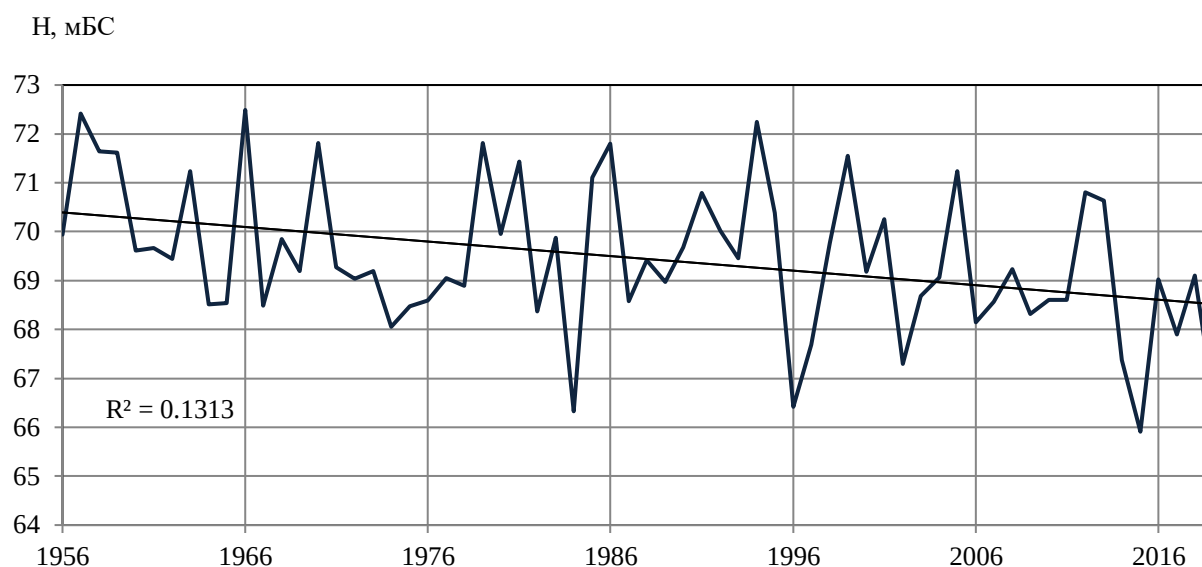


Рисунок 7. Многолетние колебания высших уровней воды за 1956-2019 гг. р.
Волга у г. Нижний Новгород

Результаты проверки тренда на значимость представлены в таблице 8.

Таблица 8 – Оценка значимости линейного тренда

Среднее значение	n	R^2	R	s_R	$ R /s_R$	$t_{2a=5\%}$	$H_0: R = 0$	Значимость тренда
69.5	64	0.13	0.36	0.12	3.06	2.00	опровергается	тренд значим

По таблице 8 видно, что для рассматриваемого периода тренд является значимым, так как в результате климатических изменений происходит уменьшение максимального стока, а, следовательно, и высших уровней воды [3].

Хронологический ход высших уровней воды за рассматриваемый период (см. рисунок 7) показывает, что в последние десятилетия наблюдается уменьшение высших уровней воды. Ряд наблюдений за 1956-2019 год можно разбить на две квазиоднородные совокупности с переломом в 1995 году. Среднее значение уровня воды за периоды 1956-1995 г. и 1996-2019 г составляет 69.9 м и 68.7 м соответственно.

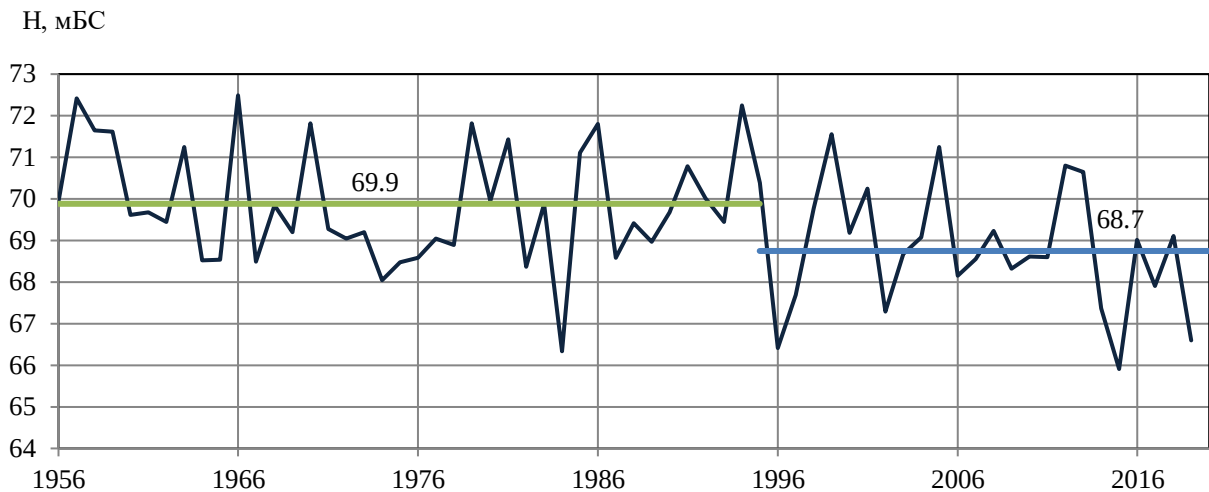


Рисунок 8. Многолетние колебания высших уровней воды у г. Нижний Новгород р. Волга за период 1956-2019 г.

Расчёт кривой распределения по составным однородным совокупностям выполняют, если ряд наблюдений является неоднородным. Эмпирические и аналитические кривые распределения строят отдельно для каждой однородной части ряда, далее с аналитических кривых снимают соответствующие им обеспеченности P_1 и P_2 для каждой однородной части ряда. Следующий этап – это определение составной кривой обеспеченности, общая обеспеченность каждого члена ряда с учетом весовых коэффициентов рассчитывается по формуле 5 [2].

$$P = \frac{(n_1 P_1 + n_2 P_2)}{(n_1 + n_2)}, \quad (5)$$

где n_1, n_2 - число членов в каждой из двух однородных совокупностей.

Весовые коэффициенты каждой однородной совокупности (однородной во времени части ряда) равны:

- для первой части ряда: $n_1/(n_1 + n_2)$;
- для второй части ряда: $n_2/(n_1 + n_2)$.

Для оценки характеристик высших уровней воды были использованы два подхода, первый – это построение эмпирической и аналитической кривой распределения, исходя из принятия гипотезы об однородности ряда, второй -

построение составной кривой обеспеченности, в связи с наличием значимого тренда.

Эмпирическая и аналитическая кривые обеспеченностей (первый метод) представлены в таблице 9-10 и показаны на рисунке 9.

Таблица 9 – Параметры распределения р. Волга у г. Нижний Новгород за 1956-2019 гг.

