



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

Кафедра инженерной гидрологии

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА**  
(выпускная квалификационная работа)

На тему **Анализ изменений режима**  
**речного стока**  
**рек Московского региона**

Исполнитель Сабайда Екатерина Анатольевна  
(фамилия, имя, отчество)

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

Сакович Владимир Михайлович  
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»  
Заведующий кафедрой

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

Хаустов Виталий Александрович  
(фамилия, имя, отчество)

«13» июня 2022г.

Санкт-Петербург  
2022

## Содержание

Введение.....	3
1 Физико-географическая характеристика района исследования.....	5
1.1 Рельеф и геологическое строение .....	5
1.2 Почвы и растительность.....	7
1.3 Климатическая характеристика.....	8
2 Гидрография и гидрологический режим рек.....	11
2.1 Общая характеристика гидрографической сети .....	11
2.2 Особенности водного режима рек.....	12
2.3 Антропогенное воздействие на водные объекты.....	19
3 Гидрометеорологическая изученность и исходные данные.....	23
3.1 Характеристика гидрометеорологической изученности и используемых гидрологических и метеорологических данных .....	23
3.2 Формирование рядов сезонного стока и восстановление пропусков в данных о стоке рек .....	28
4 Оценка хронологических изменений климатических условий и стока рек на исследуемой территории .....	39
4.1 Анализ хронологических изменений среднегодовых и сезонных значений температуры воздуха .....	39
4.2 Анализ хронологических изменений среднегодового и сезонного стока рек.....	51
4.3 Анализ изменений статистических характеристик среднегодового и сезонного стока рек.....	67
4.4 Анализ изменений внутригодового распределения стока рек .....	69
Заключение .....	73
Список использованных источников .....	77
Приложение А Графики взаимосвязи анализируемых переменных .....	80
Приложение Б Совмещенные хронологические график хода температур воздуха по сезонам года по анализируемым МС.....	84
Приложение В Основные статистические характеристики рядов годового и сезонного стоков .....	85
Приложение Г Среднемесячные значения стока по ГП.....	87

## Введение

### **Актуальность темы.**

Московский регион является крупным потребителем водных ресурсов. Существующий водохозяйственный комплекс Московского региона в бассейне Оки начал складываться с 30 - х годов прошлого века. Основной задачей было обеспечение питьевого, промышленного, сельскохозяйственного водоснабжения; эффективной работы водного транспорта; создание рекреационных зон и снижение риска от наводнений. Большое количество водопотребителей с различными требованиями к подаче воды в различные сезоны года определяет зависимость функционирования всего водохозяйственного комплекса не только от величины общих водных ресурсов бассейна, их распределения по территории, но и характеристик водного режима рек Московского региона в их различные фазы.

Данные наблюдений о стоке рек за последние десятилетия свидетельствуют о том, что отмечаемые тенденции в изменении климата за последние десятилетия приводят к изменениям характеристик стока, в том числе сезонного перераспределения стока внутри года.

**Цель:** изучение современных особенностей изменений режима стока рек Московского региона в условиях меняющегося климата.

Для достижения цели были поставлены следующие **задачи:**

1. Изучить физико-географические особенности Московского региона, а том числе рельеф и геологическое строение, почвенный и растительный покровы, климатические параметры;
2. Изучить особенности водного режима рек и проанализировать степень антропогенного воздействия на водные объекты Московского региона;

3. Оценить гидрометеорологическую изученность Московского региона, выполнить подбор опорных метеостанций и гидрологических постов для исследования стока рек;

4. Сформировать ряды сезонного стока и выполнить восстановление пропусков в данных о стоке рек Московского региона;

5. Выполнить анализ хронологических изменений среднегодовых и сезонных значений температуры воздуха;

6. Выполнить анализ хронологических изменений среднегодового и сезонного стока рек, выявить тенденции в изменениях внутригодового распределения стока.

#### **Объект, состав и методика исследований:**

Объектом исследования являются реки Московского региона (бассейн р. Ока) с площадями водосбора от 3000 км<sup>2</sup> до 70000 км<sup>2</sup> входящие в объединяющий водосбор 244 тыс. км<sup>2</sup> на ГП Горбатов.

Исследования изменений режима стока проводились на основе данных наблюдений о среднемесячных расходах воды на 5 гидрологических постах и среднемесячных температурах воздуха 4 метеостанциях.

В состав работ входил:

- сбор и анализ материалов;
- восстановление единичных пропусков в рядах данных среднемесячного стока методом регрессионного анализа;
- статистическая обработка рядов наблюдений;
- временной анализ сезонных и годовых изменений стока рек, в основе которого лежало разделение рядов на два квазистационарных периода - до 1975 - 1976 гидрологического года и после 1976-1977 гидрологического года.

# 1 Физико-географическая характеристика района исследования

## 1.1 Рельеф и геологическое строение

Московский регион располагается в центральной части Восточно-Европейской равнины на стыке трех крупных геоморфологических районов: на западе Смоленско-Московской моренной возвышенности (II) и Москворецко-Окской моренно-эрозионной равнины (III), на востоке - Мещерской зандровой низменной равнины (Мещерская низина, IV), рисунок 1.1 [4].



Рисунок 1.1 - Физико-географические районы Московского региона [4]

В целом, возвышенные северная и западная части, достигающие 300 м высоты, постепенно переходят в равнинные и низменные территории заболоченной Мещерской низины на востоке региона. На юге располагается равнина с абсолютными отметками до 237 м, являющаяся отрогами Среднерусской возвышенности, сильно изрезанной долинами рек и оврагами.

Рельеф в большей части равнинный. Поверхности указанных орографических единиц осложнены возвышенностями/низменностями/равнинами более низкого порядка, а также значительно расчленены овражно-балочной и долинно-балочной сетью. Густота овражно-балочной сети достигает 0,9 - 1,1 км на 1 км<sup>2</sup> [8].





## 1.2 Почвы и растительность

Значительная площадь рассматриваемого региона определяет широкое разнообразие типов почв. В западной возвышенной части доминируют дерново-подзолистые почвы (разной степени оподзоленности) преимущественно суглинистого и глинистого состава. Серые лесные почвы (светлосерые, серые и темносерые) распространены к югу от Оки и в восточной части Москворецко - Окской равнины. В пределах низменностей на востоке и северо-востоке доминируют болотно-подзолистые и болотные почвы супесчаного и песчаного состава, рисунок 1.3 [4, 9]. По долинам крупных рек формируются полосы аллювиальных почв различной ширины, особенно широкие в долинах рек Оки, Москвы и Клязьмы. На территории крупных населенных пунктов формируются урбаноземы.



Рисунок 1.3 – Почвенная карта Московской области [4]

Бассейны рек характеризуются различной степенью залесенности (10-60%) и незначительной заболоченностью (менее 10%), лишь в пределах Мещерской низменности заболоченность увеличивается до 25% [6].

Московская область находится в пределах лесной полосы (крайний юг таежной зоны, зоны хвойно-широколиственных и широколиственных лесов и лесостепной зоны). По данным правительства Московской области на

01.01.2018 года леса занимают почти половину (более 47%) территории Подмосковья [9]; в некоторых районах (преимущественно на западе, севере области и на крайнем востоке, где сохранились крупные лесные массивы) зеленость превышает 80%, на Москворецко-Окской равнине она в основном не превышает 40%, в южных заокских районах — не достигает и 20%. Большая часть территории области входит в зону смешанных лесов. На территории Верхневолжской и Мещёрской низменностей много обширных болот и торфяников. Луга (пойменные и суходольные) в Московской области занимают не более 3 % территории. Они возникли в основном на месте лесов.

### **1.3 Климатическая характеристика**

Климат Московского региона умеренно-континентальный, со снежной, продолжительной умеренно-холодной зимой и влажным, умеренно-теплым летом. По климатическому районированию для строительства территория исследования находится в пределах климатического подрайона ПВ [2], зоне влажности II – нормальная [3].

В последние десятилетия для Московского региона характерны частые, подчас резкие смены погоды. Зимой погода - в декабре и феврале - часты оттепели, но они как правило непродолжительны. Летом устанавливается ясная, безоблачная погода, нередко происходит сильное прогревание поверхности, что является причиной засухи, лесных и торфяных пожаров. Вместе с тем нередки проникновения влажных воздушных масс с юга и запада, что приводит к похолоданию и дождям. Среднее годовое количество осадков 500-700 мм. Максимум осадков приходится на июль, а сходит в середине апреля. Средняя высота снежного покрова составляет 30-45 см. В виду значительной площади Московского региона климат несколько различается в разных ее частях [10-12].

Климат на западе Московской области в таких городах как Можайск, Волоколамск, Истра, Руза, Лотошино, Наро-Фоминск, характеризуется отно-



сительно холодной зимой и теплым летом. Температура в июле плюс 18,3 °С градусов, в январе минус 7,1 °С (таблица 1.1). Преобладают южные и северо-западные ветры, штиль наблюдается не часто (повторяемость не более 19%). Годовая сумма осадков 645 мм (таблица 1.2). Устойчивый снежный покров на западе Московского региона наблюдается с декабря по март, включительно. Средняя высота снежного покрова 35 см.

Климат северной части Московской области в Дубне, Клину, Дмитрове, Сергиевом-Посаде, Зеленограде, умеренно-континентальный, с температурами в январе минус 11 °С, в июле плюс 18 °С. Летом преобладают западные ветры, выпадает наибольшее количество осадков. Часто бывают ливни с грозами. Зимой арктические антициклоны могут вызывать похолодания до минус 40 °С и ниже.

Климат южной части Московской области в Кашире, Серпухове, Чехове, Подольске, Коломне, характеризуется теплым летом и умеренно холодной зимой. Средняя температура января минус 7,3 °С, июля – плюс 19,2 °С (таблица 1.1). Осадков выпадает около 560 мм за год (таблица 1.2), 2/3 – в виде дождя, 1/3 - в виде снега. В зимний период преобладают западные и южные ветра, в летний – южные. Максимум осадков приходится на июль, минимум - на февраль. Средняя высота снежного покрова 33 см.

На востоке Московского региона в сторону Владимира, в Шатуре, Егорьевске, Орехово-Зуево, Электростали, Жуковском, Раменском, континентальность климата выражена сильнее, чем на в западных частях Московской области. Погода здесь более холодная зимой и более теплая летом. Средняя температура января минус 10,5 °С, июля плюс 18,6 °С (таблица 1.1). Заморозки возможны во все месяцы кроме июля. Среднее количество осадков составляет 610 мм (таблица 1.2). наибольшее количество приходится на июль-август, наименьшее – на май. Высота снежного покрова 40 см. Преобладающими ветрами в течение года являются ветра южных румбов.

Сведения о климатических параметрах по метеостанциям Московского региона представлены в таблицах 1.1 – 1.3.

Таблица 1.1 – Средняя месячная и годовая температура воздуха [10, 11]

МС	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Кашира	-7,3	-6,9	-1,8	6,4	13,6	17,1	19,2	17,5	11,8	5,4	-1,3	-5,3	5,8
Можайск	-7,1	-7,7	-1,9	6,0	12,4	16,2	18,3	16,3	10,7	5,1	-1,6	-5,9	5,1
Владимир	-10,2	-9,4	-3,7	5,1	12,3	16,6	18,6	16,7	10,9	4,3	-2,5	-7,5	4,3
Москва, ВДНХ	-7,8	-7,1	-1,3	6,4	13,0	16,9	18,7	16,8	11,1	5,2	-1,1	-5,6	5,4

Таблица 1.2 - Среднее месячное и годовое количество осадков с поправками на смачивание (мм) [10 - 12]

МС	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Кашира	29	26	29	35	55	58	80	65	54	46	43	40	560
Наро-Фоминск	40	34	32	37	51	71	84	69	62	65	54	46	645
Владимир	40	33	32	38	47	70	71	60	57	65	52	45	610
Москва, ВДНХ	48	40	36	41	53	75	86	81	67	67	58	53	705

Таблица 1.3 - Средняя декадная высота снежного покрова по постоянной рейке (см) [10 - 12]

XI			XII			I			II			III			IV			Из наиб. за зиму		
1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	ср	max	min
МС Кашира																				
2	2	4	6	8	11	14	18	20	23	26	28	28	26	18	9	2	-	33	73	8
МС Наро-Фоминск																				
-	4	4	4	9	14	16	15	20	25	27	29	28	23	19	7	-	-	35	58	18
МС Владимир																				
2	3	5	8	10	14	20	22	26	30	33	36	32	23	8	1	-	-	40	82	13
МС Москва ВДНХ																				
-	-	7	11	14	16	22	25	29	34	36	37	36	35	29	-	-	-	43	67	11

## 2 Гидрография и гидрологический режим рек

### 2.1 Общая характеристика гидрографической сети

Большая часть рек Московского региона относится к Окскому бассейну. Площадь водосбора реки Оки составляет 245000 км<sup>2</sup>, длина – 1498 км. К Окскому бассейну относится порядка 19234 рек. Протяженность водотоков и их среднегодовой сток существенно различаются - 91,6% (или 17618 рек) характеризуются длиной менее 10 км [13] и часто представляют собой водотоки, которые в межень пересыхают/перемерзают. Средняя густота речной сети – 0,37 км/км<sup>2</sup> (максимальное значение 0,5 км/км<sup>2</sup>, минимальное – 0,2 км/км<sup>2</sup>).

Речные долины часто имеют трапецеидальную форму с широким плоским дном и высокими террасированными склонами, на отдельных участках – склоны долины представлены коренными бортами долины.

Поймы малых рек ровные, луговые, у средних и больших рек – рельеф пойм может быть осложнен формами рельефа соответствующего типа руслового процесса (например, для свободномеандрирующих рек - старицы, гривы, межгривовые понижения). Русла малых рек извилистые, с песчаным или глинисто-песчаным дном. Реки в основном мелководны, преобладающие глубины малых рек 0,8 - 1,5 м, средних рек 1,5 - 2,5 м, больших 2,5 - 3,5 м. На перекатах на реках всех размеров глубина менее 1 м и только на отдельных плесах достигает 4 - 10 м. Скорости течения изменяются от 0,2 - 0,4 м/с на плесах до 1,2 - 1,5 м/с на перекатах [30].

Продольные профили рек, как правило, выработанные, вогнутые, выглаживаются от верховий к устью. Преобладающие средневзвешенные уклоны малых рек 0,7 - 1,1 ‰, средних 0,4 - 0,6‰, больших 0,1 - 0,2‰.

В целом, для реки Московского региона характерно [30]:

- Равнинный тип.
- Спокойное течение (в среднем не более 0,5 м/сек).

- Широкие, хорошо разработанные речные долины с поймой и одной или несколькими террасами.
- Главные источники питания — талые снеговые воды (до 60% годового стока), дождевые воды (12—20% стока), остальное — подземные воды.
- Наивысший уровень воды в реках — весеннее половодье.
- Ледовый покров наблюдается примерно 5 месяцев в году. Ледостав обычно наблюдается с конца ноября, а вскрытие рек — в середине марта.
- Значительная антропогенная освоенность бассейнов.

## 2.2 Особенности водного режима рек

Питание рек региона исследования происходит за счет талых вод (снеговое питание), жидких осадков и подземного стока. На долю снегового питания приходится до 60% годового стока, на грунтовое – до 20% и дождевое – 12-20% годового стока. Реки района исследований наиболее многоводны в тёплую часть года, когда наблюдается весеннее половодье и паводки смешанного или дождевого происхождения [5, 6].

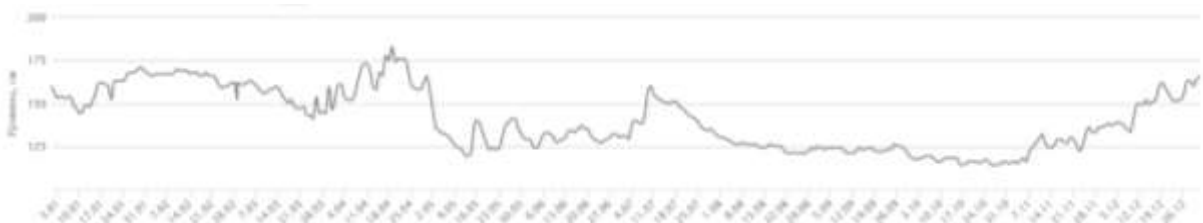
По классификации Б.Д. Зайкова и Д.Л. Соколовского реки района исследования относятся к восточно-европейскому типу внутригодового распределения речного стока [5, 6]. Внутригодовой режим стока рек в естественных условиях характеризуется четко выраженным высоким весенним половодьем, пониженной водностью в период летней и зимней межени и повышением стока в период осенних дождевых паводков. Зимние паводки, вызванные таянием снега, наблюдаются редко. Большой частью к зимним паводкам относятся паводки смешанного происхождения от выпадения дождей и таяния снега, которые наблюдаются обычно в первую половину зимы (ноябредекандре). – Зимние паводки характерна для квазистационарного климатического периода до 1975 года. В последние десятилетия в связи с общей тенденцией к потеплению климата наблюдаются изменения объемов стока зимнего сезона.

Распределение стока по сезонам внутри года характеризуется крайней неравномерностью. Доля стока весеннего сезона сильно изменяется от года к году и может составлять от 50 до 90%, в среднем составляет 60% от годового; летне-осеннего – 20-25 %; зимнего – 6-10 % годового стока. Максимум летне-осеннего стока приходится преимущественно на июнь, минимум на август – сентябрь. Минимальный годовой сток наблюдается в холодный период года во время зимней межени, которая продолжается в среднем 5 – 6 месяцев.

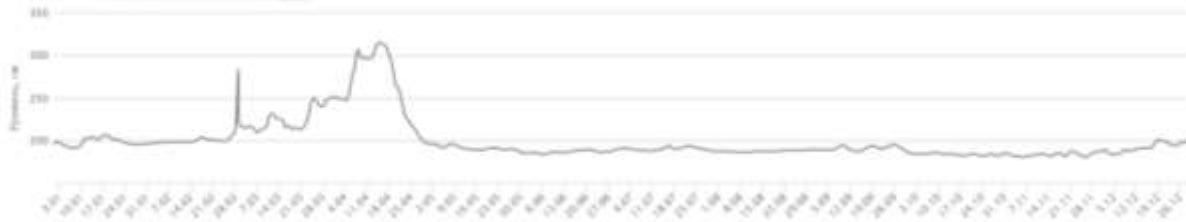
**Весеннее половодье** является основной фазой гидрологического режима рек рассматриваемого региона. Сток весеннего половодья формируется прежде всего талыми водами (80-90% объема весеннего стока), а также дождевым и частично подземным стоком. В отдельные годы дождевые паводки увеличивают долю дождевого стока в объеме весеннего половодья до 20-25% (обычно это значение не превышает 10%). Характер половодья зависит от многих факторов: географическое положение водосбора, взаимосвязь поверхностных и подземных вод, состояние и особенности подстилающей поверхности, высота водосборного бассейна, климатические и другие факторы. Все это определяет «дружность» весны, характер таяния снега и условия формирования половодья.