период наблюдений	средние значения	Cv	Cs/Cv
1956-2019	69.5	0.02	1.13

Таблица 10 - параметры распределения высших уровней воды р. Волга у Г. Нижний Новгород

P, %	1	5	10	20	30	50	70	80	90	95	99	99.9
H, м БС	73.11	71.97	71.42	70.74	70.25	69.45	68.66	68.17	67.50	66.96	65.92	64.79

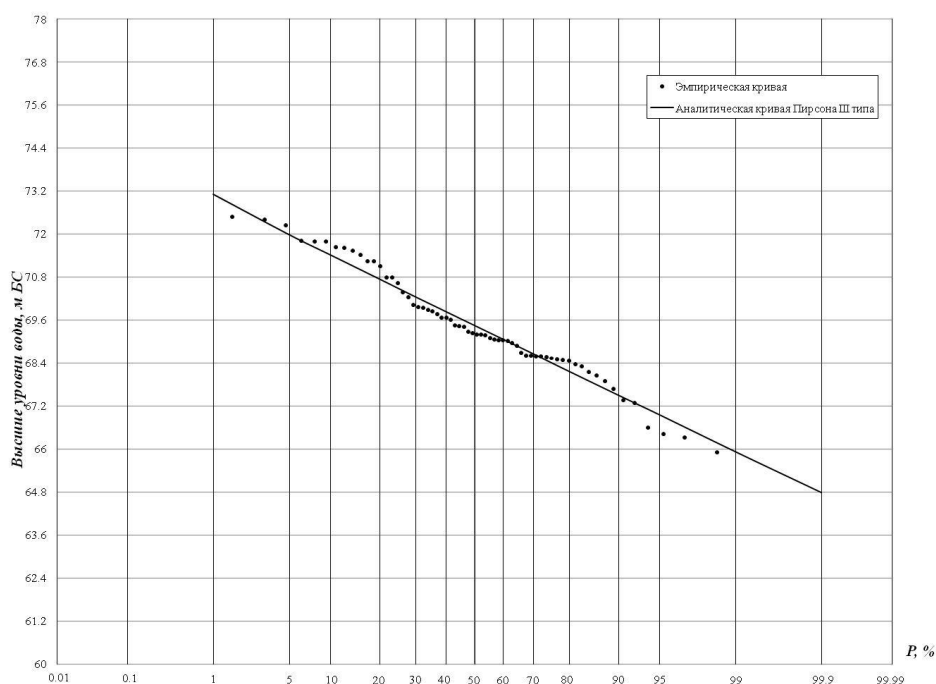


Рисунок 9. Эмпирическая и аналитическая кривые распределения высших в году уровней воды р. Волга у г. Нижний Новгород за 1956-2019 гг.

Уровень воды обеспеченностью 1% составил 73.1 м БС.

Второй метод заключается в том, что для каждой выборки за периоды 1956 - 1995 гг. и 1996 - 2019 гг. произведены расчеты и построены эмпирические кривые обеспеченностей, а также выполнен подбор аналитических кривых обеспеченностей, оценены C_s и C_v и рассчитаны параметры составной кривой распределения. Результаты показаны на рисунках 10-12 и представлены в таблице 11-12.

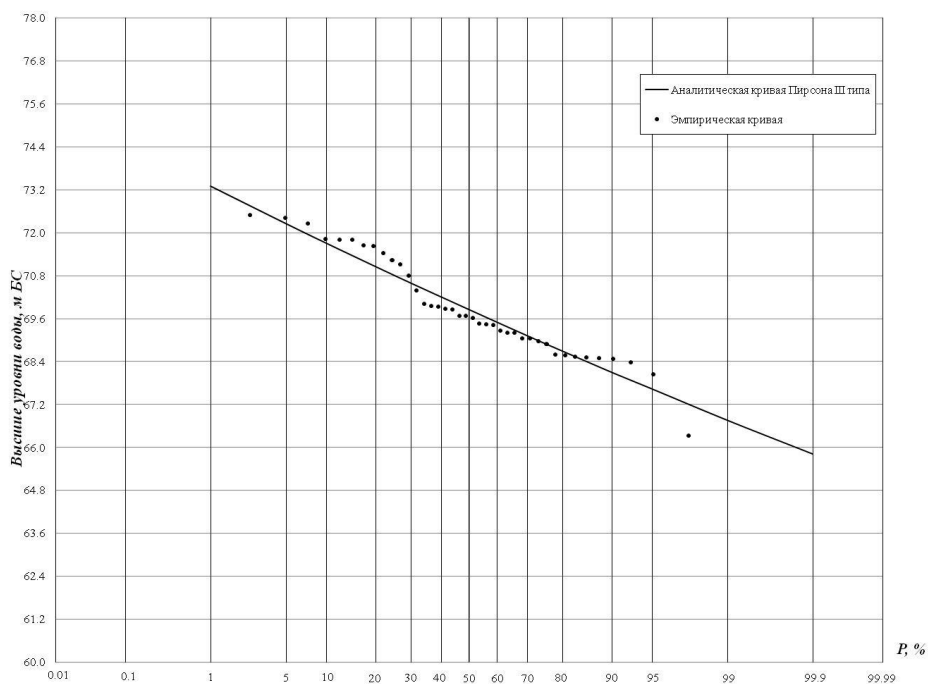


Рисунок 10. Эмпирическая и аналитическая кривые распределения высших в году уровней воды р. Волга у г. Нижний Новгород за 1956-1995 гг.

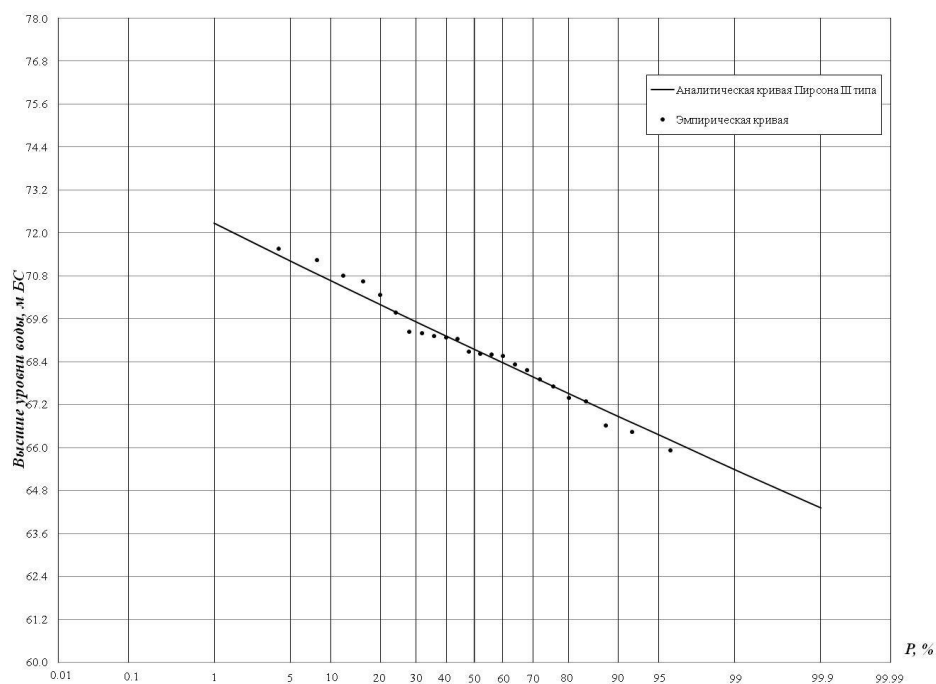


Рисунок 11. Эмпирическая и аналитическая кривые распределения высших в году уровней воды р. Волга у г. Нижний Новгород за 1996-2019 гг.

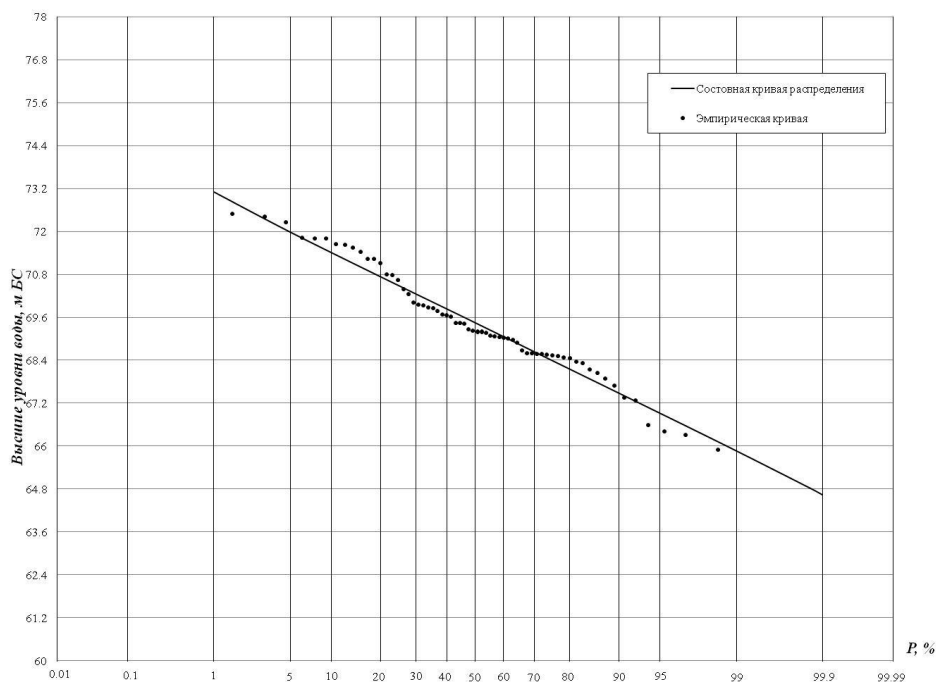


Рисунок 12. Составные кривая распределения высших в году уровней воды р. Волга у г. Нижний Новгород за 1956-2019 гг.

Таблица 11 – Параметры распределения р. Волга у г. Нижний Новгород за рассматриваемые периоды

период наблюдений	$\bar{H}$, м БС	C_v	C_s/C_v
1956-1995	69.88	0.020	7.15
1996-2019	68.75	0.022	3.01
1956-2019	69.46	0.022	1.13

Таблица 12 - Расчетные значения высших уровней воды заданной обеспеченности по однородным и составной кривой распределения р. Волга у г. Нижний Новгород

Обеспеченность, %	период наблюдений		
	1956-1995	1996-2019	1956-2019
1	73.31	72.27	73.10
5	72.25	71.21	72.00
10	71.71	70.65	71.30
20	71.06	69.99	70.50
30	70.59	69.51	70.20
50	69.85	68.73	69.40
70	69.12	67.96	68.60
80	68.69	67.50	68.10
90	68.10	66.86	67.50
95	67.63	66.35	66.90
99	66.75	65.37	65.90
99.9	65.81	64.31	64.70

Уровень воды обеспеченностью 1% по составной кривой распределения составил 73.10 м БС.

Таким образом, полученные двумя методами оценка высших уровней воды совпадают. Следовательно, наличие тренда пока не влияет на статистические характеристики.

Следовательно, можно использовать как аналитическую кривую Пирсона III типа, так и составную кривую распределения.

Сравнивая результаты оценок характеристик высших уровней воды за естественный и нарушенный периоды можно сделать вывод, что в

современных условиях они существенно снизились. Это связано, прежде всего, с эксплуатацией выше расположенных водохранилищ, а так же происходящими климатическими изменениями. За период с естественным водным режимом расчётный уровень воды 1% обеспеченности составил 76.2 м БС, а в условиях зарегулирования Рыбинским и Горьковским водохранилищами – 73.11 м БС.

Рассмотрим высшие в году уровни воды р. Ока у г. Новинки, которые представлены на рисунке 13 и приложении Б.

Н абс, мБС

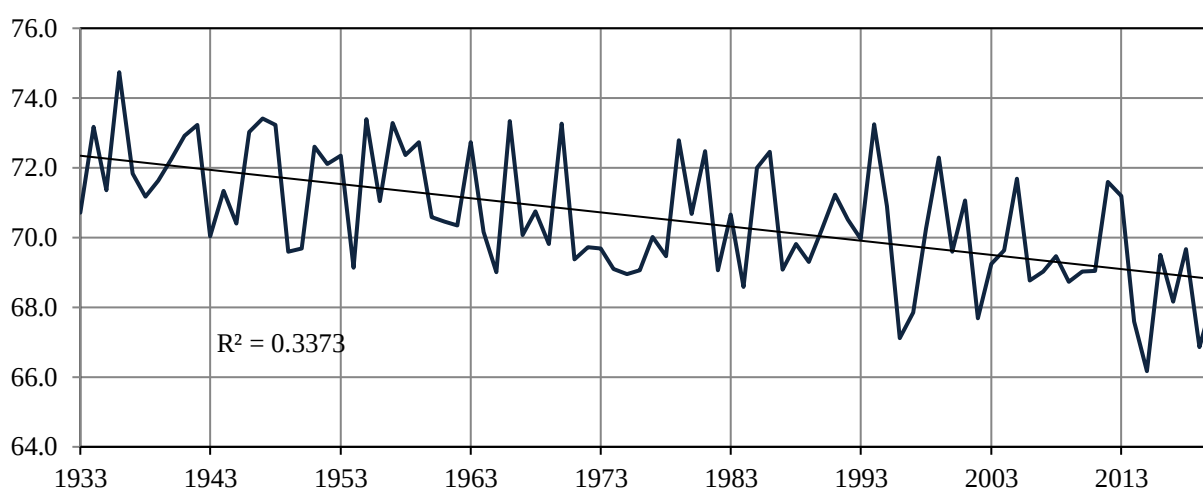


Рисунок 13. Высшие в году уровни воды р. Ока у г. Новинки за 1933-2019 гг. и их линейный тренд

Для проверки однородности ряда высших в году уровней воды, были рассчитаны значения статистик Стьюдента и Фишера по формулам 1 и 2. Результаты проверки представлены в таблице 13.

Таблица 13 - Оценка однородности высших уровней воды, по критериям Стьюдента и Фишера р. Ока у г. Новинки за 1933-2019.

Период наблюдений	Средние значения	Дисперсия	Критерии	
			Стьюдента	Фишера
1	2	3	4	5
1933-1976	71.3	2.54	<u>4.43</u>	<u>0.93</u>
1977-2020	69.8	2.72	1.99	0.55
			неоднородный	неоднородный

В столбцах 4 и 5 в числителе приводится расчётное значение критерия, а в знаменателе – его критическое значение.

Рассматриваемый период является неоднородным как по среднему значению, так и по дисперсии, следовательно, гипотеза об однородности опровергается.

Результаты проверки на значимость коэффициента автокорреляции представлены в таблице 14.

Таблица 14 – Оценка значимости коэффициента автокорреляции для р. Ока у г. Новинки за период наблюдений 1933-2019 гг.

$r(1)$	$t_{95\%}$	σ_r	$t_{95\%}\sigma_r$	$r(1) < t_{95\%}\sigma_r$
0.0015	0.20	0.1078	0.18	не опровергается

Коэффициент автокорреляции не выходит за пределы доверительного интервала, следовательно, гипотеза о случайности не опровергается, а коэффициент автокорреляции является статистически незначимым.

По рисунку 13 можно увидеть наличие тренда на уменьшение высших уровней воды.

Результаты проверки тренда на значимость представлены в таблице 15

Таблица 15 – Оценка значимости линейного тренда

Среднее значение	n	R^2	R	s_R	$ R /s_R$	$t_{2a=5\%}$	$H_0: R = 0$	Значимость тренда
70.6	88	0.34	0.58	0.09	6.62	1.99	опр	тренд значим

По 15 видно, что для рассматриваемого периода тренд является значимым, так как в результате климатических изменений происходит уменьшение максимального стока, следовательно, и высших уровней воды.

Хронологический ход высших уровней воды за рассматриваемый период (см. рисунок 13) показывает, что в последние десятилетия наблюдается уменьшение высших уровней воды. Ряд наблюдений за 1933-2019 год можно разбить на две квазиоднородные совокупности с переломом

в 1970 году. Среднее значение уровня воды за периоды 1933-1970 г. и 1971-2019 г составляет 71.3 м и 69.8 м соответственно.