Обычно половодье на реках участка исследования проходит в виде одной резко выраженной волны стока, на спаде несколько осложненной дополнительными пиками меньшего размера, что особенно характерно для малых рек. Пики на спаде половодья чаще всего являются результатом весенних дождей. На рисунке 2.2 представлены осредненные графики годового хода уровней воды на анализируемых гидрологических постах [15]. На гидрографах выражен один пик половодья, исключение составляет зарегулированный сток р. Москва (рисунок 2.2. А).

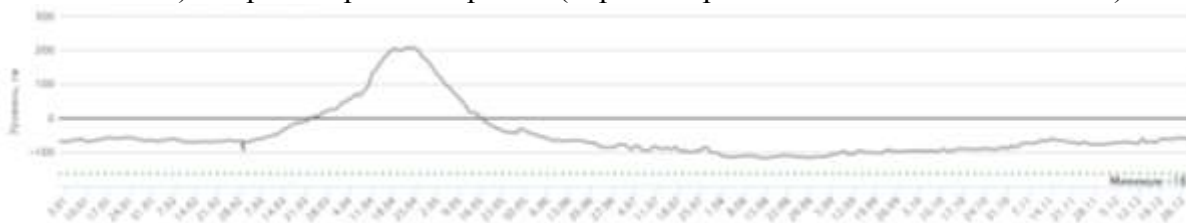
Слой стока весеннего половодья на участке исследования уменьшается с севера (с 110 мм) на юг (до 80 мм), рисунок 2.3.



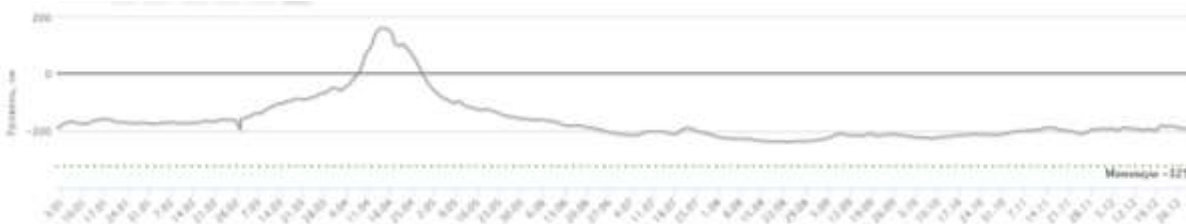
А) ГП р. Москва – г. Звенигород (период осреднения - с 2002 г. по 2021 г.)



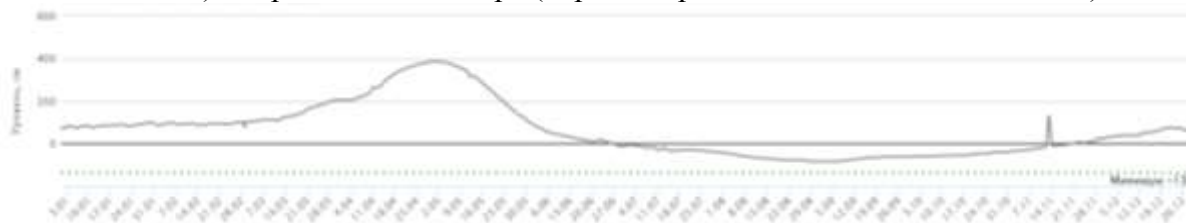
Б) ГП р. Осетр – д. Маркино (период осреднения - с 2002 г. по 2021 г.)



В) ГП р. Клязьма – г. Владимир (период осреднения - с 1999 г. по 2021 г.)



Г) ГП р. Ока – г. Кашира (период осреднения - с 1999 г. по 2021 г.)



Д) ГП р. Ока – г. Горбатов (период осреднения - с 1999 г. по 2021 г.)

Рисунок 2.2 – Графики годового хода уровня воды на ГП [15]

На реках Московского региона весеннее половодье в среднем заканчивается в третьей декаде апреля – первой декаде мая. Средняя продолжительность весеннего половодья составляет 37 дней, наибольшая – 60 – 120, наименьшая – 25 – 30 дней. Коэффициент вариации слоя стока на участке исследования изменяется от 0,30 до 0,50 (рисунок 2.4), в среднем - 0,4;  $C_s/C_v$  – 2,0 [5].





среднее многолетнее



коэффициента вариации

Рисунок 2.3 – Карты распределения параметров слоя стока [5]

После спада половодья (с III декады мая – I декады июня) на реках региона устанавливается **летне-осенняя межень**, которая характеризуется прохождением относительно небольших расходов воды, стоянием низких уровней воды периодически прерываемых дождевыми паводками. Доля суммарного стока за этот сезон составляет в среднем 20 % от годового.

Минимальный сток и наиболее низкий уровень для большинства рек Московского региона приходится на июнь – август, когда испарение достигает максимума и выпавшие атмосферные осадки либо испаряются, либо фильтруются в грунт. Наиболее ранние сроки установления минимальных уровней воды могут наблюдаться в мае, сразу после окончания весеннего половодья, позднее – в ноябре, перед появлением на реках ледовых явлений.

Средний слой стока за период межени варьирует от 30 – 35 мм на северо-востоке участка исследования до 10 мм на юго-востоке [6].

Продолжительность летне-осенней межени может изменяться от 100 до 160 суток в разные годы. Продолжительность наиболее маловодного периода в среднем составляет 10-15 дней, в отдельные засушливые годы – до 20-30 дней [6]. Основное питание в этот период осуществляется за счет подземных вод.

Летне-осенняя межень практически ежегодно нарушается прохождением **дождевых паводков**, число и величина которых изменяются и по годам, и по территории. Дождевые паводки формируются, если количество осадков больше потерь на смачивание, аккумуляцию и испарение, а интенсивность выпадения осадков превышает интенсивность инфильтрации и фильтрации. Следовательно, на малых водосборах наиболее высокие паводки формируются при выпадении коротких, но интенсивных ливней, а на больших – продолжительные обложные дожди.

Увеличение стока в теплое время года наблюдается ежегодно, но четко выраженные паводки фиксируются не всегда. Меньше всего вероятность формирования дождевых паводков выражена в августе-сентябре, но в целом, дождевые паводки могут наблюдаться в каждом месяце летне-осеннего меженного периода. В последние десятилетия на реках Клязьма, Ока, Москва наблюдалось повышение стока в ноябре (рисунок 2.2), при этом паводки имеют преимущественно смешанное, снегодождевое происхождение.

Определяющими факторами продолжительности паводков являются продолжительность и характер выпадения осадков и время добегания. Обычно паводки имеют островершинную форму и характеризуются резким подъемом и спадом уровня. Паводки обычно кратковременные и продолжительность одного паводка составляет по 2-5 дней.

В целом объем стока и наибольшие уровни дождевых паводков в среднем ниже максимумов весеннего половодья, однако в отдельные годы на реках района исследований высота паводочного подъема может превышать наибольшую высоту подъема половодья (за один и тот же год). Максимальный слой стока дождевых паводков вероятностью превышения 1% для рек исследуемого региона составляет 40-45 мм.

В конце ноября на реках Московского региона начинается **зимняя межень**, которая длится по февраль включительно. Реки в это время переходят только на подземное питание, водность их резко падает, реки мелеют. Обычно, в этот период наблюдаются минимальные годовые расходы воды, а малые

водотоки, при отсутствии устойчивого грунтового питания, в суровые зимы перемерзают. Слой стока зимней межени изменяется от 30-35 мм на северо-западе региона до 5 – 10 мм на юго - востоке.

Устойчивая зимняя межень, характеризуется незначительными колебаниями уровня с некоторой тенденцией на повышение уровня с начала ледостава к началу половодья [5, 6]. Сток зимней межени меньше летне-осеннего сезона и составляет до 10 % годового. Минимальные уровни воды приходятся на период активного ледообразования в конце ноября – начале декабря и в предполоводный период во второй половине марта, реже в III декаде февраля. В целом зимний сток понижается от начала ледостава к концу зимы.

Замерзание рек и установление ледостава нередко сопровождается повышением уровня, вызываемым стеснением живого сечения реки льдом.

Ледовые явления на реках Московского региона начинаются через 3-5 дней после перехода средней температуры воздуха через 0<sup>0</sup>C. Появление первых ледовых образований (сало, забереги) на реках в среднем наблюдается в первой декаде ноября [6]. Образование и развитие заберегов обычно происходит через 3 – 4 дня после перехода температуры воздуха через 0<sup>0</sup>C.

Нередко первые ледовые образования разрушаются из-за потеплений, и появление их наблюдается повторно. При возвратах тепла в отдельные годы может наблюдаться временный ледостав или временное вскрытие реки после установления ледостава. В этот период на реках проходит осенний ледоход, средняя его дата приходится на начало декабря.

Характерные даты ледовых фаз на реках района исследования приведены в таблице 2.1 [18].

Таблица 2.1 – Характерные даты ледовых фаз на реках района исследования

Ледовая фаза	Дата и продолжительность в днях		
	Средняя	Ранняя (наиб.)	Поздняя (наим.)
Начало ледовых явлений	09.11	15.10.1976	01.12.1978
Начало ледостава	06.12	28.11.1973, 1975	28.12.1972
Окончание ледовых явлений	03.04	19.03.1975	15.04.1970
Продолжительность ледовых явлений	145	167 (1976-77)	110 (1976-77)
Продолжительность ледостава	118	154 (1968-1969)	92 (1974-75)
Продолжительность весеннего ледохода	3	6 (1971-72)	0 (43%)

Мощность льда на реках зависит и от притока тепла подземных вод. Так, некоторые ручьи, благодаря подтоку относительно теплых и минерализованных вод замерзают только в очень суровые зимы. Сказывается на тепловом режиме рек и хозяйственная деятельность.

Массовое таяние льда на реках начинается в первых числах апреля, через 2-8 дней после перехода температуры воздуха через 0<sup>0</sup> С. Средняя продолжительность всех ледовых явлений составляет 145 дней (от 110 до 167 дней) и включает разные стадии формирования устойчивого ледяного покрова. На реках с площадью водосбора менее 300 км<sup>2</sup> лед тает на месте.

Среднемноголетняя температура воды за летний период составляет 11<sup>0</sup>-16<sup>0</sup> С. На температуру значительно влияют азональные факторы. Повышенное грунтовое питание приводит к понижению температуры воды на 2<sup>0</sup> – 4<sup>0</sup> С. Также активно способствуют повышению температуры промышленные и бытовые стоки. Прогрев воды начинается ранней весной еще при наличии ледового покрова. Устойчивый переход воды через 0.2<sup>0</sup> С начинается через 3-8 дней после перехода воздуха через 0<sup>0</sup> С.

Согласно данным ФГБУ Центрального УГМС в Московском регионе на исследуемых гидрологических постах могут наблюдаться опасные гидрологические природные явления (ОЯ) (таблица 2.2).

Таблица 2.2 - Гидрологические опасные природные явления (ОЯ) на исследуемых водотоках [14]

№ п/п	Река - пост	А.3.1 Высокое половодье, см	А.3.2 Зажор, см	А.3.3 Затоп, см	А.3.4 Высокий паводок, см	А.3.5 Низкая межень, см	А.3.6 Раннее ледообразование		А.3.7 Очень большие расходы	А.3.8 Очень малые расходы
							появление льда	начало ледостава		
1	р. Москва – г. Звенигород	573	573	573	573	-	-	-	637	11,2
2	р. Клязьма – г. Владимир	500	500	500	500	-180	28 10	31.10	917	27,7
3	р. Осетр – д. Маркино	966	966	966	966	-	-	-	498	-
4	р. Ока – г. Кашира	1092	1092	1092	1092	-264	04.11	12.11	4740	102

5	р. Ока – г. Горбатов	839	839	839	839	-171				
---	-------------------------	-----	-----	-----	-----	------	--	--	--	--

### 2.3 Антропогенное воздействие на водные объекты

В Московском регионе производится значительная часть промышленной и сельскохозяйственной продукции, проживает значительная часть населения страны, что определяет высокую степень антропогенной нагрузки на водосборные площади в целом и водные объекты в частности.

Практически повсеместно происходит замена естественных ландшафтов речных водосборов урбанизированными, что приводит к значительному изменению внутригодового режима стока реки, особенно в периоды весеннего половодья и дождевых паводков. Особенностью формирования объема и максимального расхода весеннего половодья с территорий современных больших городов является то, что они не имеют функциональной связи со снегозапасами и характером предшествующей зимы.

На урбанизированных территориях также происходит перераспределение стока и по источникам питания. Увеличение доли непроницаемых поверхностей (крыши домов, асфальтовые покрытия) и слабоводопроницаемых (уплотненные почвогрунты на спланированных поверхностях) приводит к повышению доли поверхностного стока (50 %) и снижению его грунтовой составляющей из-за сокращения площади фильтрации (10 %), что в свою очередь способствует наиболее быстрому формированию максимальных расходов воды. Понижение роль талых вод обусловлено вывозом снега и его сбросом в реку Москву, её притоки и коллекторы в течение всей зимы. Возросло поступление вод, сбрасываемых после их бытового и промышленного использования.

Но наиболее значимое влияние на сток рек оказывает организация гидротехнических сооружений, в том числе водохранилищ. Далее рассмотрим влияние данного фактора на исследуемые водотоки более детально.

## **Река Ока**

Непосредственно русло реки Ока «живет» в естественных условиях, водохранилища расположены только на притоках реки. На Оке организованы два гидроузла с плотинами – Новый Кузьминский гидроузел, расположенный в Рязанской области в районе с. Кузьминское, и Белоомутский в Московской области в районе п. Белоомут. Оба гидросооружения оснащены шлюзовыми камерами для обеспечения судоходства. Гидроузлы были построены еще в начале прошлого века для того, чтобы соединить Москву с Волгой и Поволжским регионом, городом Нижний Новгород. В дальнейшем были реконструированы.

Ранее на Оке работали Шаховская и Вендеревская малые ГЭС. Первая начала работу в 1953 году, но уже в начале 1970-х была выведена из строя в связи с запуском Единой энергосистемы СССР.

## **Река Москва**

С 1930-х гг. для улучшения водообеспечения питьевой водой г. Москвы началось проектирование системы водохранилищ на р. Москве и ее притоках, и с середины XX века сток воды Москвы становится зарегулированным гидроузлами: Истринским (с 1935 г), Можайским (с 1960 г), Рузским (с 1966 г) и Озернинским (1967 г). Водохозяйственные показатели водохранилищ Москворецкой водной системы приведены в таблице 2.3. Суммарный полезный объем четырех водохранилищ составляет 748,4 млн. м<sup>3</sup>.

В естественных условиях водный режим р. Москвы значительно отличался от современного. До создания водохранилищ расход воды реки Москва в меженный период падал до 9 м<sup>3</sup>/с, а в отдельные месяцы до 7 м<sup>3</sup>/с. Водоохранилища обеспечивают в наиболее засушливый год расход до 29 м<sup>3</sup>/с. Максимальные расходы воды в пределах г. Москвы (в створе Бабьегородской плотины) в отдельные годы достигали 2000 м<sup>3</sup>/с и более (2033 м<sup>3</sup>/с в 1895 г, 2880 м<sup>3</sup>/с в 1908 г, 2160 м<sup>3</sup>/с в 1926 г).

С 1937 г введен в эксплуатацию канал имени Москвы, по которому осуществляется переброска воды из р. Волги. Одна часть перекачиваемого стока



(около 40 м<sup>3</sup>/с) идет на обводнение реки Москва, ее притока Яузы, рек бассейна р. Оки – Клязьмы и Учи; а вторая (порядка 30 м<sup>3</sup>/с) – на водоснабжение города Москвы. С 1978 г производится дополнительная переброска части стока из верхнего течения р. Волги по рекам Вазузе и Рузе в р. Москву, что увеличивает ее расход воды еще на 12 м<sup>3</sup>/с.

Таблица 2.3 - Водохозяйственные характеристики основных Москворецких водохранилищ [13]

Характеристика, размерность	Значение характеристики по водохранилищам			
	Можайское на р.Москва	Рузское на р.Руза	Озеринское на р.Озернн	Истринское на р.Истра
Местоположение плотины	д. Марфин Брод	д. Палашкино	д. Васильевское	с. Бужарово
Год ввода в эксплуатацию	1960	1966	1967	1935
Площадь водосбора, км <sup>3</sup>	1380	1150	738	1010
Отметка НПУ, м	183,0	182,5	182,5	170,0
Отметка УМО, м	170,0	169,0	169,0	158,6
Объем водохранилища млн.м <sup>3</sup> – полный	235,0	219,	143,8	183,0
	221,4	215,78	141,0	171,5

У пос. Павшино забор воды из р. Москвы на водоснабжение столицы уменьшает водоносность реки более чем на 50%. Ниже вода из Канала им. Москвы компенсирует это уменьшение. Между Перервинской плотиной и плотиной Софьино в р. Москву осуществляется сброс воды после ее очистки из городских очистных сооружений.

### **Река Клязьма**

В верхнем течении Клязьма преобразована в связи со строительством канала им. Москвы. Вместо естественного стока в реку поступают (в том числе и через р. Учю) зарегулированные расходы из системы водохранилищ канала им. Москвы. Здесь Клязьма протекает по Клязьминскому (в том числе его части – Пироговскому) водохранилищу. Режим водохранилища полностью определяется установленными правилами эксплуатации и зависит от его назначений: водоснабжение, обводнение, водный транспорт, энергетика, рекреация. За время эксплуатации Пироговского гидроузла наибольший сброс составил 10 м<sup>3</sup>/с в течение 7-10 суток и наблюдался дважды: в 1966 и

1970 гг. В таблице 3.3 приведены основные характеристики Клязьминского водохранилища по данным сайта Агентства водных ресурсов [16] и ФГБУ «Канал им. Москвы» [17].