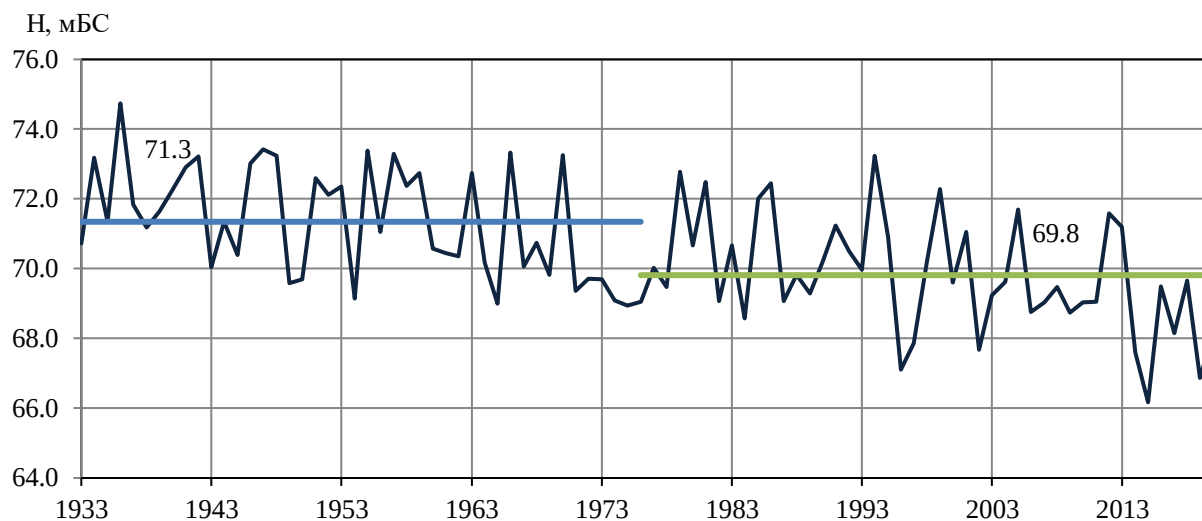


Рисунок 14. Многолетние колебания высших уровней воды у г. Новинки р.
ока за период 1933-2019 г.

Для периода наблюдений за 1933-2019 год были рассчитаны и построены эмпирические кривые обеспеченностей, а также выполнен подбор аналитических кривых обеспеченностей, соотношений C_s/C_v и рассчитаны параметры составной кривой распределения. Результаты расчётов показаны на рисунках 15-17 и представлены в таблицах 16-17.

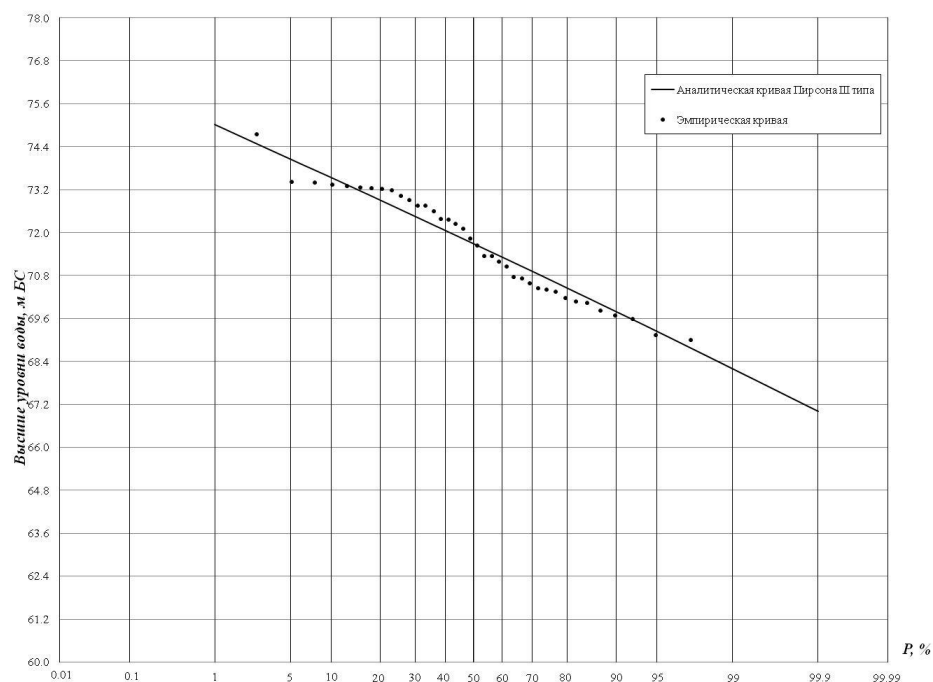


Рисунок 15. Эмпирическая и аналитическая кривые распределения высших в году уровней воды р. Ока у г. Новинки за 1933-1970 гг.

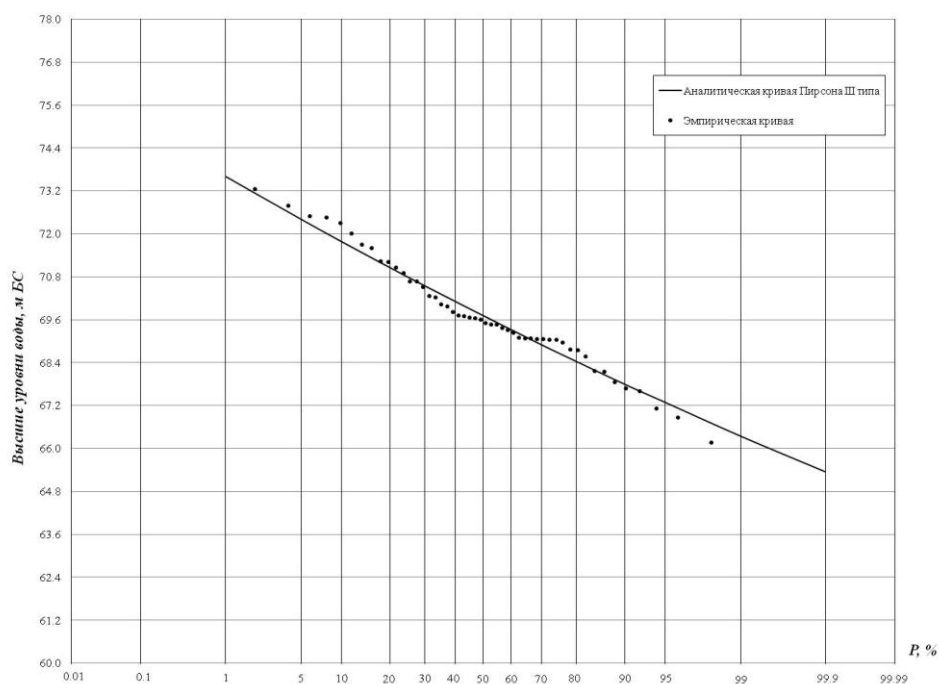


Рисунок 16. Эмпирическая и аналитическая кривые распределения высших в году уровней воды р. Ока у г. Новинки за 1970-2019 гг.

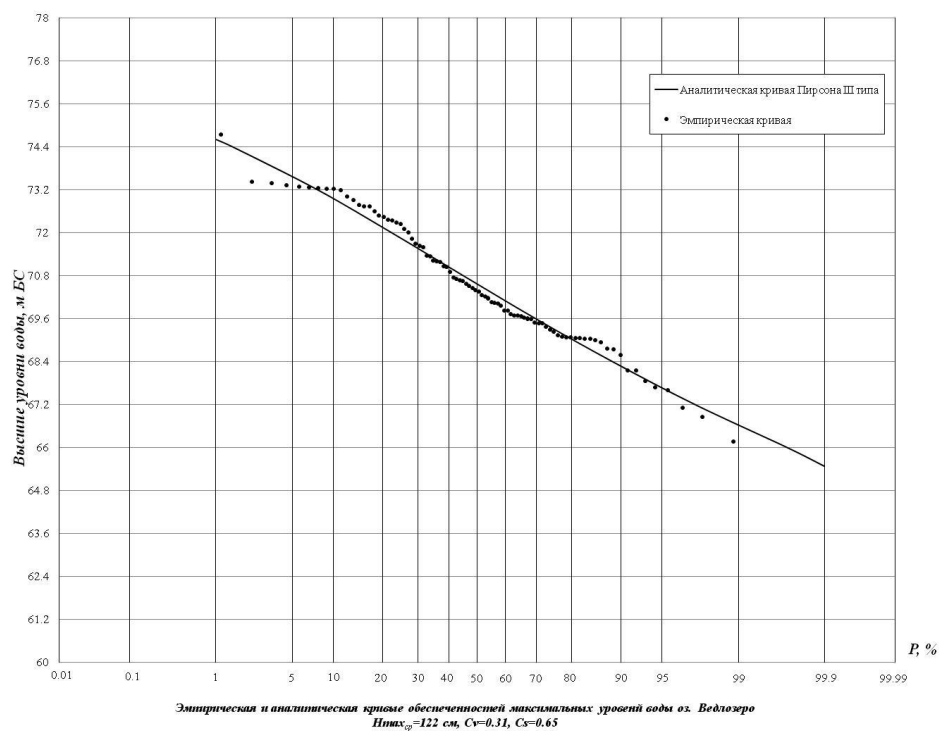


Рисунок 17. Составная кривая распределения высших в году уровней воды р. Ока у г. Новинки за 1933-2019 гг.

Таблица 16 – Параметры распределения р. Ока – г. Новинки за рассматриваемые периоды

период наблюдений	средние значения	Cv	Cs/Cv
1933-1970	71.67	0.020	-3.06
1971-2019	69.75	0.022	8.48
1933-2019	70.58	0.025	1.04

Таблица 17 – Расчетные значения высших уровней воды заданной обеспеченности по однородным и составной кривым распределения р. Ока – г. Новинки 1933-2019 гг.

Обеспеченность, %	период наблюдений		
	1956-1995	1996-2019	1956-2019
1	75.02	73.59	74.60
5	74.05	72.40	73.52
10	73.54	71.78	72.87
20	72.90	71.05	72.08
30	72.44	70.53	71.50
50	71.68	69.71	70.57
70	70.91	68.90	69.64
80	70.44	68.43	69.08
90	69.78	67.79	68.30
95	69.23	67.29	67.66
99	68.18	66.35	66.45
99.9	67.00	65.35	65.50

В соответствии с выполненными расчётами, уровень воды 1% обеспеченности по р. Ока у г. Новинки можно принять 74.6 м БС.

На уровенный режим рек Волги и Оки в узле их слияния могут оказывать влияние подпорные явления. Для этого был выполнен анализ суточных уровней воды за 1955 и 2012 гг. по ряду гидрологических постов, расположенных в районе узла слияния рек Волги и Оки.

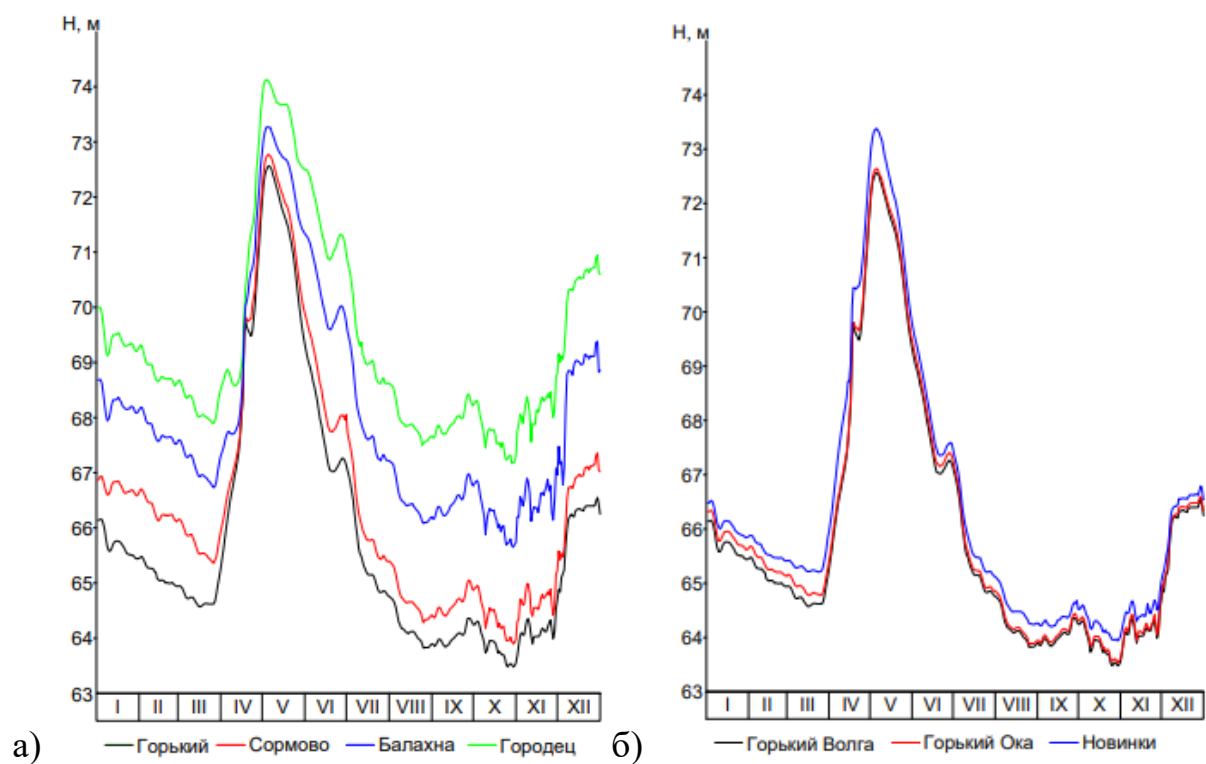


Рисунок 18. Графики ежедневных уровней воды за 1955 год на реках а) Волга и б) Ока

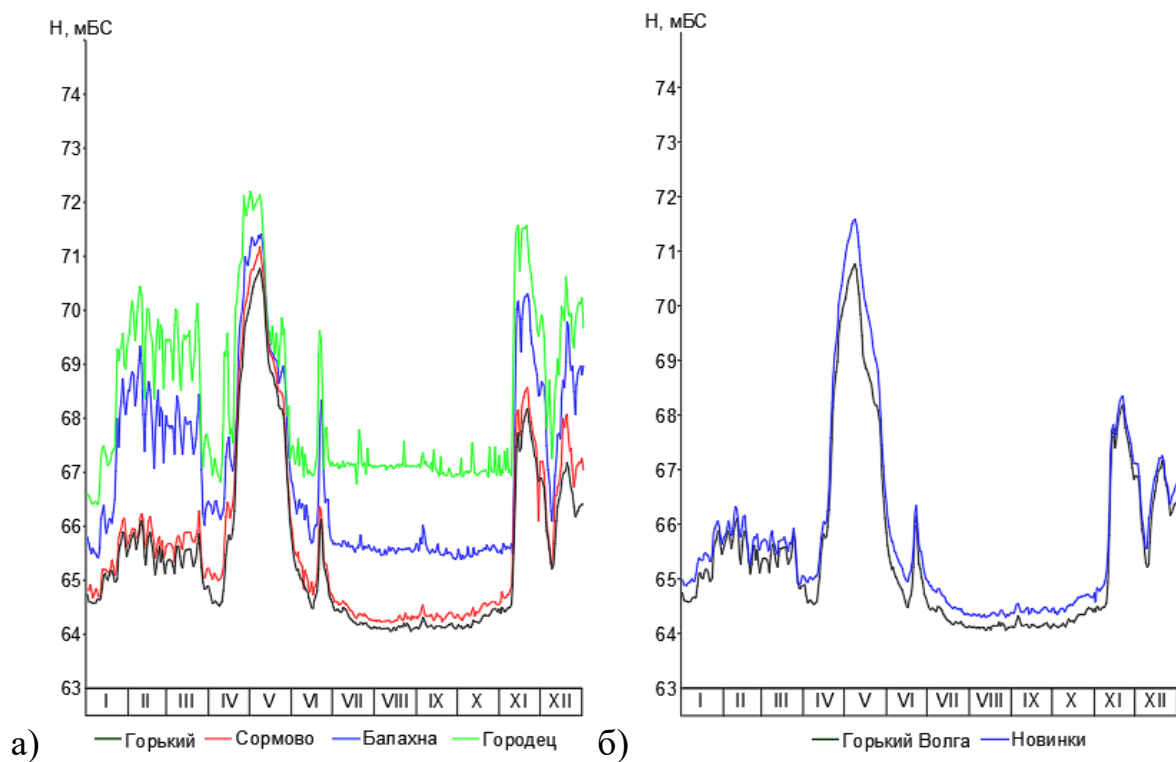


Рисунок 19. Графики ежедневных уровней воды за 2012 год на реках а) Волга и б) Ока

Данные по р. Ока у г. Нижний Новгород за 2012 год отсутствуют в связи с закрытием в 1964 году гидрологического поста.