Таблица 3.3 – Характеристики Клязьминского водохранилища [17]

Характеристика, размерность	Значение
Местоположение плотины	д. Пирогово
Год ввода в эксплуатацию	1937
Отметка нормального подпорного уровня (НПУ), м	162.11
Отметка минимально допустимого уровня в зимний период (УМО), м	160.0
Отметка форсированного подпорного уровня (ФПУ), м	162.31
Площадь зеркала водохранилища при НПУ, км <sup>2</sup>	15.16
Площадь зеркала водохранилища при УМО, км <sup>2</sup>	11.51
Полный статический объем водохранилища при НПУ, млн. м <sup>3</sup>	87.0
Полезный объем водохранилища между НПУ и УМО, млн. м <sup>3</sup>	27.08

Гидрологический пост р. Клязьма – г. Щелково, расположенный ниже по течению от Пироговского гидроузла, замыкает водосборную площадь 320 км<sup>2</sup>. Анализируемый ГП р. Клязьма – г. Владимир замыкает водосборную площадь в 14300 км<sup>2</sup>, которая более чем в 40 раз превосходит зарегулированную часть водосбора. Следовательно, верхняя преобразованная часть водосбора р. Клязьма незначительна по отношению к водосбору в створе г. Владимир.

### **Река Осетр**

В настоящее время на реке Осетр действующие гидротехнические сооружения отсутствуют, естественный сток не зарегулирован. В середине 1960-х гг. функционировали Зарайская плотина, Ливандийская ГЭС с одноименной плотиной, плотина в п. Серебрянные пруд. В настоящее время плотины частично разрушены, сток самопроизвольный, поддерживается местный перепад высот, влияния на сток плотины не оказывают.

### 3 Гидрометеорологическая изученность и исходные данные

#### 3.1 Характеристика гидрометеорологической изученности и используемых гидрологических и метеорологических данных

##### *Метеорологическая изученность*

В настоящее время наблюдения и изучение гидрометеорологической ситуации на территории Москвы и Московской области выполняет ФГБУ «Центральное УГМС», которая осуществляет постоянный мониторинг за гидрометеорологическими процессами, состоянием окружающей среды и её загрязнением, за возникновением опасных природных, в том числе гидрологических, явлений.

Согласно данным официального сайта ФГБУ «Центральное УГМС» [14] в пределах Москвы и Московской области наблюдения проводятся на:

- 35 стационарных постах наблюдений за загрязнением атмосферного воздуха Государственной сети наблюдений (ГСН),
- 37 пунктах (60 створов) контроля за состоянием поверхностных вод,
- 17 метеорологических станциях,
- 1 метеорологическом посту,
- 4 агрометеорологических постах,
- 36 гидрологических постах,
- 16 пунктах наблюдения за радиационной обстановкой,

расположенных на территории города Москвы и Московской области. Схема расположения метеорологической наблюдательной сети ФГБУ «Центральное УГМС» на территории города Москвы и Московской области представлена на рисунке 3.1.

Для анализа изменения климатической обстановки в Московском регионе в качестве опорных метеорологических станций на территории Москвы и Московской области выбраны: МС Кашира, МС Можайск, МС Москва ВДНХ. Для анализа изменений климатических параметров в нижнем течении

бассейна реки Ока использовались данные по метеостанции в г. Владимир. Выбор метеостанций определен наличием и полнотой исходных данных по МС; расположением станций с учетом охвата всего рассматриваемого региона. В таблице 3.2 приведены основные сведения по метеостанциям; на рисунке 3.4 – расположение метеостанций на участке исследования.

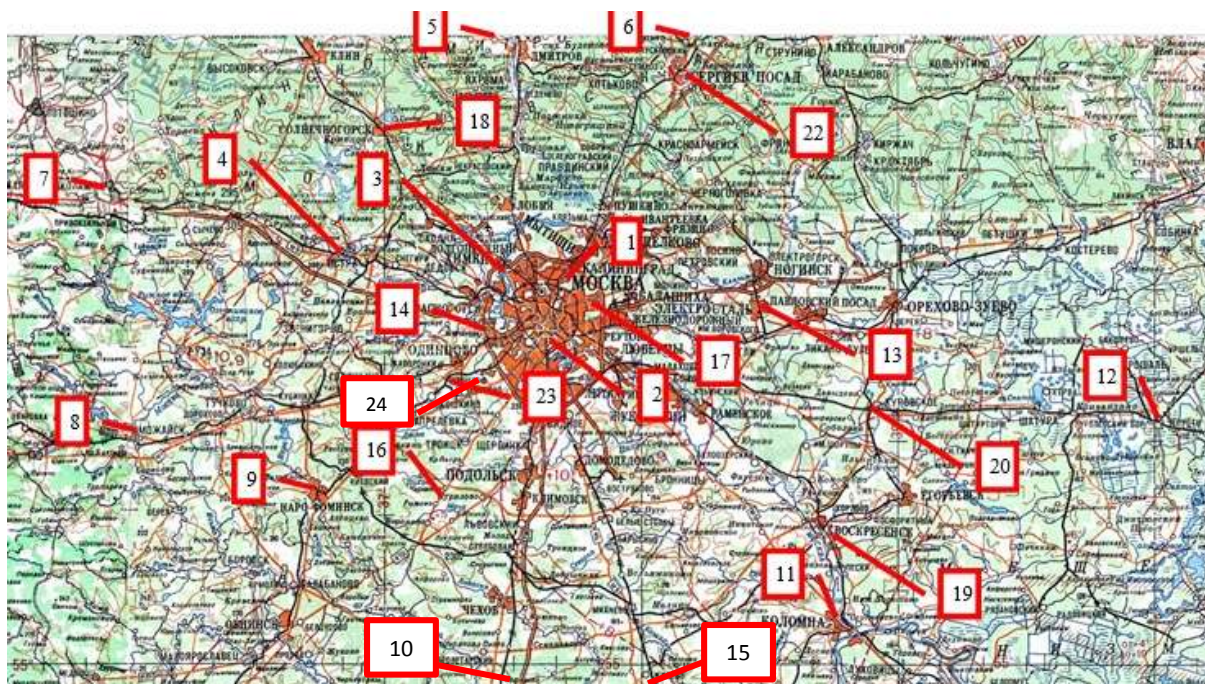


Рисунок 3.1 - Схема расположения метеорологической наблюдательной сети ФГБУ «Центральное УГМС»

Таблица 3.1 - Метеорологическая наблюдательная сеть ФГБУ «Центральное УГМС» в пределах Москвы и Московской области

№	Станция, Пост	Адрес
1	Москва, ВДНХ	г. Москва, ВДНХ, Проспект Мира, вл.119,стр.423
2	Москва, Балчуг	г. Москва, Средне-Овчинниковский пер. д.1., стр. 4
3	Москва, Тушино	г. Москва, пос. Новобутаково, д.39, стр.1
4	Ново-Иерусалим	МО, Истринский р-н, с. Лучинское, ул. Центральная, д.31
5	Клин	МО, г. Клин, ул. Дурьманова, д.26а
6	Дмитров	МО, г. Дмитров, ул. Внуковская, д.57
7	Волоколамск	г. Волоколамск, Тенистый пер., д.3
8	Можайск	МО, г. Можайск, ул. Стрелковая, д.10
9	Наро-Фоминск	МО, г. Наро-Фоминск, ул. Ноябрьская
10	Серпухов	МО, Серпуховский р-н, восточнее города Серпухова
11	Коломна	МО, Коломенский р-н, пос. Радужный, Песковское шоссе
12	Черусти	МО, Шатурский р-н, г. Черусти, Переездный пер., д.2
13	Павловский Посад	МО, г. Павловский-Посад, Мишутинское шоссе, д.13
14	Немчиновка	МО, Одинцовский р-н, р/п Новоивановское, ул. Калинина, д.1
15	Кашира	МО, г. Кашира, ул. Стрелецкая, 67

16	Москва (Михайловское)	г. Москва, поселение Вороновское, д. Голохвастово, д.2г
17	Измайлово	г. Москва, 16-я парковая улица, совхоз декоративного садоводства
18	Солнечногорск	МО, Солнечногорский р-н, совхоз "Солнечное"
19	Воскресенский	МО, г. Воскресенск
20	Куровское	МО, Орехово-Зуевский р-н, пос. Куровское
21	Зарайск	МО, Зарайский район, д. Мендюкино, сельхозтехника
22	Загорск	МО, г. Загорск
23	Толстопальцево	МО, Наро-Фоминский р-н, пос. Толстопальцево
24	Подмосковная	МО, Одинцовский р-н, п/о Горки-2, д. Большое Сареево
25	Владимир	г. Владимир

Таблица 3.2 – Сведения о метеостанциях

Синоптический индекс	№ по рис 3.1	Год начала наблюдений	Метеостанция	Широта	Долгота	Высота над уровнем моря, м
27627	15	1926*	Кашира	54° 83'	38° 15'	221
27509	8	1924	Можайск	55° 50'	36° 03'	185
27532	25	1839*	Владимир	56° 10'	40° 35'	167
27612	1	1939	Москва ВДНХ	55° 83'	37° 62'	151

\* - согласно имеющимся метеорологическим данным

Исходными материалами для анализа изменений климата в Московском регионе являются данные о среднемесячных температурах воздуха по:

- МС Москва ВДНХ – 101 год (1920 – 2021 гг.);
- МС Можайск – 88 лет (1932 - 1940 гг, 1942 - 2021 гг.);
- МС Кашира – 94 года (1927 – 2021 г.);
- МС Владимир – 102 года (1919 – 2021 гг.).

### ***Гидрологическая изученность***

Большая часть рек Московского региона относится к Окскому бассейну, который включает порядка 19234 рек, из которых только 10% имеют длину более 10 км [13]. Гидрологическая изученность бассейна Оки характеризуется числом и продолжительностью действия гидрометрических постов. Наблюдения за уровнями и расходами воды рек Окского бассейна были начаты в конце 70-х начале - 80-х годов 19 века на порядка десяти водомерных постах, далее их количество увеличивалось. В годы Великой Отечественной войны гидрометрическая сеть существенно сократилась, но уже в



1950-х годах она была восстановлена. В настоящее время гидрологические наблюдения за режимом рек Окского бассейна ведутся на более чем 100 гидрологических постах. Схема расположения гидрологических постов в пределах Окского бассейна (в составе бассейна Верхней Волги) представлена на рисунке 3.3.

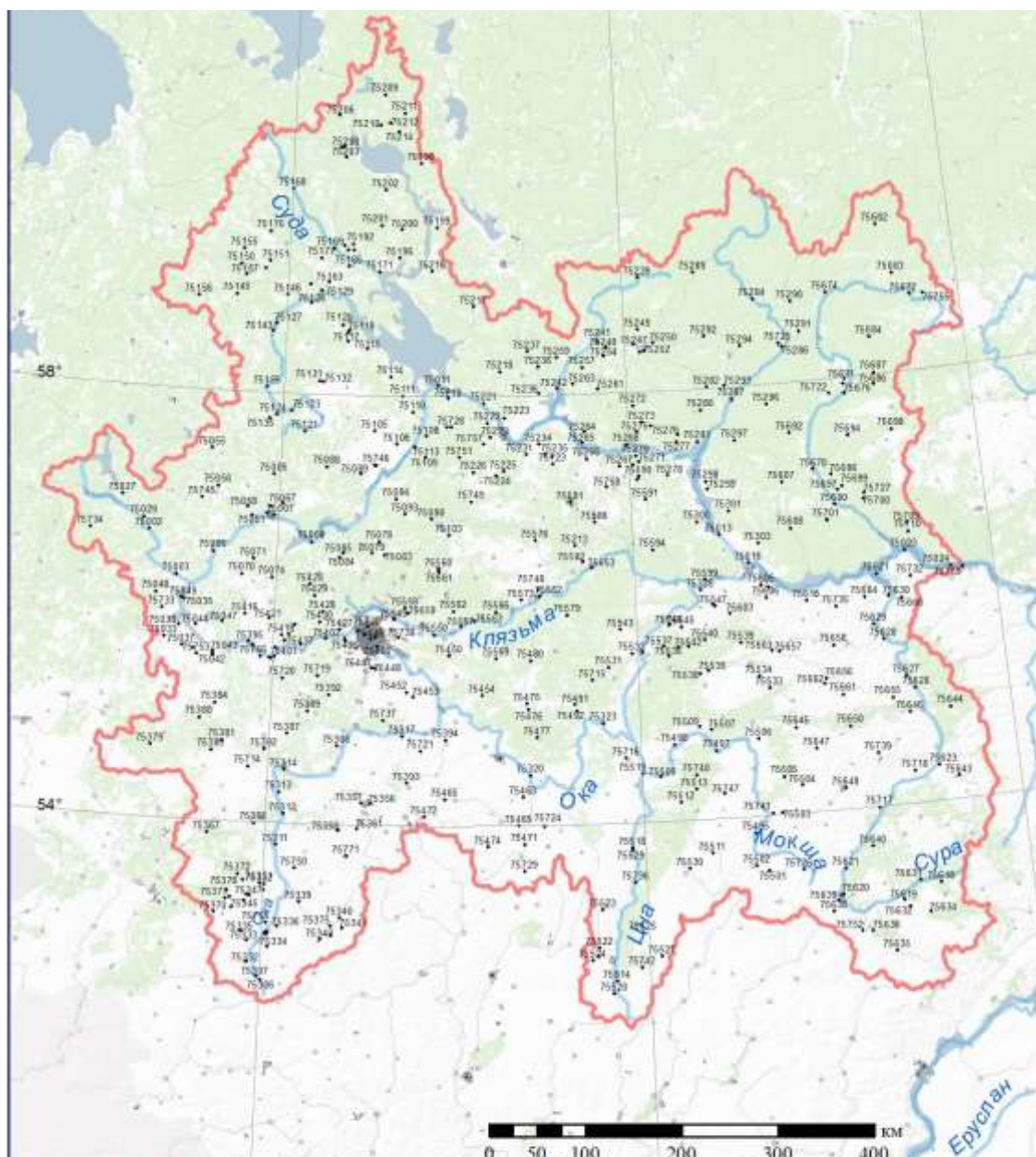


Рисунок 3.3. - Схема расположения гидрологических постов [5]

Для анализа изменений режима стока рек Московского региона в качестве опорных гидрологических постов рассматривались: р. Москва – г. Звенигород, р. Осетр – д. Маркино, р. Клязьма – г. Владимир, р. Ока – г. Кашира, р. Ока – г. Горбатов. Выбор гидрологических постов определен



наличием продолжительных рядов данных о среднемесячных расходах воды, а также расположением постов с учетом охвата всего рассматриваемого региона. В таблице 3.3 приведены основные характеристики гидрологических постов; на рисунке 3.4 – расположение постов на участке исследования.

Таблица 3.3 - Сведения о гидрологических постах

Назв. водн. объекта и пункта наблюдений	Код пункта наблюдений	Код водного объекта	Расстояние (км.) от		Площадь водосбора, кв.км.	Период действия число, месяц, год		Принадлежность поста
			истока	устья		открыт	закрыт	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
р. Москваа - г. Звенигород	75402	11000 2300	192	281	5060	18.01. 1917	Действ.	Центральное УГМС
р. Осетр – д. Маркино	75394	11000 2275	186	42	3090	01.01. 1955	Действ.	Центральное УГМС
р. Клязьма - г. Владимир	75552	11000 3115	400	286	14300	01.01. 1907	Действ.	Центральное УГМС
р. Ока – г. Кашира	75317	11000 1755	573	927	68900	02.04. 1877	Действ.	Центральное УГМС
р. Ока – г. Горбатов	75328	11000 1755	1422	78	244000	22.06. 1877	Действ.	Центральное УГМС

Таблица 3.4 - Основные характеристики гидрологических постов

Характеристика	р. Москваа - г. Звенигород	р. Осетр – д. Маркино	р. Клязьма - г. Владимир	р. Ока – г. Кашира	р. Ока – г. Горбатов
Высота «0» графика	132,89	107,00	91,68	103,82	67,21
Уклон реки, ‰ средний	0,70	0,60	0,31	-	-
Средневзвешенный уклон, ‰	0,33	0,43	0,16	-	-
Средняя высота водосбора, м	217	189	158	207	166
Озерность, ‰	2	<1	<1	<1	<1
Заболоченность, ‰	<1	0	4	<1	<1
Залесенность, ‰	49	36	52	33	37
Доля урбанизированных тер-рий, ‰	6	3	10	4	5



☀ - МС; ← - анализируемые гидрологические посты

Рисунок 3.4 - Схема расположения анализируемых МС и ГП

Примечание к рисунку 3.4:

Анализируемые гидрологические посты:

1. р. Москва - г. Звенигород
2. р. Осетр – д. Маркино
3. р. Клязьма - г. Владимир
4. р. Ока – г. Кашира
5. р. Ока – г. Горбатов

Метеорологические станции:

- I МС Можайск
- II МС Кашира
- III МС Москва ВДНХ
- IV МС Владимир

### 3.2 Формирование рядов сезонного стока и восстановление пропусков в данных о стоке рек

Исходными материалами для анализа изменений режима стока рек Московского региона являются данные о среднемесечных расходах воды на гидрологических постах рек бассейна реки Ока (Московский регион) с наиболее продолжительными периодами наблюдений: р. Москва – г. Звенигород, р. Осетр – д. Маркино, р. Клязьма – г. Владимир, р. Ока – г. Кашира, р. Ока – г. Горбатов. Имеющиеся материалы характеризуют среднемесечный сток средних рек с площадями от 3000 км<sup>2</sup> до 70000 км<sup>2</sup> входящие в объединяющий водосбор 244 000 км<sup>2</sup>.

По результатам сбора исходных данных [18, данные БД Гидрорасчеты, справочные письма Росгидромет] о стоке рек Московского региона выявлено, что имеются пропуски по отдельным месяцам. Информация об анализируемых рядах данных (сроки и продолжительность) и пропущенных данных по месяцам представлена в таблице 3.5.

Таблица 3.5 – Данные об анализируемых рядах данных и единичных пропусках по месяцам

Гидрологический пост	Период наблюдений	Длина ряда, год	Единичные пропуски	
			Год	Месяц
р. Ока - г. Кашира	1922-1993, 1994-2019	97	1989	1,12
			1990	12
			1994	1, 2
			2020	1, 2
р. Москва - г. Звенигород	1924-1992, 2000-2019	89	1941	11, 12
			1989	2
			1990	2
			1993	1, 2
			2020	1, 2
р. Осетр - д. Маркино	1956-1991, 2000-2019	54	1989	11, 12
			1990	2, 3
р. Клязьма – г. Владимир	1919-1992, 2000-2019	93	1992	1, 2
			2000	1, 2

Пропуски в рядах данных среднемесячных расходов ухудшают возможности и снижают качество сравнительного хронологического анализа многолетних изменений годового и особенно сезонного стока. Поэтому, для уменьшения количества пропусков в данных о среднемесячных расходах была проведена работа по восстановлению отсутствующих данных согласно требованиям СП 33-101-2003 [1]. Восстановление данных выполнено методом регрессионного анализа по следующим этапам:

1. Формирование предварительных гипотез о зависимости стока от некоторых переменных.
2. Сбор данных об анализируемых переменных.

3. Формулировка гипотезы о форме связи (простая или множественная, линейная или нелинейная).

4. Определение функции регрессии:

- расчет коэффициентов парной и множественной корреляции;
- расчет численных значений параметров уравнения регрессии.

5. Оценка точности уравнений линейной регрессии.

6. Расчет неизвестных значений зависимой переменной (стока) по полученным уравнениям регрессии.

1. Сток рек является результатом сочетания комплекса физико-географических условий, среди которых важнейшим фактором формирования стока является климат. Климат определяет величину увлажнения, зависящую от количества атмосферных осадков и от температуры воздуха. Изменение стока в течении года непрерывный циклический процесс, следовательно, сток каждого последующего месяца в той или иной степени обусловлен стоком предыдущего месяца. В зимний период происходит истощение стока и сток последующего месяца в значительной степени обусловлен стоком в предыдущий месяц (января от декабря). Учитывая, что большинство пропусков относятся приходится на данные о стоке зимних месяцев, связь между стоком смежных месяцев, можно использовать для восстановления пропусков в исходных данных.

Таким образом, для всех искомым переменных (искомый сток за разные месяцы - предиктант) выдвинуты гипотезы об их связи со следующими переменными (предикторами):

- стока предыдущего/последующего месяцев,
- количества осадков,
- температуры воздуха,
- максимальной высоты снежного покрова.

2. На втором этапе выполнен сбор данных об анализируемых переменных - метеорологических параметрах по МС Кашира, Можайск, Владимир, Москва ВДНХ.

3. Для формулировки гипотез о форме связи между искомой переменной и другими переменными построены графики зависимостей переменных (диаграммы рассеивания).

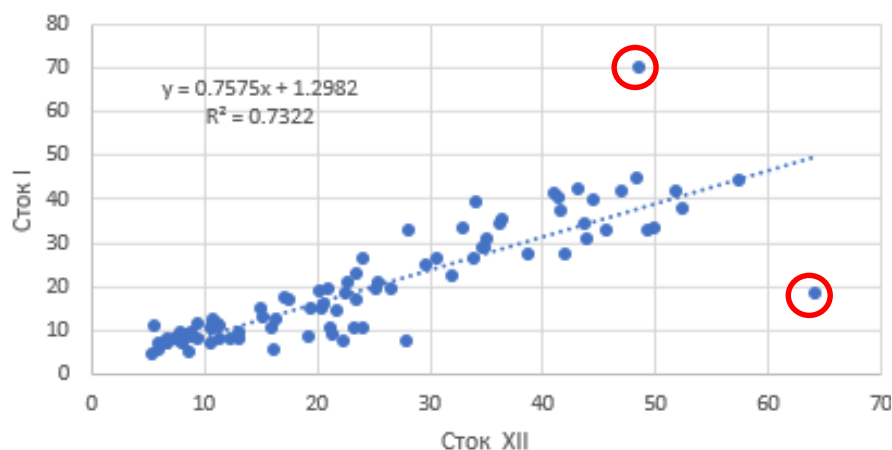
Визуальный анализ большинства графиков зависимости стоков искомого и предыдущего/последующего месяцев выявил, что точки полей корреляции располагаются относительно упорядоченно вдоль некоторой воображаемой прямой линии связи, но не очень плотно, рассеиваясь около неё. Графики связи стока искомого месяца с компонентами климата часто имеют вид хаотично рассеянного поля точек, что вероятно обусловлено снижением влияния параметров климата на сток в зимние месяцы.

Восстановление стока надежно выполняется преимущественно для декабря – февраля. Для большинства искомым месяцев предполагается линейные формы зависимостей.

Наиболее значимые зависимости выявлены между стоком искомым месяцев и стоком предыдущих/последующих месяцев. Графики связи переменных представлены в приложении А.

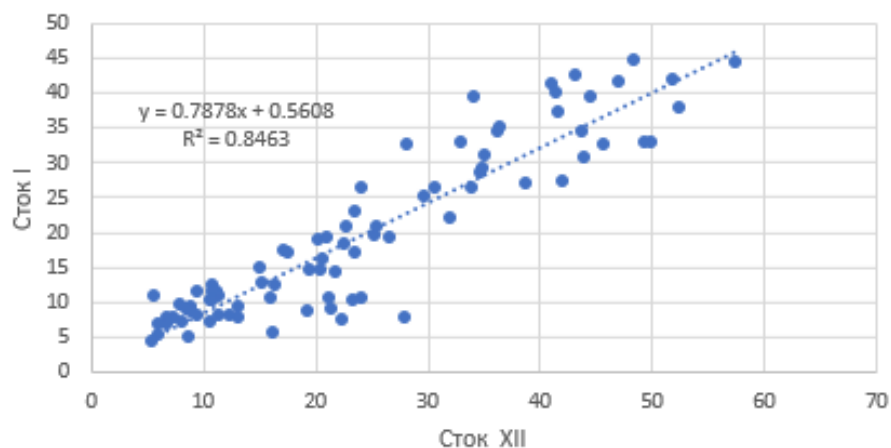
Анализ графиков (диаграмм рассеивания) позволил выявить и отсеять единичные экстремальные значения (более чем в 3 раза отклоняющиеся от средних месячных значений), что привело к увеличению тесноты связей между анализируемыми переменными. Например, исключение из выборки р. Москва – г. Звенигород значений за 1960 и 2017 гг. увеличивает коэффициент парной корреляции с 0,86 до 0,92 (рисунок 3.5), но мало изменяет параметры уравнения регрессии.

парная корреляция I-XII (1924-2019 гг.)



БЫЛО

парная корреляция I-XII (1924-2019 гг.)



СТАЛО

Рисунок 3.5 – Графики связи стока января и декабря по ГС р. Москва – г. Звенигород с исключением 1960 и 2017 гг.

4. Определение функций регрессии. Простые линейные формы связей (парная корреляция) подтверждены для большинства искомым месяцев. Результаты корреляционного анализа сведены в таблицу 3.6. Коэффициенты парной корреляции изменяются от 0,81 до 0,95. В приложении А на рисунках 1-10 представлены графики, отражающие взаимосвязь анализируемых переменных; нанесены линии связи, коэффициенты регрессии и уравнения регрессии.

Таблица 3.6 – Расчет парной корреляции

№ п/п	ВП	Год	Месяц	Объем выборки	Коэффициент парной корреляции / предиктор и предиктант	№ рисунка в приложении А
1	2	3	4	5	6	7
1	р. Ока - г.Кашира	1989	I	95	<b>0,83</b> / I-II (1922-2019 гг.)	A.1
2		1989	XII	90	<b>0,82</b> / XII-I (1922-2019 гг.)	A.2
3		1990	XII			
4		1994	I	90	<b>0,82</b> / XII-I (1922-2019 гг.)	A.3
5		2020	I			
6		1994	II	95	<b>0,83</b> / I-II (1922-2019 гг.)	A.4
7		2020	II			
8	р. Москва - г.Звенигород	1941	XI	17	<b>0,86</b> / X-XI (1924-1940 гг.)	A.5
9		1941	XII	84	<b>0,92</b> / XII-I (1924-2019 гг.)	A.6
10		1989	II	87	<b>0,95</b> / I-II (1924-2019 гг.)	A.7
11		1990	II	87		
12		1993	II	87		
13		2020	II	87		
14		1993	I	66	<b>0,92</b> / I-XII (1924-1992, 2000-2019 гг.)	A.8
15		2020	I	66		
16	р. Осетр - д.Маркино	1989	XI	55	<b>0,83</b> / XI-X (1956-1992, 2000-2019 гг.)	A.9
17		1990	II	52	<b>0,86</b> / II-I (1956-1992, 2000-2019 гг.)	A.10
18		1990	III	24	<b>0,87</b> / III ГП Маркино - III ГП Хрустиловка (1967-1991 гг.)	A.11
19	р. Клязьма – г.Владимир	1992	I	91	<b>0,89</b> / I-XII (1919-1992, 2000-2019 гг.)	A.12
20		2000	I	91		
21		1992	II	91	<b>0,95</b> / II-I (1919-1992, 2000-2019 гг.)	A.13
22		2000	II	91		

Для восстановления стока ноября 1941 г. по ГП р. Москва – г. Звенигород использовался ряд с 1924 по 1940 гг. Данный ряд является предшествующим искомому году (1941 г.) и характеризует сток неискаженный регулированием, что повышает корреляцию по сравнению со всем длинным рядом.

В отдельных случаях восстановление недостающих данных выполнялось с использованием ранее восстановленных данных. Некоторым увеличением погрешности восстановления данных по одному месяцу (члену ряда) можно пренебречь учитывая, что:

- для дальнейших расчетов будут использованы значения стока не за отдельный месяц, а за сезон, что нивелирует погрешности в значении отдельного месяца;

- уменьшение количества пропусков в хронологических рядах сезонного стока, для будущих расчетов приоритетно в сравнении с погрешностью отдельного члена ряда.

Связь стока первого месяца половодья (март 1990 г.) на ГП р. Осетр – д. Маркино с последующими/предыдущими месяцами, а также компонентами климата (температура, осадки) не существенная (менее 0,60). Это обусловлено тем, что в период весеннего половодья ведущие факторы стокообразования изменяются и на первое место выходят параметры снежного покрова на водосборе (запас воды в снеге, интенсивность таянья и др.) и ледовая обстановка на притоках и участках реки выше по течению от расчетного створа.

В целом, сток весеннего половодья является результатом сложного сочетания множества неоднозначных и тесно взаимосвязанных факторов, происходящих на водосборе реки. Данное сложное сочетание факторов стокоформирования весеннего периода трудно описывается корреляционными зависимостями. Более надежными являются корреляционные связи между данными стока гидрологических постов на реках-аналогах.

Для восстановления стока за март 1990 г. на ГП р. Осетр – д. Маркино использовались данные по ГП р. Осетр – д. Хрусловка, расположенному в 130 км выше по течению. Коэффициент парной корреляции составляет 0,87.

Более сложная корреляционная связь характерна для стока декабря на ГП р. Осетр – д. Маркино. Значимой связи между стоком декабря и предыдущим/последующим месяцами (ноябрь/январь) не выявлено, парная корреляция составляет менее 0,60. Отсутствует также значимая зависимость стока декабря от температуры и осадков в декабре. Декабрь в верховьях реки Осетр является переходным от осенних условий формирования стока к зимним. В зависимости от погодных условий конкретного года сток декабря формируется под влиянием различных факторов. Для восстановления значений стока



р. Осетр – д. Маркино за декабрь 1989 года использована множественная корреляция. В качестве аргументов взяты: сток ноября, температура декабря, осадки декабря и максимальная высота снежного покрова в декабре. Коэффициент множественной корреляции составил 0,82 (таблица 3.7). Зависимость является значимой и использована для восстановления стока за декабрь.

Таблица 3.7 – Результаты расчет множественной корреляции

ВП	Год	Объем выборки	Месяц	Коэффициент корреляции/ тип корреляции
р. Осетр - д. Маркино	1989	48	ХII	<b>0,82</b> / множественная корреляция – сток ХII, сток ХI, температура ХII, осадки ХII, макс. высота снежного покрова ХII

#### 5. Оценка точности уравнений линейной регрессии.

Полученные на основе эмпирических данных уравнения линейной регрессии могут использоваться в качестве расчетных зависимостей (расчетных формул), если данные уравнения обеспечивают необходимую точность расчета (являются надежным) [19].

5.1 Уравнение парной линейной регрессии  $Y = aX + b$  допускается применять для практических расчетов если выполняются следующие условия (для уровня значимости 5%):

$$n \geq 10; |r| \geq 0,7; |r|/\sigma_r \geq 2; |a|/\sigma_a \geq 2$$

где  $n$  – объем выборки;

$r$  – коэффициент парной корреляции;

$a$  – коэффициент регрессии;

$\sigma_r$  – стандартная ошибка коэффициента парной корреляции;

$\sigma_a$  – стандартная ошибка коэффициента регрессии.

Результаты оценки точности уравнений линейной регрессии для двух переменных (парная корреляция) представлены в таблице 3.8.

Таблица 3.8 - Результаты оценки точности уравнений линейной регрессии

сии

№ п/п согласно табл. 3.6 столбец 7	Объем выборки	Коэффициент корреляции, $r$	$\sigma_r$	Коэффициент регрессии, $a$	$\sigma_a$	$ r /\sigma_r \geq 2$	$ a /\sigma_a \geq 2$
1	2	3	4	5	6	7	8
1	95	<b>0,83</b>	0,03	0,68	0,06	25	12
2	91	<b>0,82</b>	0,03	0,67	0,07	24	10
3	91	<b>0,82</b>	0,03	0,67	0,05	24	13
4	95	<b>0,83</b>	0,03	0,68	0,06	25	12
5	17	<b>0,86</b>	0,07	0,74	0,09	13	8
6	84	<b>0,92</b>	0,02	0,85	0,05	55	17
7	87	<b>0,95</b>	0,01	0,89	0,04	82	25
8	66	<b>0,92</b>	0,02	0,85	0,04	55	23
9	55	<b>0,83</b>	0,04	0,69	0,12	20	6
10	52	<b>0,86</b>	0,04	0,75	0,07	24	11
11	23	<b>0,87</b>	0,05	0,75	0,02	16	47
12	91	<b>0,89</b>	0,02	0,80	0,04	42	19
13	91	<b>0,95</b>	0,01	0,90	0,03	93	34

Для всех уравнений регрессии соблюдаются требования надежности, предъявляемые в гидрологии к уравнению линейной регрессии. Следовательно, полученные уравнения допускается использовать для дальнейших расчетов – восстановления пропущенных данных по искомым месяцам.

5.2 Уравнение множественной линейной регрессии должно удовлетворять следующим требованиям:

$$n \geq 10; R \geq 0,7; (R/\sigma_R) \geq 2; (a_j/\sigma_{a,j}) \geq 2$$

где  $n$  – объем выборки;

$R$  – коэффициент множественной корреляции;

$a_j$  – коэффициент регрессии для  $j$ -го предиктора;

$\sigma_R$  – стандартная ошибка коэффициента множественной корреляции;

$\sigma_{aj}$  – стандартная ошибка коэффициента регрессии для  $j$ -го предиктора.

Таблица 3.9 - Результаты оценки точности уравнения множественной линейной регрессии

Предикторы	Объем выборки	Коэф-ты	Стандарт. ошибка	Коэф. множ. корреляции, $R$	$\sigma_R$	$R / \sigma_R \geq 2$
Сток ноября	48	0.62	0.10	0,82	0,05	16
Температура декабря		0.13	0.02			
Осадки декабря		0.15	0.10			
Макс. высота снежного покрова в декабре		-0.18	0.05			

Для полученного уравнения регрессии соблюдаются требования надежности, предъявляемые в гидрологии к уравнению множественной линейной регрессии. Следовательно, полученное уравнение допускается использовать для дальнейших расчетов – восстановления пропущенных данных по искомому месяцу.

6. Результаты восстановления пропущенных среднемесячных значений стока представлены в приложение Г. По итогам регрессионного анализа удалось восстановить единичные пропуски стока по 23 месяцам: январь – 7 месяцев, февраль – 9 месяцев, март – 1 месяц, ноябрь – 2 месяца, декабрь – 4 месяца.

**Вывод по разделу 3:** сбор данных и восстановление единичных пропусков рядов среднемесячных расходов воды на исследуемых гидрологических постах позволяют выполнить анализ изменений режима речного стока рек Московского региона по продолжительным рядам данных с минимально возможным количеством пропущенных лет. Восстановление пропущенных среднемесячных расходов воды позволило увеличить длину рядов сезонного стока: р. Ока - г. Кашира на 5 лет; р. Москва - г. Звенигород – 5 лет; р. Клязьма – г. Владимир – 2 года; р. Осетр - д. Маркино – 2 года.

В результате восстановления пропусков в данных о стоке рек исходными материалами для анализа изменений режима стока рек Московского региона являются данные о среднемесячных расходах воды на ГП:

- р. Москва – г. Звенигород – 89 лет) 1924 – 1993 гг., 2000 – 2020 гг.);

- р. Осетр – д. Маркино – 54 года (1956 – 1991 гг., 2000 – 2019 гг.);
- р. Клязьма – г. Владимир – 93 год (1919 – 1992 гг., 2000 – 2020 гг.);
- р. Ока – г. Кашира – 97 лет (1922 – 1994 гг., 1996 – 2020 гг.);
- р. Ока – г. Горбатов – 88 лет (1931 – 2019 гг.).

## **4 Оценка хронологических изменений климатических условий и стока рек на исследуемой территории**

Согласно данным Второго оценочного доклада Росгидромета [20] основной особенностью современных изменений глобального климата является глобальное потепление, наблюдаемое с конца XX в. - начала XXI в. (начиная со второй половины 1970-х годов). Основным индикатором данного процесса является осредненная по всему земному шару, приповерхностная температура воздуха. По данным наблюдений, средняя скорость потепления для земного шара составляет  $0.166^{\circ}\text{C}/10$  лет за 1976—2012 гг. и  $0.075^{\circ}\text{C}/10$  лет за 1901 - 2012 гг. При этом выделяются отдельные периоды (2004-2014 гг.) некоторого замедления (паузы) глобального потепления, в которые глобальная температура колеблется на уровне достигнутых высоких значений.

Оценка и анализ характера и интенсивности изменения климата на территории России представлены в ежегодных «Докладах об особенностях климата на территории РФ» РОСГИДРОМЕТ [21-24].

Регулярный анализ тенденций изменения климата проводится в РФ с 1998 г., материалы наблюдений представлены на сайте ФГБУ «Институт глобального климата и экологии имени академика Ю.А. Израэля» [25].

### **4.1 Анализ хронологических изменений среднегодовых и сезонных значений температуры воздуха**

В ежегодных докладах 2009 - 2020 гг. [21-24] анализ изменения температурного режима выполнен путем оценки трендов, полученных по временным рядам пространственно осредненных аномалий температуры за период с 1976 г. по 2020 гг.. 1976 год выбран условно в качестве начала современного потепления в соответствии с ходом глобальной температуры.