Из рисунков 18 и 19 видно, что на р. Волга колебания уровней воды синхронны, это связано с тем, что на участке от Рыбинского водохранилища до г. Нижний Новгород нет крупных притоков которые могли бы оказать влияние на формирование высших уровней воды. Главным фактором, определяющим уровень режим, является расход воды, сбрасываемый с Горьковского водохранилища.

Вместе с тем, анализ графиков показывает, что уровни воды р. Волга у г. Сормово и р. Ока у г. Нижний Новгород формируется в условиях подпора [7]. Для более подробного изучения, рассмотрим продольные профили водной поверхности, уклоны водной поверхности, а также перепады уровней по рекам Волга и Ока за 1955 и 2012 гг. Результаты показаны на рисунках 20-23, а так же представлены в таблицах 18-25.

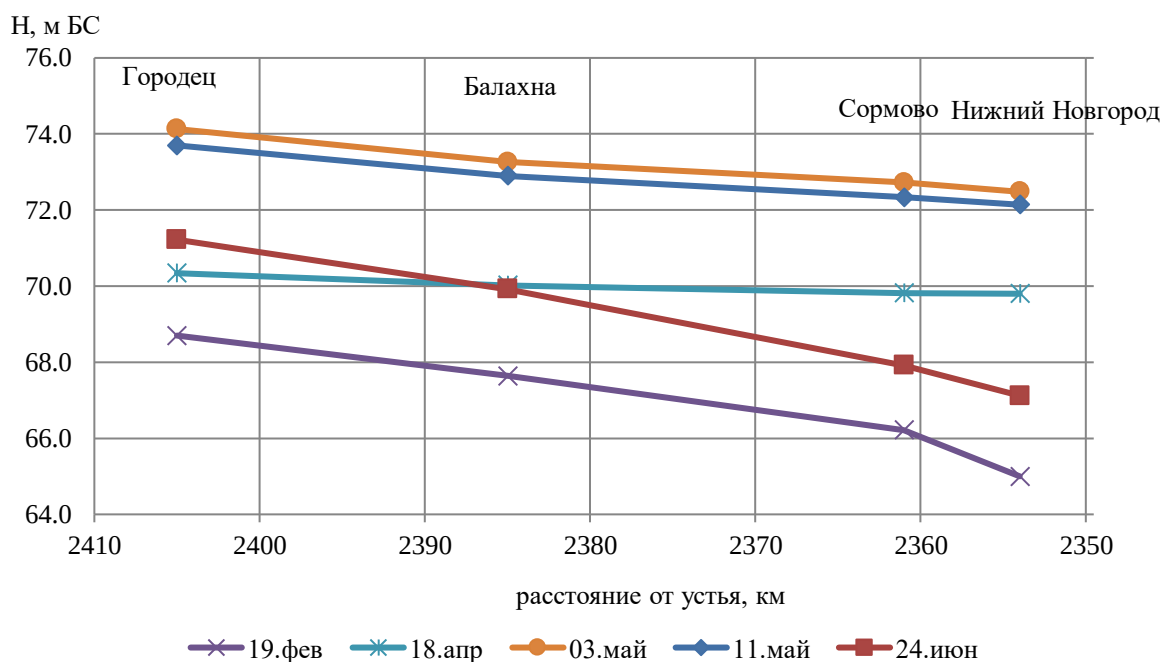


Рисунок 20. Продольные профили водной поверхности р. Волга на различные даты за 1955 год

Таблица 18 – Уклон водной поверхности на р. Волга за 1955 год на участках от г. Городец до г. Нижний Новгород

Дата	Уклон, ‰		
	Городец-Балахна	Балахна-Сормово	Сормово-Нижний Новгород
19.фев	0.053	0.059	0.174
18.апр	0.016	0.008	0.003
03.май	0.044	0.022	0.034
11.май	0.040	0.023	0.029
24.июн	0.065	0.083	0.114

Таблица 19 – Перепад уровней на р. Волга за 1955 год на участках от г. Городец до г. Нижний Новгород

Дата	ΔH , м		
	Городец-Балахна	Балахна-Сормово	Сормово-Нижний Новгород
19.фев	1.06	1.42	1.22
18.апр	0.32	0.20	0.02
03.май	0.87	0.54	0.24
11.май	0.80	0.56	0.20
24.июн	1.30	2.00	0.80

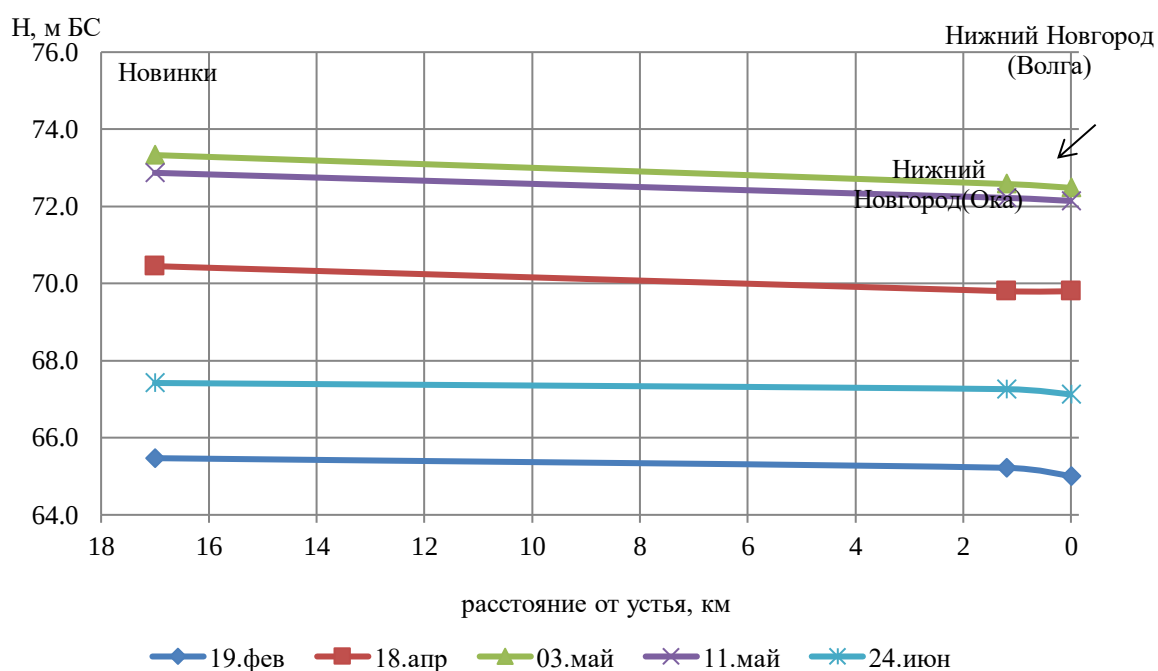


Рисунок 21. Продольные профили водной поверхности рек Волги и Оки на различные даты за 1955 год

Таблица 20 – Уклон водной поверхности на реках Волги и Оки за 1955 год на участках от г. Новинки до г. Нижний Новгород

Дата	Уклон, ‰	
	Новинки - Нижний Новгород (Ока)	Нижний Новгород (Ока-Волга)
19.фев	0.016	0.183
18.апр	0.041	0.051
03.май	0.047	0.083
11.май	0.041	0.067
24.июн	0.010	0.117

Таблица 21 – Перепад уровней на реках Волги и Оки за 1955 год на участках от г. Новинки до г. Нижний Новгород

Дата	ΔH , м	
	Новинки - Нижний Новгород (Ока)	Нижний Новгород (Ока-Волга)
19.фев	0.25	0.22
18.апр	0.65	0.06
03.май	0.75	0.10
11.май	0.65	0.08
24.июн	0.16	0.14

Из рисунка 20, а так же таблиц 16 и 17 можно увидеть, что на р. Волга по данным за 1955 год наименьшее значение перепадов уровней, а, следовательно, и уклонов водной поверхности наблюдается в период подъёма и спада половодья. На пике половодья перепад уровней воды на участках Балахна-Сормово и Сормово-Нижний Новгород составил 0.54 и 0.24 м соответственно.