Согласно анализу Росгидромета, потепление наблюдается на всей территории России как от года к году, так и внутри года во все сезоны. Скорость

роста осредненной по России среднегодовой температуры (линейный тренд) составила  $+0.51^{\circ}\text{C}/10$  лет (вклад в общую изменчивость 55%). Наиболее быстрый рост наблюдается для весенних температур ( $0.66^{\circ}\text{C}/10$  лет), но на фоне межгодовых колебаний тренд больше всего выделяется летом ( $0.39^{\circ}\text{C}/10$  лет: описывает 64% суммарной дисперсии). Максимум летнего потепления отмечается на юге европейской части России: ( $0.72^{\circ}\text{C}/10$  лет для Южного Федерального Округа) [21]. С 1970-х гг. наблюдается монотонный рост глобальной и полушарной температур. Линейный тренд среднегодовой температуры за период 1976-2021 гг. составил для Земного шара  $+0.20^{\circ}\text{C}/10$  лет [25] (рисунок 4.1).

Указанные тенденции изменения климата в сторону увеличения среднегодовых температур наблюдаются и на изучаемой территории - в Московском регионе, бассейн р. Оки.

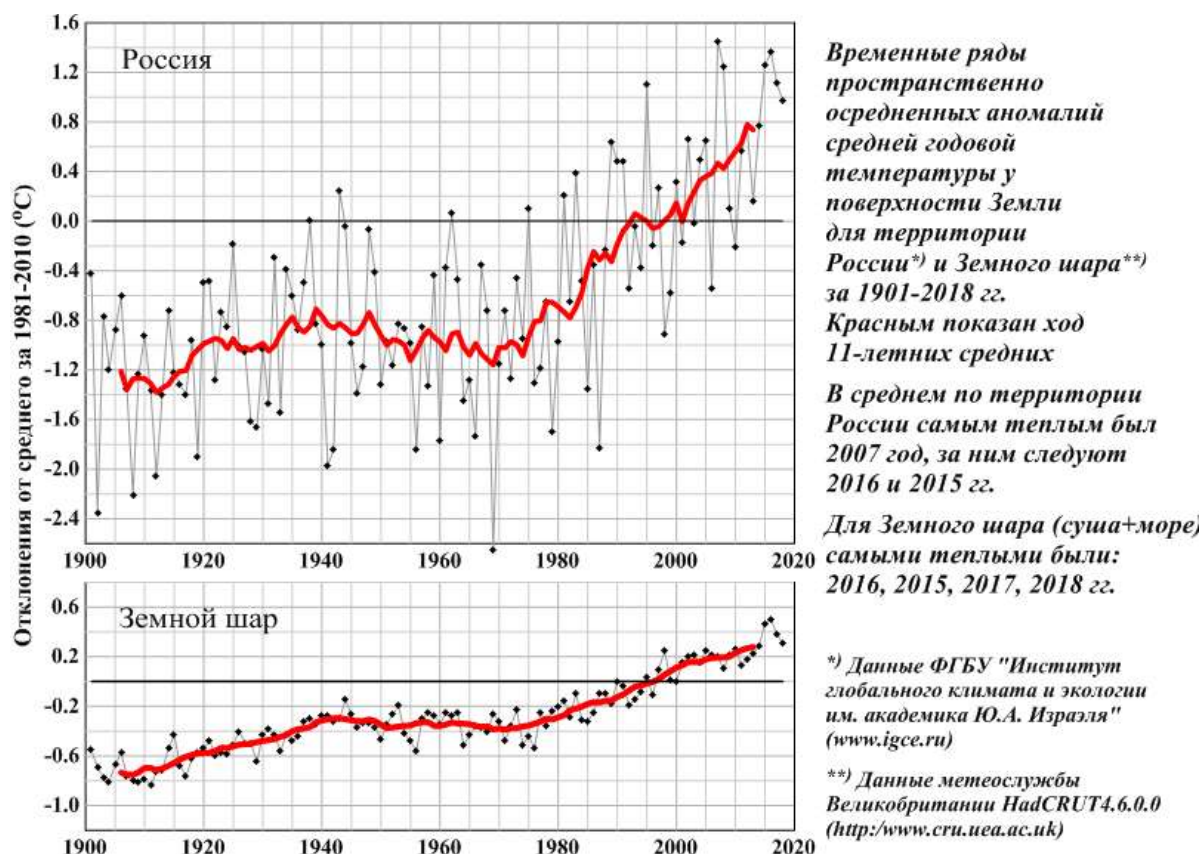


Рисунок 4.1 – Временные ряды пространственно осредненных аномалий средней годовой температуры воздуха [25]

Статистический анализ временных рядов годовых и сезонных температур воздуха выполнен по 4 метеостанциям (МС Кашира, МС Можайск, МС Владимир, МС Москва ВДНХ) и включал следующие этапы:

1. Оценка значимости линейных трендов в многолетних изменениях средних годовых и сезонных температур воздуха;
2. Проверка на однородность рядов средних годовых и сезонных температур воздуха;
3. Анализ хронологических особенностей изменения значений средних годовых и сезонных температур воздуха.

Учитывая, что анализ динамики изменений хода температур выполнен с целью исследования изменений стока рек Московского региона, то значения температур взяты в разрезе водохозяйственного года и его сезонов. За начало года принимается начало многоводного сезона (половодного периода). Сроки начала и конца сезонов округлены до целого месяца. Выделение границ сезонов осуществлено на основании анализа гидрографов стока. Для рассматриваемого региона выделено три сезона: весна (март - май), лето - осень (июнь - ноябрь) и зима (декабрь - февраль).

### ***1. Оценка значимости линейных трендов в многолетних изменениях средних годовых и сезонных температур воздуха***

Для оценки значимости линейных трендов хода температур по МС построены хронологические графики для средних годовых и сезонных температур воздуха, показанные на рисунке 4.2. На графиках выведены линии линейных трендов и их параметры.

Оценка значимости линейного тренда проводится с использованием критерия значимости выборочного коэффициента корреляции ( $R$ ). Тренд считается статистически незначимым (гипотеза об отсутствии тренда не опровергается), если выполняется условие [19]:

$$\frac{|R|}{\sigma_R} < t_{2\alpha}, \quad (4.1)$$

где  $t_{2\alpha}$  – Статистика Стьюдента при уровне значимости  $2\alpha = 5\%$ ;



$\sigma_R$  – стандартная ошибка коэффициента корреляции, определяемая по формуле:

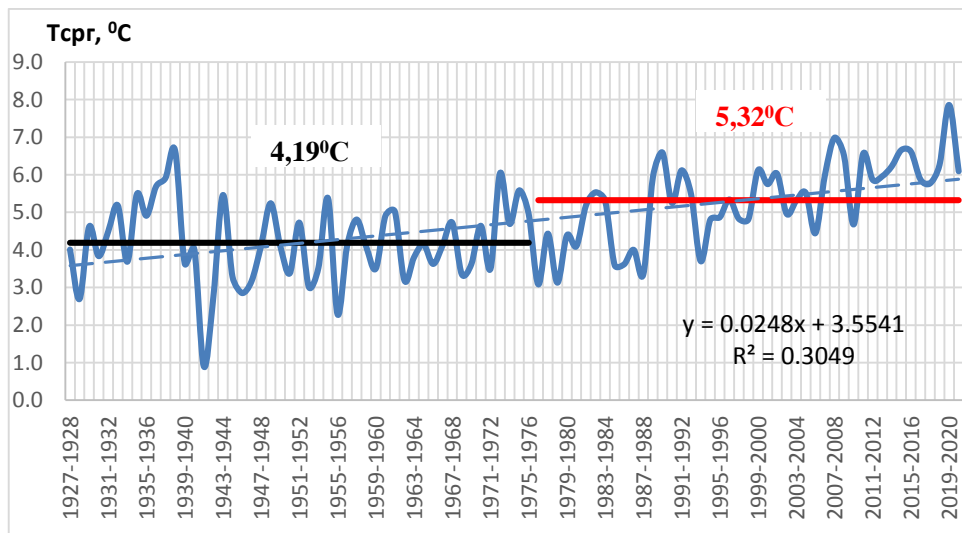
$$\sigma_R = \sqrt{\frac{1-R^2}{n-2}} \quad (4.2)$$

Результаты оценки значимости линейных трендов среднегодовых температур воздуха на МС представлены в таблице 4.1

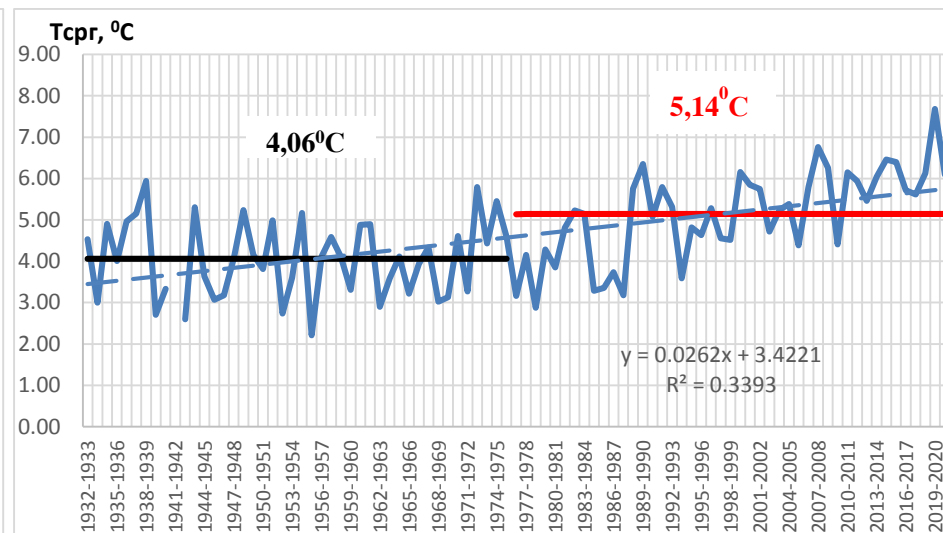
Анализ значимости линейных трендов показал, что для всех МС тренды хода среднегодовой температуры и средней температуры зимнего и весеннего сезонов, а также летне-осеннего сезона на МС Можайск и Москва ВДНХ статистически значимы при уровне значимости 5%; для летне-осеннего периода на МС Кашира и МС Владимир – тренды статистически не значимы (таблица 4.1).

Таблица 4.1 – Оценка значимости линейных трендов среднегодовых и сезонных температур воздуха

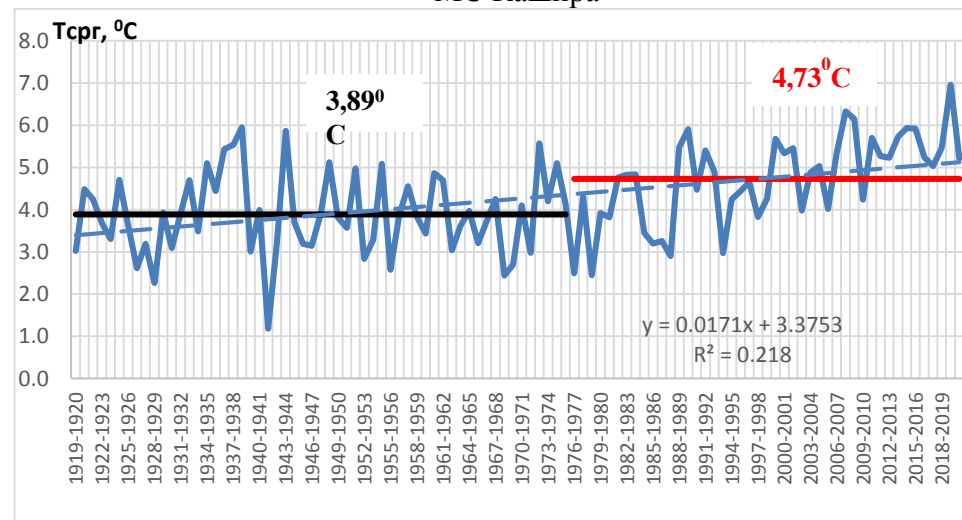
МС	Сезон	n	R <sup>2</sup>	R	$\sigma_R$	R/ $\sigma_R$	t	ВЫВОД
Кашира	год	94	0,30	0,55	0,09	6,35	1,99	ОПРОВЕР ГАЕТСЯ
	зима		0,21	0,45	0,09	4,89	1,99	
	весна		0,29	0,54	0,09	6,17	1,99	
	лето-осень		0,04	0,20	0,10	1,983	1,986	НЕ ОПРОВЕР ГАЕТСЯ
Можайск	год	88	0,34	0,58	0,09	6,65	1,99	ОПРОВЕР ГАЕТСЯ
	зима		0,15	0,39	0,10	3,92	1,99	
	весна		0,31	0,55	0,09	6,16	1,99	
	лето-осень		0,11	0,33	0,10	3,21	1,99	
Владимир	год	102	0,22	0,47	0,09	5,28	1,98	ОПРОВЕР ГАЕТСЯ
	зима		0,16	0,40	0,09	4,31	1,98	
	весна		0,16	0,40	0,09	4,36	1,98	
	лето-осень		0,02	0,14	0,10	1,45	1,98	НЕ ОПРОВЕР ГАЕТСЯ
Москва, ВДНХ	год	101	0,46	0,68	0,07	9,21	1,98	ОПРОВЕР ГАЕТСЯ
	зима		0,28	0,52	0,09	6,13	1,98	
	весна		0,29	0,54	0,08	6,39	1,98	
	лето-осень		0,19	0,44	0,09	4,83	1,98	



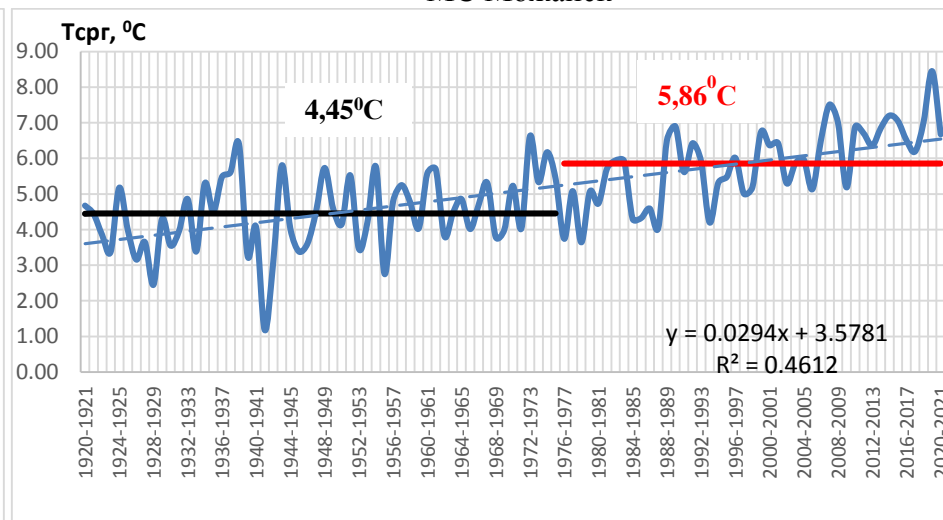
МС Кашира



МС Можайск

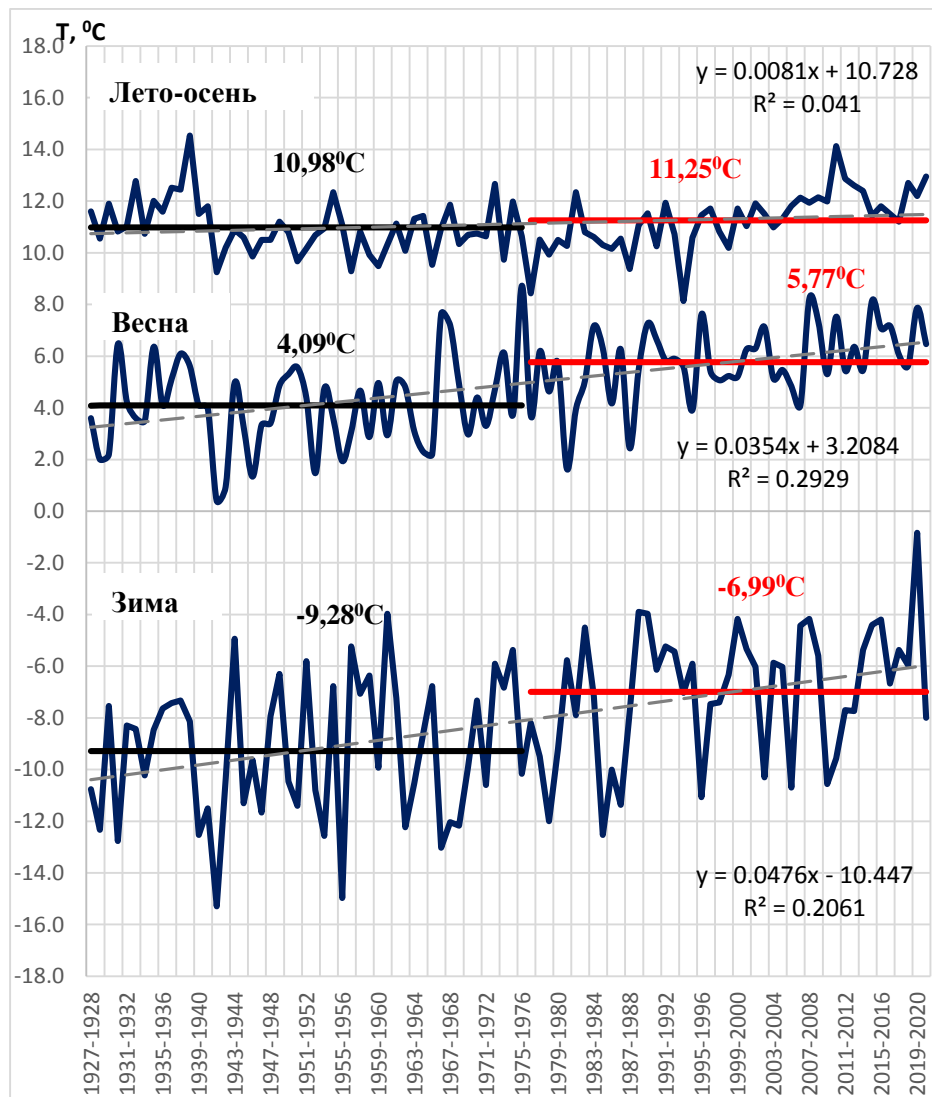


МС Владимир

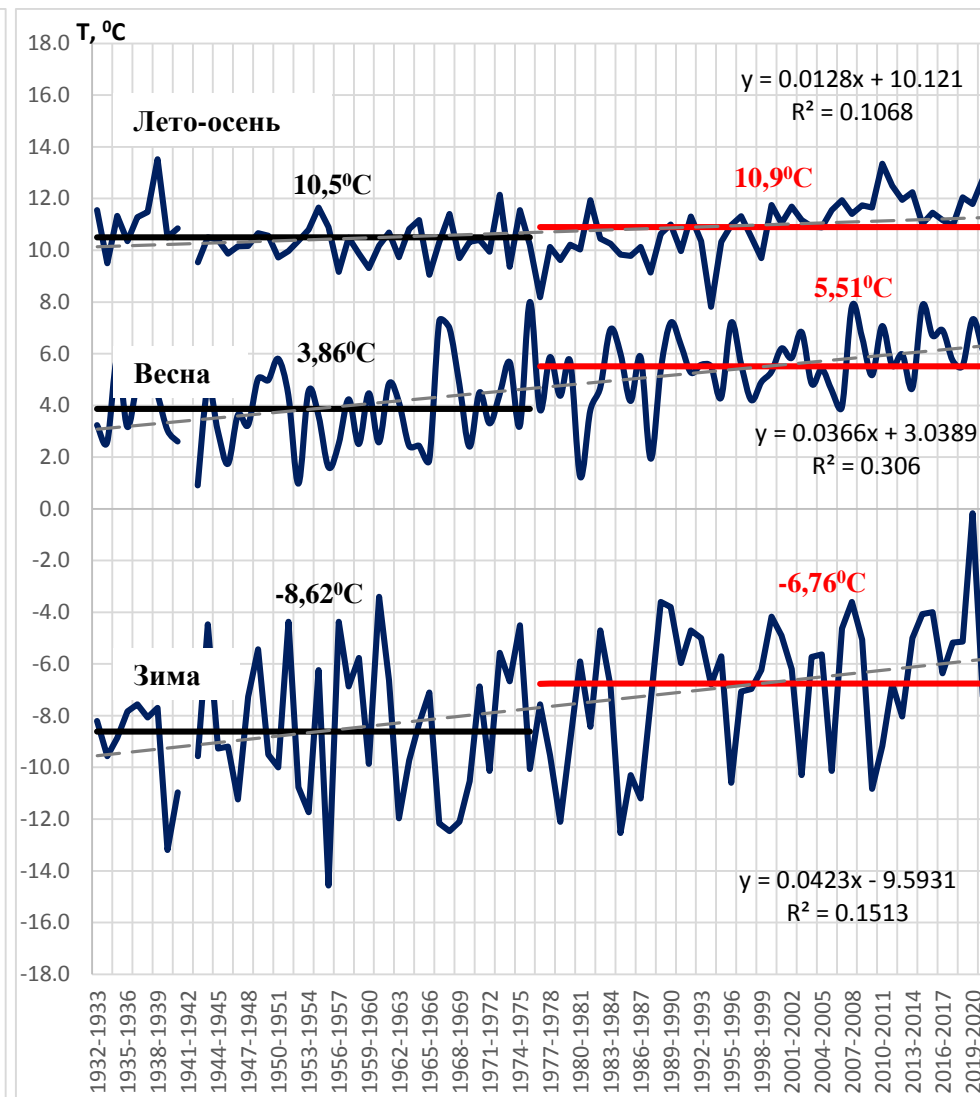


МС Москва

Рисунок 4.2 - Хронологические графики хода среднегодовой температуры воздуха по МС

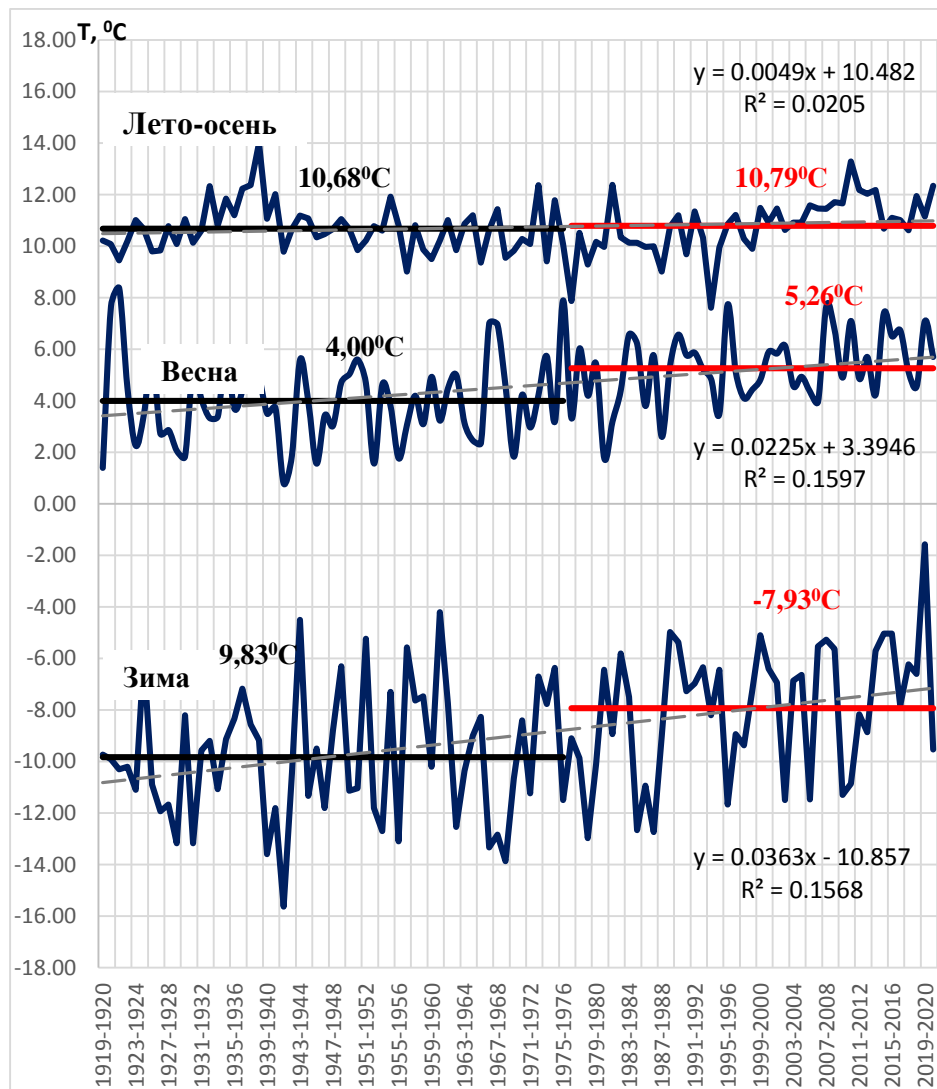


МС Кашира

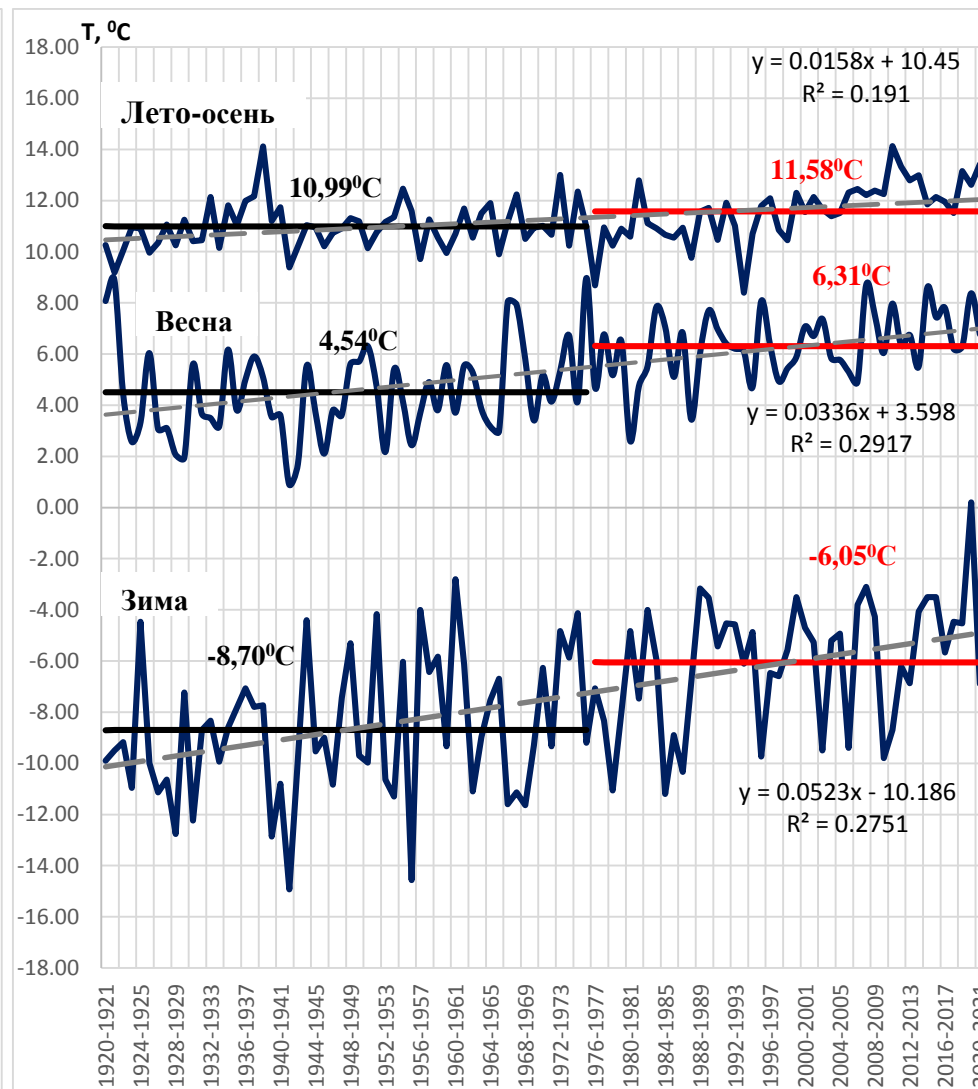


МС Можайск

Рисунок 4.3 - Хронологические графики хода температур воздуха по сезонам года на МС Кашира и МС Можайск



МС Владимир



МС Москва ВДНХ

Рисунок 4.4 - Хронологические графики хода температур воздуха по сезонам года на МС Владимир и МС Москва

## 2. Проверка на однородность рядов средних годовых и сезонных температур воздуха.

По результатам анализа данных и графиков хронологического хода значений средних годовых и сезонных температур воздуха ряды данных по всем метеостанциям были разбиты на два квазистационарных климатических периода. В соответствии с ходом температур условным годом начала повышения температур принят 1976-1977 гг. гидрологический год, соответствующий 1976 году, принятому в качестве начала современного потепления в соответствии с ходом глобальной температуры [20-24].

Для иллюстрации выделенных периодов на графики (рисунки 4.2 – 4.4) нанесены горизонтальные отрезки, показывающие средние значения за периоды до (черная линия) и после (красная линия) 1976-1977 гидрологического года.

Проверка рядов на однородность выполнена с использованием критериев Фишера и Стьюдента. Теоретические значения статистик Фишера и Стьюдента определяются по таблицам, опубликованным в [19]. Проверка проводится при уровне значимости  $2\alpha = 5\%$ . Гипотеза об однородности рядов не опровергается, если выполняются следующие условия:

$$F^* < F_{2\alpha}, \quad (4.3)$$

$$t^* < t_{2\alpha}, \quad (4.4)$$

где:  $F^*, t^*$  – эмпирические значения статистик, соответственно Фишера и Стьюдента;

$F_{2\alpha}, t_{2\alpha}$  – теоретические значения статистик, соответственно Фишера и Стьюдента, при уровне значимости  $2\alpha = 5\%$ .

Эмпирические значения статистик Фишера и Стьюдента определяются по формулам:

$$F^* = \frac{D_1}{D_2}, \quad (4.5)$$

$$t^* = \frac{(\bar{Q}_1 - \bar{Q}_2) / \sqrt{\frac{(n_1 - 1)\sigma_1^2 + (n_2 - 1)\sigma_2^2}{n_1 + n_2 - 2}}}{\sqrt{\frac{n_1 n_2}{n_1 + n_2}}}, \quad (4.6)$$

где  $D_1$  и  $D_2$  – дисперсии по одной и другой частям ряда ( $D_1 > D_2$ );

$\sigma_1$  и  $\sigma_2$  – среднеквадратические отклонения по первой и второй частям ряда;

$\bar{Q}_1$  и  $\bar{Q}_2$  – средние значения по первой и второй частям ряда;

$n_1$  и  $n_2$  – длина первой и второй частей ряда.

Проверка однородности рядов выполнена с помощью надстройки Microsoft Excel «Пакет анализа». По результатам проверки составлена таблица 4.2.

Проверка рядов на однородность показала, что для среднегодовых и сезонных температур воздуха гипотеза об однородности ряда не опровергается по критерию Фишера (исключение – температуры весеннего сезона на МС Москва ВДНХ), но опровергается по критерию Стьюдента (исключение – температуры летне-осеннего сезона практически по всем МС). Следовательно, ряды являются неоднородными по среднему значению (кроме летне-осеннего сезона), но однородными по дисперсии (таблица 4.2).

Оценка однородности рядов годовой и сезонных температур воздуха по среднему значению очень хорошо согласуется с результатами анализа значимости трендов в многолетних изменениях температур.

Таблица 4.2 – Результаты проверки рядов среднегодовых и сезонных температур воздуха на однородность при  $2\alpha = 5\%$  и  $r(1) = 0$

МС	Сезон	$ t^* $	$t_{2\alpha\%}$	$H_0: x_1 = x_2$	$F^*$	$F_{2\alpha\%}$	$H_0: D_1 = D_2$
Кашира	год	5,01	1,99	ОПРОВЕРГ.	1,02	1,79	НЕ ОПРОВЕРГАЕТСЯ
	зима	4,21	1,99		1,14	1,80	
	весна	5,16	1,99		1,49	1,80	
	лето-осень	1,22	1,99	НЕ ОПРОВЕРГАЕТСЯ	1,22	1,79	
Можайск	год	4,92	1,99	ОПРОВЕРГ.	1,36	1,84	
	зима	3,28	1,99		1,04	1,83	
	весна	5,16	1,99		1,41	1,83	
	лето-осень	1,89	1,99	НЕ ОПРОВЕРГАЕТСЯ	1,61	1,84	
Владимир	год	4,21	1,98	ОПРОВЕРГ.	1,15	1,74	

	зима	3,73	1,98		1,00	1,78	
	весна	4,09	1,98		1,62	1,78	
	лето-осень	0,54	1,98	НЕ ОПРО- ВЕР- ГАЕТСЯ	1,42	1,74	
Москва, ВДНХ	год	6,64	1,98	ОПРОВЕРГ.	1,04	1,75	
	зима	5,07	1,98		1,23	1,78	
	весна	5,66	1,98		1,91	1,78	ОПРОВЕРГ.
	лето-осень	2,86	1,95		1,64	1,75	НЕ ОПРОВЕР- ГАЕТСЯ

### ***3. Анализ хронологических особенностей изменения значений средних годовых и сезонных температур воздуха.***

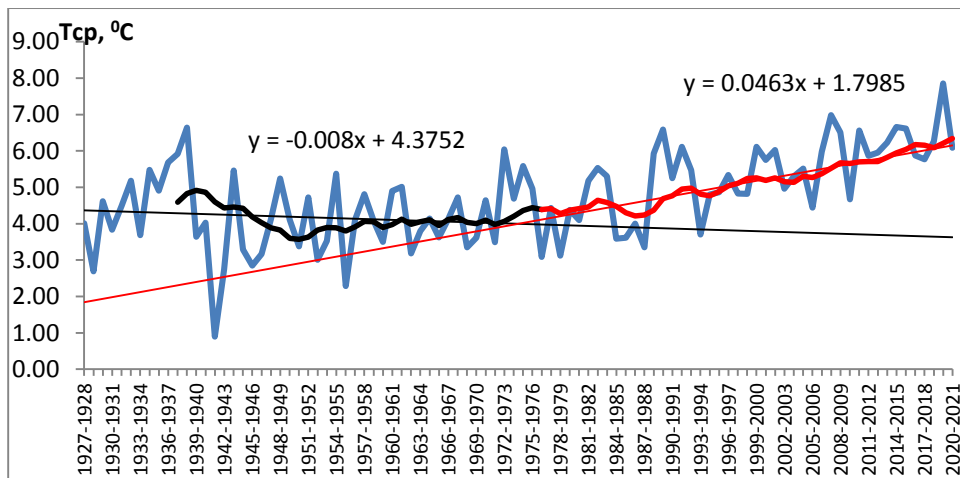
Многолетняя тенденция к повешению средней годовой и сезонных температур воздуха за исследуемый период наблюдается на всех рассматриваемых метеостанциях. На рисунке 4.5 представлены хронологические графики хода средней годовой температуры воздуха по МС и сглаженной кривой хода температур, полученной как 11-летнее скользящее среднее. Коэффициент линейного тренда характеризует интенсивность изменения температуры на рассматриваемых интервалах времени в °С за год.

Скорость изменения средней годовой температуры воздуха (линейный тренд) на большей части рассматриваемых метеостанций за период до 1976-1977 г. близка к нулю. Значимая положительная скорость роста годовой температуры до 1976-1977 г. выражена только на МС Москва ВДНХ и составила 0,19 °С/10 лет.

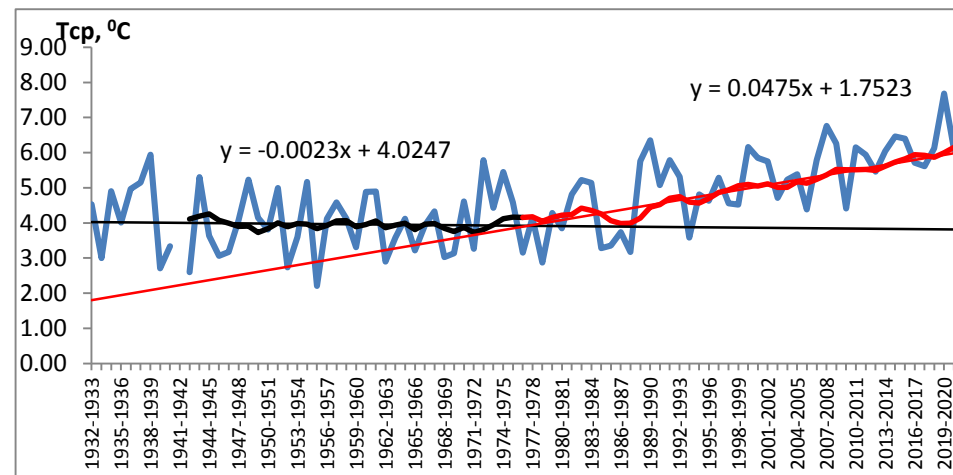
С 1976-1977 г. рост средних годовых температур воздуха выражена на всех метеостанциях и составляет в среднем 0,46°С/10 лет (от 0,43°С/10 лет на МС Владимир до 0,48°С/10 лет на МС Можайск).