На р. Ока наименьшие значения перепадов уровней воды на участке Новинки-Нижний Новгород (Ока) 24 июня и составляет 0.16 м.

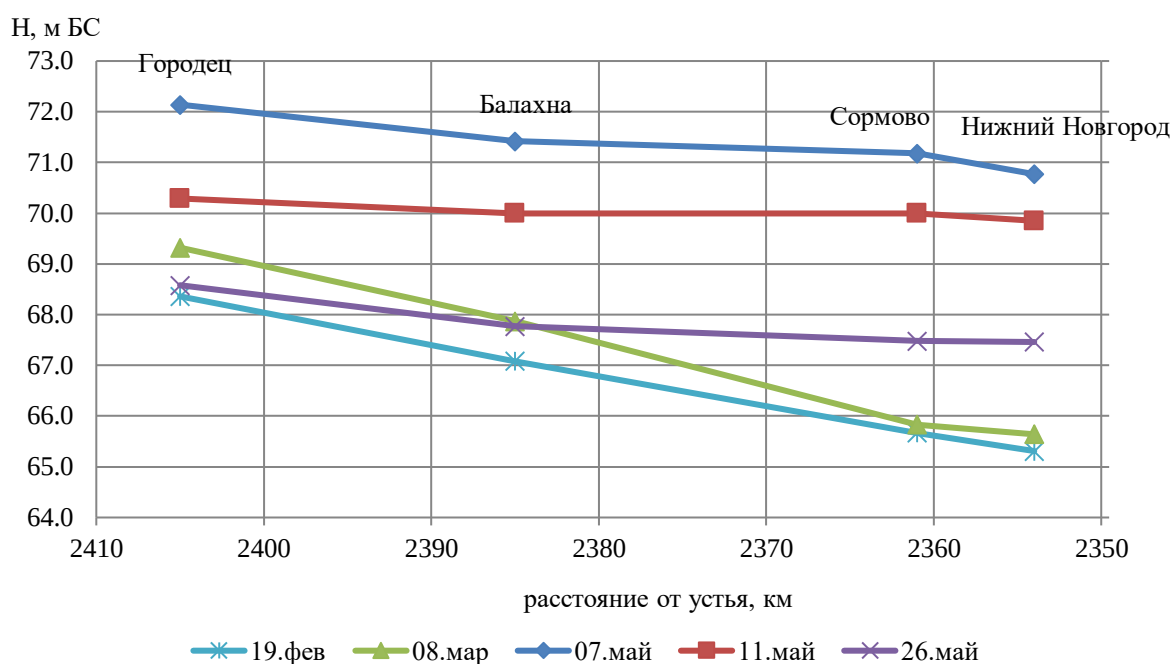


Рисунок 22. Продольные профили водной поверхности р. Волга на различные даты за 2012 год

Таблица 22 – Уклон водной поверхности на р. Волга за 2012 год на участках от г. Городец до г. Нижний Новгород

Дата	Уклон, ‰		
	Городец-Балахна	Балахна-Сормово	Сормово-Нижний Новгород
19.фев	0.064	0.059	0.051
08.мар	0.072	0.085	0.027
07.май	0.036	0.010	0.059
11.май	0.014	0.000	0.021
26.май	0.041	0.012	0.003

Таблица 23 – Перепад уровней на р. Волга за 2012 год на участках от г. Городец до г. Нижний Новгород

Дата	ΔH, м		
	Городец-Балахна	Балахна-Сормово	Сормово-Нижний Новгород
19.фев	1.28	1.41	0.36
08.мар	1.45	2.04	0.19
07.май	0.72	0.24	0.41
11.май	0.29	0.00	0.15
26.май	0.81	0.29	0.02

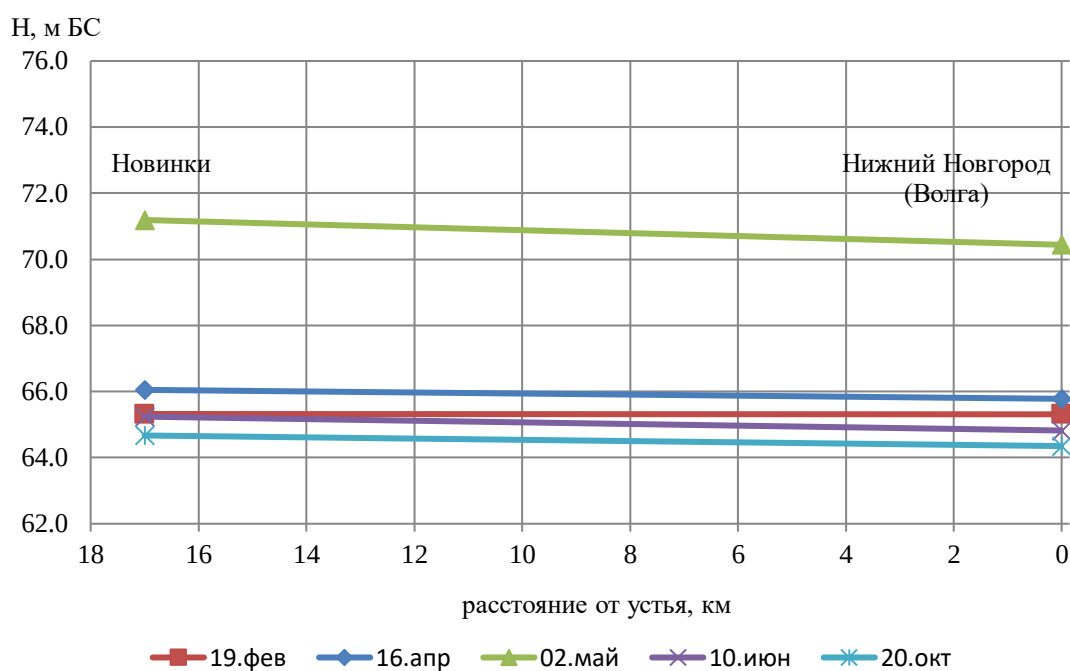


Рисунок 23. Продольные профили водной поверхности рек Волги и Оки на различные даты за 2012 год

Таблица 24 – Уклон водной поверхности на реках Волги и Оки за 2012 год на участках от г. Новинки до г. Нижний Новгород

Дата	Уклон, ‰
	Новинки - Нижний Новгород (Волга)
19.фев	0.001
08.мар	0.004
07.май	0.048
11.май	0.052
26.май	0.025

Таблица 25 – Перепад уровней на реках Волги и Оки за 2012 год на участках от г. Новинки до г. Нижний Новгород

Дата	ΔH , м
	Новинки - Нижний Новгород (Волга)
19.фев	0.01
08.мар	0.06
07.май	0.81
11.май	0.89
26.май	0.43

По данным за 2012 год, видно, что на р. Волга наименьшие значения перепадов уровней наблюдается на пике и спаде весеннего половодья.