Характер и величина изменения температуры воздуха по сезонам года представлены в таблице 4.3 и рисунках 4.3-4.4.

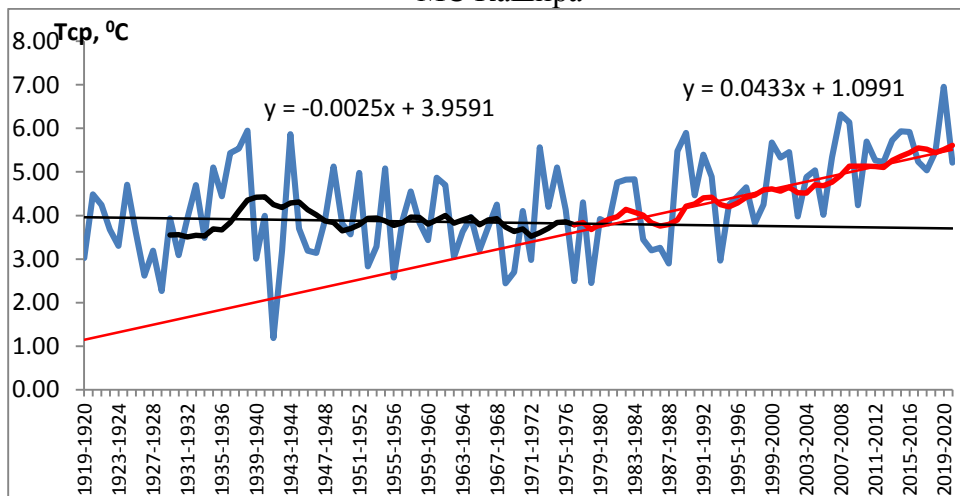




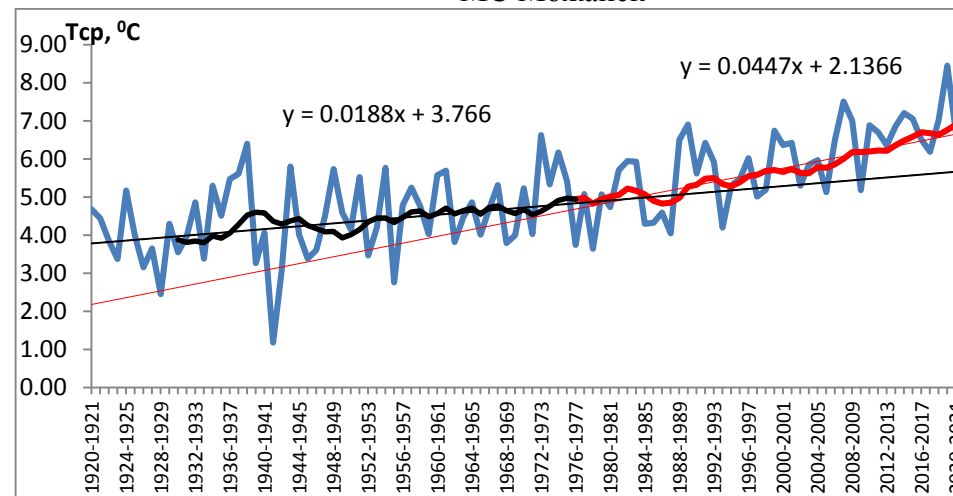
МС Кашира



МС Можайск



МС Владимир



МС Москва

Жирная кривая показывает сглаженный ход температуры (11-летние скользящие средние).  
 Черная линия – тренд за период до 1976-1977 г. Красная линия — тренд за период после 1976-1977 г.  
 Рисунок 4.5 – Изменение средних годовых температур воздуха, осредненных по МС

Таблица 4.3 – Характер и величина изменения температуры воздуха по сезонам года (↓/↑ - уменьшение/увеличение значения относительно первого периода)

МС	Период	Весна		Лето-осень		Зима	
		<i>Ср.</i>	<i>D</i>	<i>Ср.</i>	<i>D</i>	<i>Ср.</i>	<i>D</i>
Кашира	1927-1928 – 1975-1976	4,09	2,97	11,0	1,07	-9,28	7,34
	1976-1977 – 2020-2021	5,77 <b>(41%↑)</b>	1,99 <b>(33%↓)</b>	11,3 <b>(3%↑)</b>	1,31 <b>(22%↑)</b>	-6,99 <b>(25%↑)</b>	6,47 <b>(12%↓)</b>
Можайск	1932-1933 – 1975-1976	3,86	2,63	10,5	0,75	-8,62	7,19
	1976-1977– 2020-2021	5,51 <b>(43%↑)</b>	1,87 <b>(29%↓)</b>	10,9 <b>(4%↑)</b>	1,22 <b>(63%↑)</b>	-6,76 <b>(22%↑)</b>	6,91 <b>(4%↓)</b>
Владимир	1919-1920 – 1975-1976	4,00	2,89	10,7	0,86	-9,83	6,52
	1976-1977 – 2020-2021	5,26 <b>(32%↑)</b>	1,79 <b>(38%↓)</b>	10,8 <b>(1%↑)</b>	1,22 <b>(42%↑)</b>	-7,93 <b>(19%↑)</b>	6,50 <b>(0%)</b>
Москва, ВДНХ	1920-1921 – 1975-1976	4,51	3,22	11,0	0,81	-8,70	7,47
	1976-1977 – 2020-2021	6,31 <b>(40%↑)</b>	1,69 <b>(48%↓)</b>	11,6 <b>(5%↑)</b>	1,33 <b>(64%↑)</b>	-6,05 <b>(30%↑)</b>	6,05 <b>(19%↓)</b>

За период после 1975-1977 гг. повышение средних значений температур воздуха зафиксированы во все сезоны года на всех анализируемых метеостанциях. Наиболее быстрый рост наблюдается для весенних температур, который достигает от 32% (на МС Владимир с 4,0<sup>0</sup>С до 5,26<sup>0</sup>С) до 43% (на МС Можайск с 3,86<sup>0</sup>С до 5,51<sup>0</sup>С). Температуры зимнего сезона также возрастают с высокой интенсивностью от 19% (на МС Владимир с минус 9,83<sup>0</sup>С до минус 7,93<sup>0</sup>С) до 30% (на МС Москва ВДНХ с минус 8,70<sup>0</sup>С до минус 6,05<sup>0</sup>С). Дисперсия рядов средних температур весенних и зимних сезонов уменьшается, следовательно, разброс значений относительно среднего сглаживается.

Наименьшая скорость роста средних температур отмечается в летне-осенний сезон – от 1% (на МС Владимир с 10,7<sup>0</sup>С до 10,8<sup>0</sup>С) до 5% (на МС Москва ВДНХ с 11,0<sup>0</sup>С до 11,6<sup>0</sup>С). При этом разброс значений относительно среднего существенно увеличивается - дисперсия возрастает от 22% до 64%.

Совмещенные хронологические график хода температур воздуха по сезонам года указывают на синхронный ход температур по анализируемым метеостанциям района исследования (приложение Б). Общность и синхрон-

ность выявленных тенденции в изменении годовых и сезонных температур воздуха позволяет учитывать результаты анализа для дальнейшего исследования изменений стока рек Московского региона.

#### **4.2 Анализ хронологических изменений среднегодового и сезонного стока рек**

Во втором оценочном докладе Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории РФ [20], а также в ежегодных оценочных докладах Росгидромета об изменении климата территории РФ [21-24], было показано, что в период, характеризующийся интенсивным ростом приземной температуры воздуха и изменением режима увлажнения, суммарный годовой сток рек (водных ресурсов) России был выше, чем в предыдущий многолетний период. Основной особенностью изменений сезонного стока рек в этот период было значительное увеличение их водности в зимний сезон практически на всей территории страны [26-29].

На рисунке 4.5 показаны изменения водных ресурсов Российской Федерации за период с 1936 по 2017 гг. Общее увеличение водных ресурсов за 1981-2017 гг. по сравнению с предшествующим многолетним периодом составило в среднем  $227 \text{ км}^3/\text{год}$  или  $5,3\%$  [29]. Наибольшее абсолютное увеличение водных ресурсов произошло в Дальневосточном ( $77 \text{ км}^3/\text{год}$ ), Северо-Западном ( $45,0 \text{ км}^3/\text{год}$ ) и Сибирском ( $43,0 \text{ км}^3/\text{год}$ ) федеральных округах. В то же время на ряде рек южных регионов (например, бассейн р. Дона) страны наблюдалось длительное маловодье [29].

Пространственная и временная изменчивость стока рек бассейна Волги освещена в научных трудах сотрудников ГГИ и МГУ [6, 8-11]. Согласно исследованиям В.Ю. Георгиевского и А.Л. Шалыгина [28] суммарные водные ресурсы р. Волга в 1978-2007 гг. по сравнению с 1946-1977 гг. увеличились в среднем на  $41 \text{ км}^3/\text{год}$ , или на  $17\%$ . Отмечается значимое увеличение зимнего стока для всего бассейна Волги и стока в период летне-осенней межени в

южной и юго-восточной частях бассейна. При этом отмечается, что на большинстве рек изменения происходят в пределах естественной изменчивости.

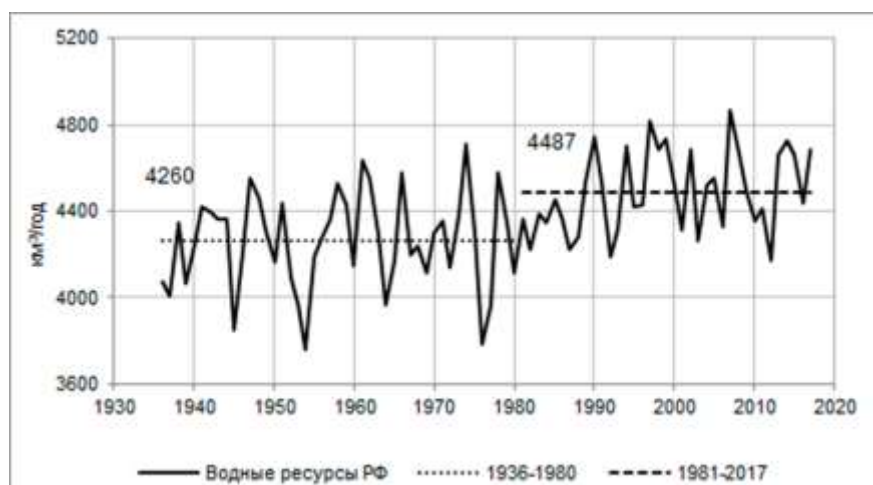


Рисунок 4.5 – Многолетняя динамика водных ресурсов РФ [29]

Для исследования изменений режима речного стока рек Московского региона (бассейн реки Ока) в условиях меняющегося климата выполнен анализ рядов стока по гидрологическим постам р. Москва – г. Звенигород, р. Осетр – д. Маркино, р. Клязьма – г. Владимир, р. Ока – г. Кашира, р. Ока – г. Горбатов.

Статистический анализ временных рядов годовых и сезонных изменений объема стока рек Московского региона включал следующие этапы:

1. Оценка значимости линейных трендов в рядах годовых и сезонных объемов речного стока;
2. Проверка на однородность рядов годовых и сезонных объемов речного стока;
3. Анализ особенностей хронологических изменений годовых и сезонных объемов речного стока.

Для исследования изменений стока рек Московского региона анализ выполнен по годам и сезонам года в разрезе водохозяйственного года, в котором за начало года принимается начало многоводного сезона (половодного периода). По результатам анализа данных наблюдений (таблиц и гидрографов стока) выделены границы водохозяйственных сезонов. Для характеристики внутригодового распределения стока рек календарные сроки сезонов

установлены едиными для всех лет и общими для исследуемых водотоков. Сроки начала и конца половодья и меженных сезонов округлены до целого месяца. По характеру изменения водности рек в течение года выделены три сезона: весна (март—май), лето—осень (июнь—ноябрь) и зима (декабрь—февраль), т.е. многоводный период года, летне-осенний меженно-дождевой сезон и лимитирующий сезон зимней межени.

### ***1. Оценка значимости линейных трендов в рядах годовых и сезонных объемов стока.***

Для оценки значимости линейных трендов изменений стока рек на анализируемых гидрологических постах построены хронологические графики 4.6 – для годовых изменений объема стока рек бассейна р. Ока; 4.7 – 4.10 – сезонных изменений объемов стока рек бассейна р. Ока. На графиках выведены линии линейных трендов и их параметры.

Оценка значимости линейного тренда проводится с использованием критерия значимости выборочного коэффициента корреляции ( $R$ ) согласно формулам 4.1, 4.2.

Результаты оценки значимости линейных трендов годовых и сезонных объемов стока на ГС представлены в таблице 4.4.

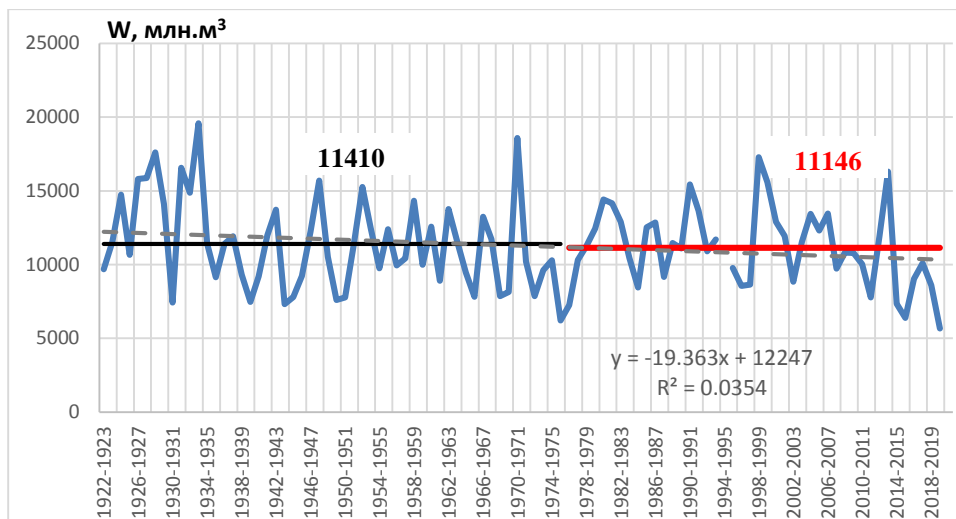
Анализ значимости линейных трендов показал, что для всех ГС (кроме ГС р. Ока – г. Горбатов) тренды изменения годового объема стока статистически не значимы при уровне значимости 5%; гипотеза об отсутствии тренда изменения годового объема стока не опровергается. Тренды изменения объемов стока по всем сезонам на всех ГС (кроме весеннего сезона на ГС р. Ока – г. Горбатов) статистически значимы при уровне значимости 5%; гипотеза об отсутствии тренда изменения объемов стока по сезонам опровергается для всех сезонов (таблица 4.4).

Гидрологический пост р. Ока - г. Горбатов является замыкающим створом для рассматриваемого бассейна. Следовательно, его можно рассматривать как створ, интегрирующий возможные изменения годового и сезонного стока в различных частях всего Окского бассейна. В противовес другим ана-

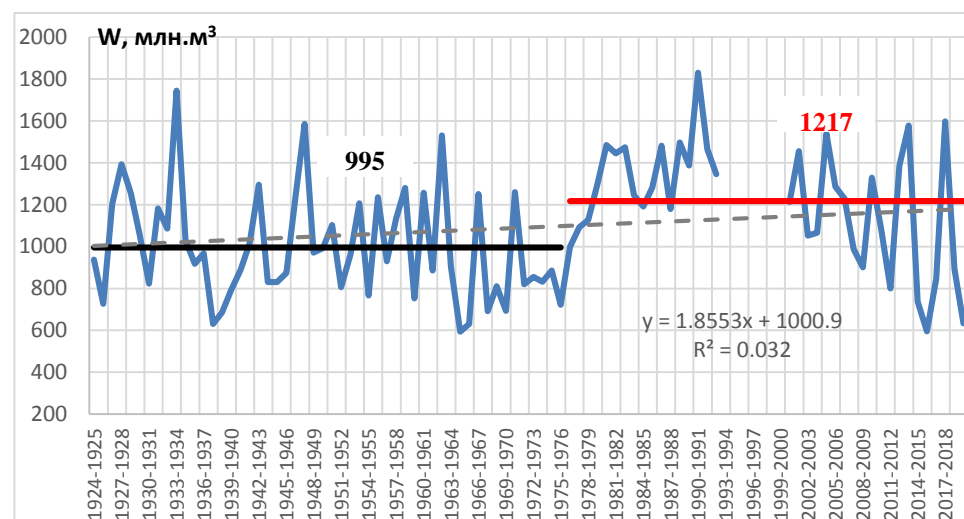
лизируемым постам, для ГС р. Ока – г. Горбатов характерно наличие тренда в ряду годового стока и его отсутствие в стоке весеннего сезона. Для межлетних периодов (зима и лето-осень) тренды на возрастание выражены для всех рассматриваемых постов.