На р. Ока наименьшее значение перепадов уровней воды наблюдается в период подъёма половодья и составляет 6 см. На пике половодья, перепад уровней воды равен 0.81 м.

Следовательно, по полученным результатам, которые представлены в таблицах 17-24, а так же на рисунках 20-23, можно сказать, что уровни воды р. Волга у г. Сормово и р. Ока у г. Нижний Новгород формируется в условиях подпора, что хорошо заметно в период половодья, когда перепады уровней воды минимальны.

Таким образом, с учётом выявленных подпорных явлений уровни воды обеспеченностью 1% р. Волга у г. Сормово и р. Ока у г. Нижний Новгород могут быть приближенно оценены соответственно 73.31 м БС и 73.18 м БС.

Заключение

Изменение высших уровней воды, а именно их уменьшение связано с климатическими изменениями. На р. Волга у г. Нижний Новгород определяющим фактором являются выше расположенные водохранилища. По сравнению с естественным водным режимом уровень воды обеспеченность 1% уменьшился на 3 м и составил 73.11 м БС.

Для р. Ока у г. Нижний Новгород в результате климатических изменений, средние значения высших уровней воды снизились на 1.9 м. Уровень воды обеспеченность 1% рассчитанный по составной кривой составляет 74.6 м БС.

С учётом выявленных подпорных явлений уровни воды р. Волга у г. Сормово и р. Ока у г. Нижний Новгород могут быть приближенно оценены соответственно 73.31 м БС и 73.18 м БС.

Литература

1. Ресурсы поверхностных вод СССР Том 10, Верхне-Волжский район под редакцией Ю.Е. Яблокова Московское отделение гидрометиздата Москва 1973.
2. Д. Л. Соколовский Речной сток. - 3-е изд. - ленинград: Гидрометиздат, 1968
3. В. Ю. Георгиевский, А. Г. Лобанова, Т.Г. Молчанова, Е.А. Грек, Е.В. Гуревич, Д.В.Георгиевский Основные гидрологические характеристики при нестационарности временных рядов обусловленной влиянием климатических факторов. - Санкт-Петербург: ФГБУ «ГГИ», 2017
4. Бардин М.Ю., Ранькова Э.Я., Платова Т.В., Самохина О.Ф., Корнева И.А. Современные изменения природного климата по результатам регулярного мониторинга // Метеорология и гидрология. - 2020. - №5
5. Б. Д. Зайков Высокие половодья и паводки на реках СССР за историческое время. - Ленинград: Гидрометеорологическое издательство, 1954.
6. Методические рекомендации по оценке однородности гидрологических характеристик и определение их расчетных значений по неоднородным данным- С-Пб., Нестор-История, 2010 г. 162 с.
7. Ефимова М.А., Георгиевский В.Ю. Наивысшие уровни рек Волги и Оки в узле их слияния // 2021

Приложение А

Высшие в году уровни воды на р.Волга – г. Нижний Новгород

Год	Н, м БС	Год	Н, м БС	Год	Н, м БС	Год	Н, м БС	Год	Н, м БС
1719	75.9	1877	73.0	1919	74.6	1961	69.7	2003	68.7
1751	75.3	1878	74.4	1920	74.3	1962	69.4	2004	69.1
1786	74.8	1879	74.7	1921	70.1	1963	71.2	2005	71.2
1788	74.9	1880	74.1	1922	73.1	1964	68.5	2006	68.2
1796	74.2	1881	75.0	1923	73.6	1965	68.5	2007	68.6
1806	74.8	1882	70.9	1924	74.5	1966	72.5	2008	69.2
1807	74.1	1883	72.2	1925	70.7	1967	68.5	2009	68.3
1808	74.2	1884	73.5	1926	76.1	1968	69.9	2010	68.6
1809	74.2	1885	71.5	1927	73.3	1969	69.2	2011	68.6
1810	74.0	1886	72.3	1928	73.9	1970	71.8	2012	70.8
1820	74.8	1887	72.3	1929	74.2	1971	69.3	2013	70.6
1821	74.8	1888	74.9	1930	69.7	1972	69.0	2014	67.4
1829	75.2	1889	74.4	1931	74.2	1973	69.2	2015	65.9
1844	75.2	1890	71.5	1932	74.8	1974	68.1	2016	69.0
1846	74.8	1891	68.9	1933	70.3	1975	68.5	2017	67.9
1850	74.8	1892	73.8	1934	72.6	1976	68.6	2018	69.1
1851	74.0	1893	72.7	1935	70.8	1977	69.1	2019	66.6
1852	73.2	1894	72.6	1936	74.2	1978	68.9		
1853	75.3	1895	74.9	1937	71.0	1979	71.8		
1854	73.0	1896	72.6	1938	70.8	1980	70.0		
1855	73.4	1897	72.8	1939	71.1	1981	71.4		
1856	74.0	1898	70.9	1940	71.6	1982	68.4		
1857	72.4	1899	74.6	1941	71.7	1983	69.9		
1858	71.0	1900	72.6	1942	72.0	1984	66.3		
1859	73.8	1901	74.1	1943	69.2	1985	71.1		
1860	72.9	1902	71.3	1944	70.7	1986	71.8		
1861	71.9	1903	73.6	1945	69.7	1987	68.6		
1862	74.5	1904	72.7	1946	72.0	1988	69.4		
1863	71.8	1905	73.5	1947	72.3	1989	69.0		
1864	72.8	1906	73.3	1948	72.1	1990	69.7		
1865	71.8	1907	72.9	1949	68.9	1991	70.8		
1866	72.6	1908	74.8	1950	68.9	1992	70.0		
1867	75.2	1909	72.2	1951	71.5	1993	69.5		
1868	73.4	1910	71.6	1952	71.0	1994	72.3		
1869	73.0	1911	71.6	1953	71.3	1995	70.4		
1870	72.6	1912	72.3	1954	68.4	1996	66.4		
1871	73.1	1913	72.8	1955	72.6	1997	67.7		
1872	72.6	1914	72.2	1956	69.9	1998	69.8		
1873	72.2	1915	74.5	1957	72.4	1999	71.6		
1874	72.5	1916	73.6	1958	71.6	2000	69.2		
1875	71.3	1917	74.4	1959	71.6	2001	70.3		
1876	72.9	1918	73.0	1960	69.6	2002	67.3		

Приложение Б

Высшие в году уровни воды на р.Ока – г. Новинки

Год	Н, м БС	Год	Н, м БС	Год	Н, м БС
1933	70.7	1962	70.4	1991	71.2
1934	73.2	1963	72.7	1992	70.5
1935	71.4	1964	70.2	1993	70.0
1936	74.7	1965	69.0	1994	73.2
1937	71.8	1966	73.3	1995	70.9
1938	71.2	1967	70.1	1996	67.1
1939	71.6	1968	70.8	1997	67.9
1940	72.2	1969	69.8	1998	70.3
1941	72.9	1970	73.3	1999	72.3
1942	73.2	1971	69.4	2000	69.6
1943	70.0	1972	69.7	2001	71.1
1944	71.3	1973	69.7	2002	67.7
1945	70.4	1974	69.1	2003	69.2
1946	73.0	1975	69.0	2004	69.6
1947	73.4	1976	69.1	2005	71.7
1948	73.2	1977	70.0	2006	68.8
1949	69.6	1978	69.5	2007	69.0
1950	69.7	1979	72.8	2008	69.5
1951	72.6	1980	70.7	2009	68.7
1952	72.1	1981	72.5	2010	69.0
1953	72.4	1982	69.1	2011	69.1
1954	69.1	1983	70.7	2012	71.6
1955	73.4	1984	68.6	2013	71.2
1956	71.1	1985	72.0	2014	67.6
1957	73.3	1986	72.5	2015	66.2
1958	72.4	1987	69.1	2016	69.5
1959	72.7	1988	69.8	2017	68.2
1960	70.6	1989	69.3	2018	69.7
1961	70.5	1990	70.2	2019	66.9