Таблица 4.4 – Оценка значимости линейных трендов среднегодовых и сезонных объемов стока

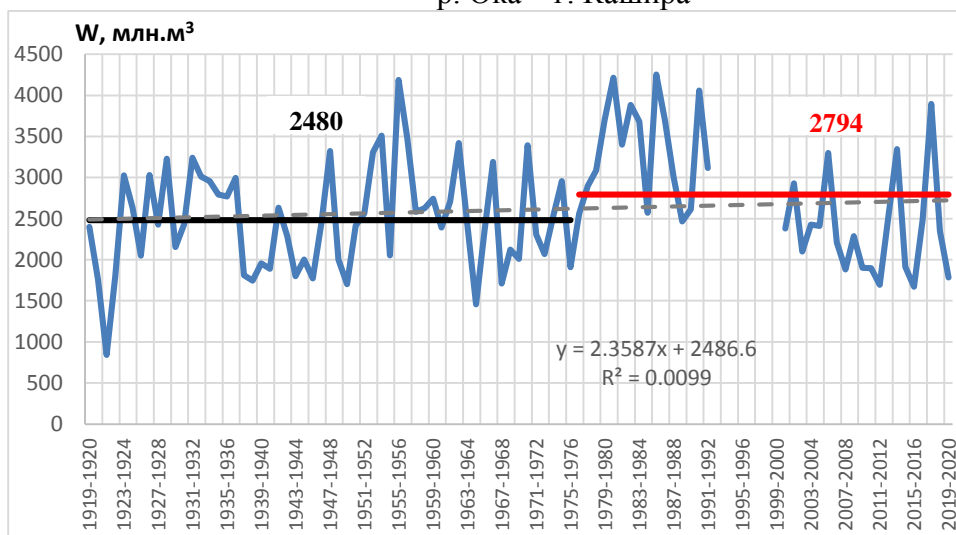
ГС	Сезон	n	R <sup>2</sup>	R	$\sigma_R$	R/ $\sigma_R$	t	ВЫВОД
р. Ока – г. Кашира	год	97	0,04	0,19	0,10	1,87	1,99	НЕ ОПРОВЕРГАЕТСЯ
	зима		0,37	0,61	0,08	7,46	1,99	ОПРОВЕРГАЕТСЯ
	весна		0,24	0,49	0,09	5,49	1,99	
	лето-осень		0,04	0,20	0,10	2,01	1,99	
р. Москва – г. Звенигород	год	89	0,03	0,18	0,11	1,70	1,99	НЕ ОПРОВЕРГАЕТСЯ
	зима		0,58	0,76	0,07	11,0	1,99	ОПРОВЕРГАЕТСЯ
	весна		0,27	0,52	0,09	5,72	1,99	
	лето-осень		0,21	0,45	0,10	4,76	1,99	
р. Клязьма – г. Владимир	год	93	0,01	0,10	0,10	0,95	1,99	НЕ ОПРОВЕРГАЕТСЯ
	зима		0,27	0,52	0,09	5,75	1,99	ОПРОВЕРГАЕТСЯ
	весна		0,07	0,26	0,10	2,53	1,99	
	лето-осень		0,11	0,33	0,10	3,39	1,99	
р. Осетр – д. Маркино	год	54	0,01	0,11	0,14	0,80	2,01	НЕ ОПРОВЕРГАЕТСЯ
	зима		0,34	0,58	0,11	5,20	2,01	ОПРОВЕРГАЕТСЯ
	весна		0,19	0,44	0,07	5,83	1,98	
	лето-осень		0,15	0,39	0,13	3,07	2,01	
р. Ока – г. Горбатов	год	88	0,06	0,25	0,10	2,41	1,99	НЕ ОПРОВЕРГАЕТСЯ
	зима		0,48	0,69	0,08	8,89	1,99	
	весна		0,04	0,20	0,11	1,88	1,99	НЕ ОПРОВЕРГАЕТСЯ
	лето-осень		0,22	0,47	0,10	4,97	1,99	ОПРОВЕРГАЕТСЯ



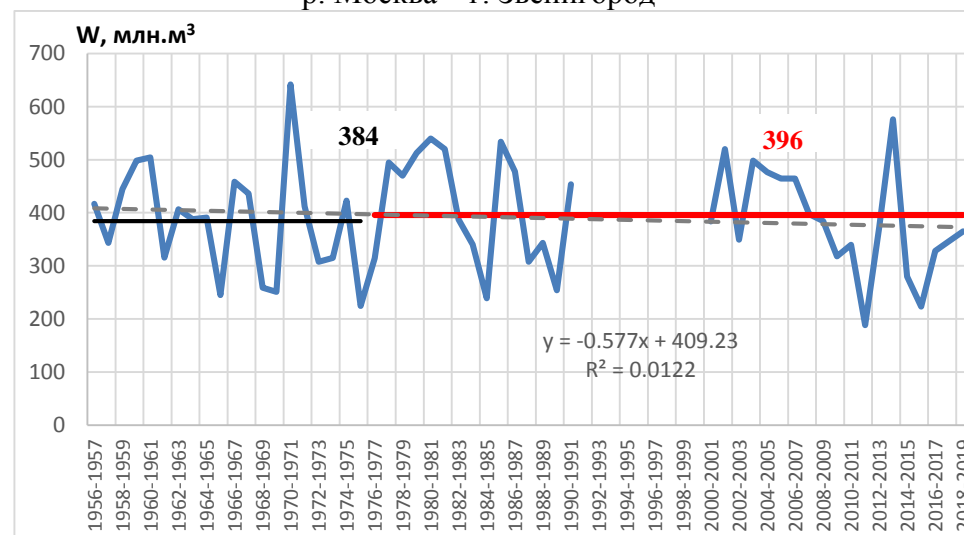
р. Ока – г. Кашира



р. Москва – г. Звенигород

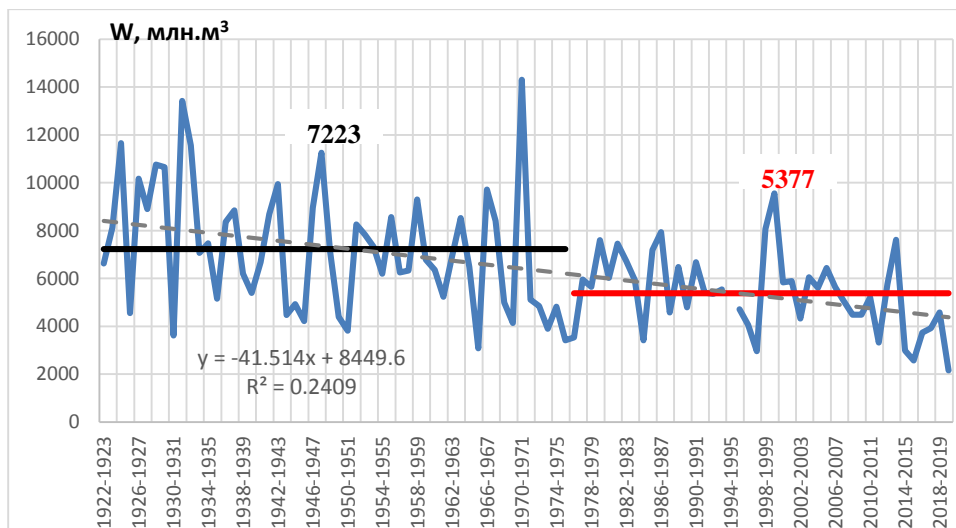


р. Клязьма - г. Владимир

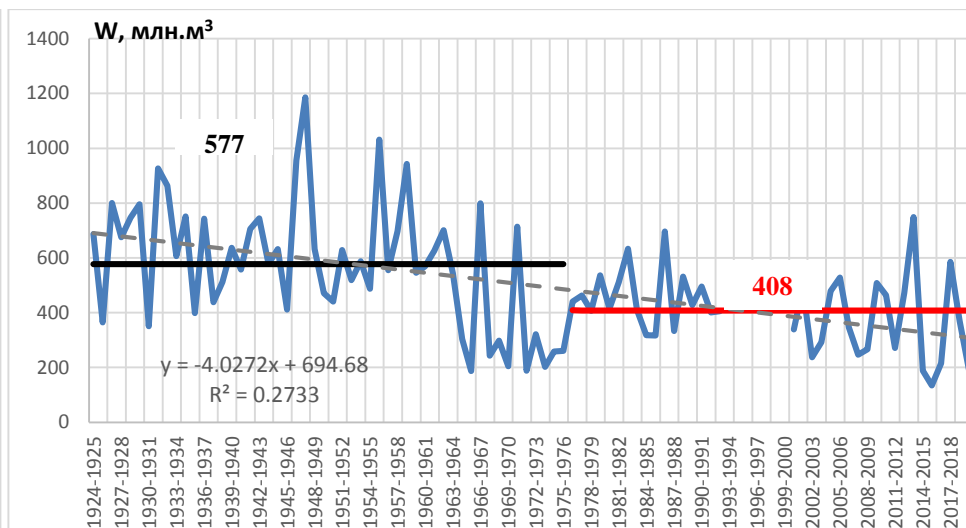


р. Осетр - д. Маркино

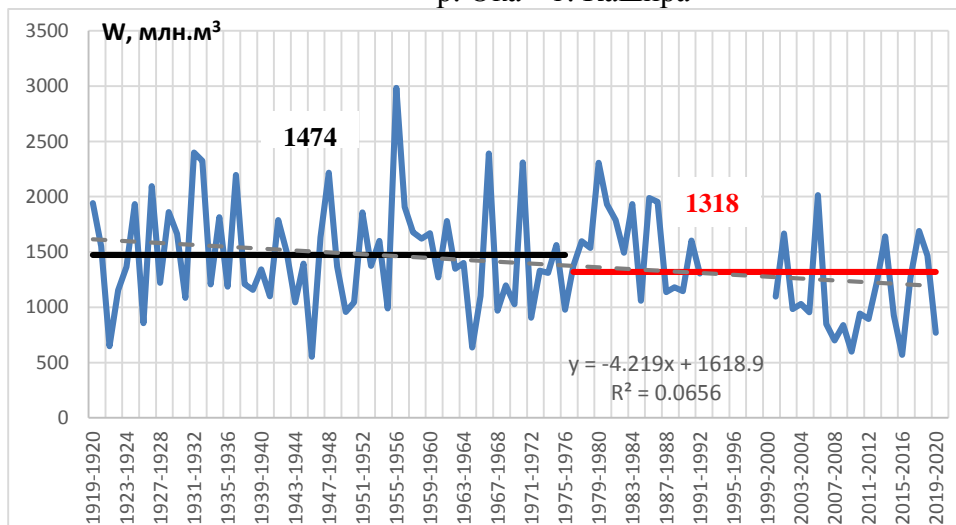
Рисунок 4.6 - Изменение объема годового стока рек бассейна р. Ока



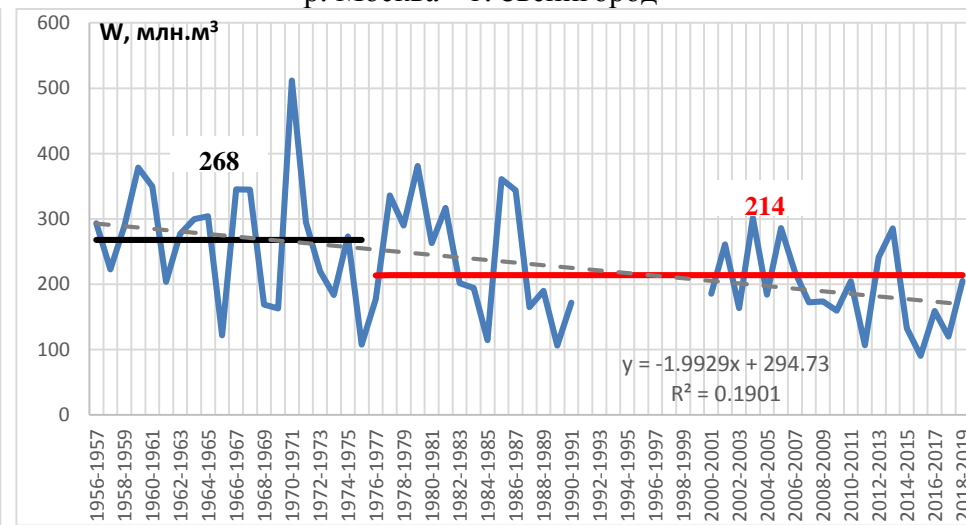
р. Ока – г. Кашира



р. Москва – г. Звенигород



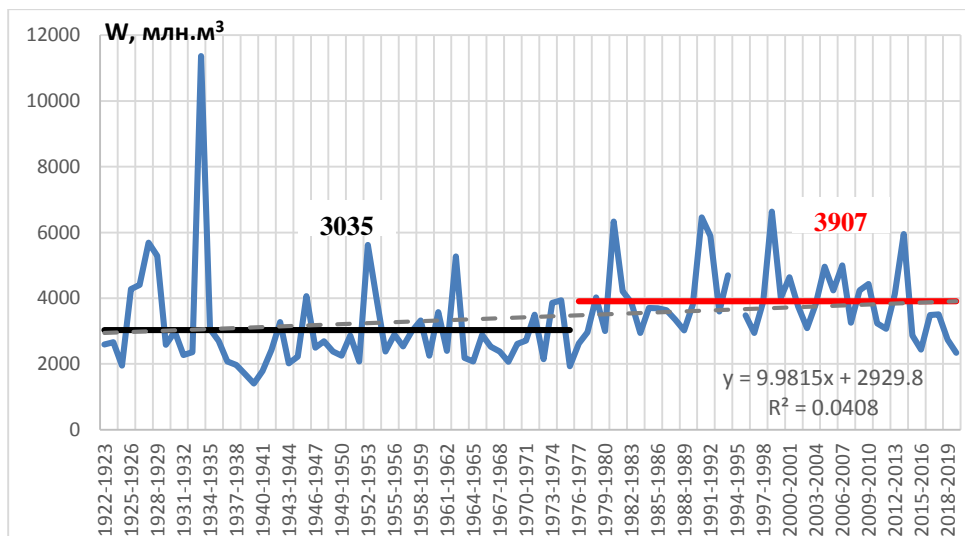
р. Клязьма - г. Владимир



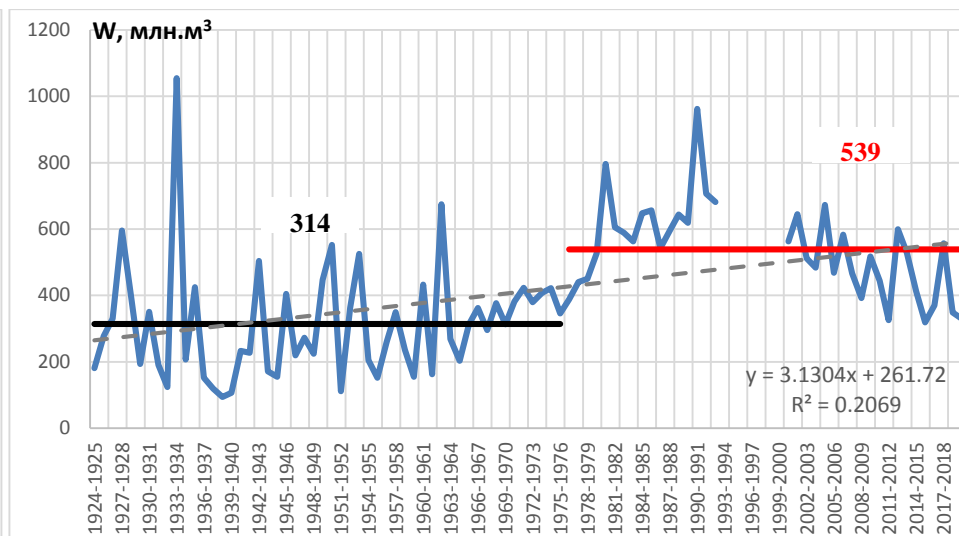
р. Осетр - д. Маркино

Рисунок 4.7 – Изменение объема **весеннего** стока рек бассейна р. Ока

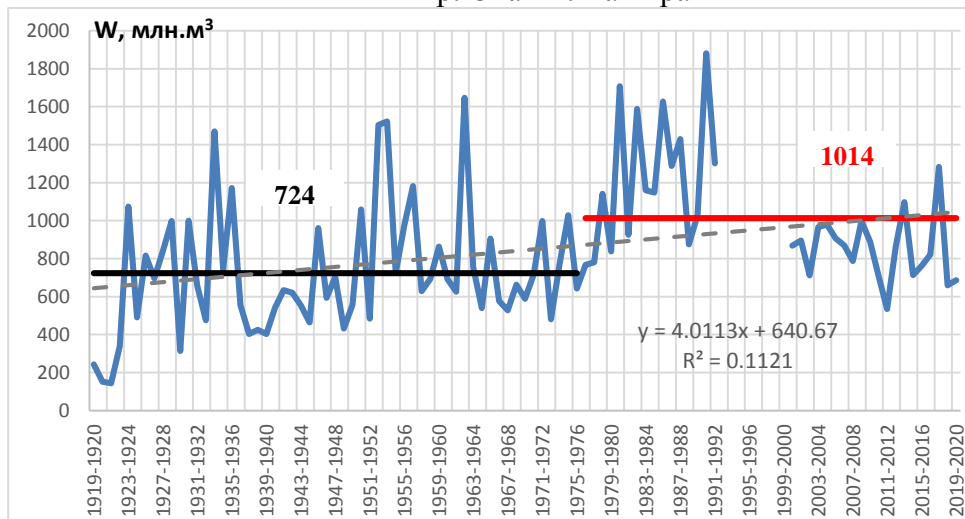




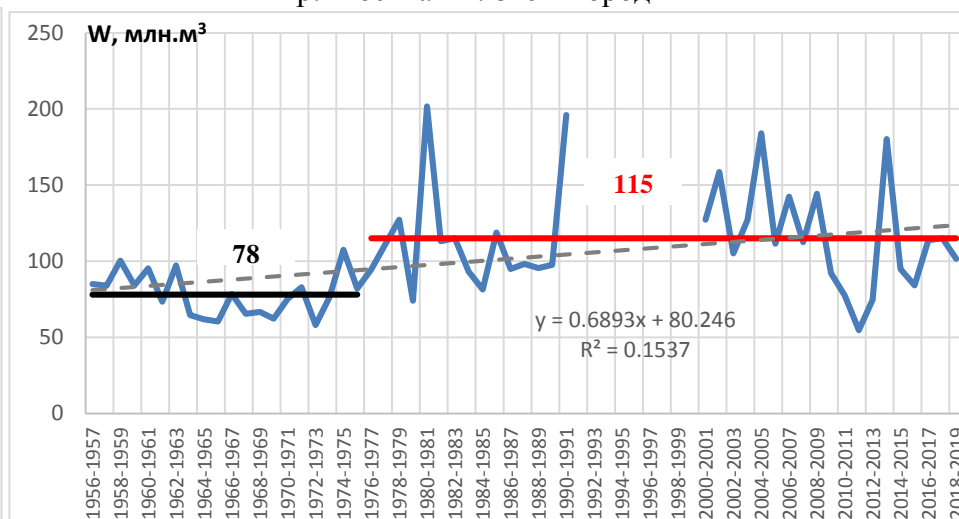
р. Ока – г. Кашира



р. Москва – г. Звенигород

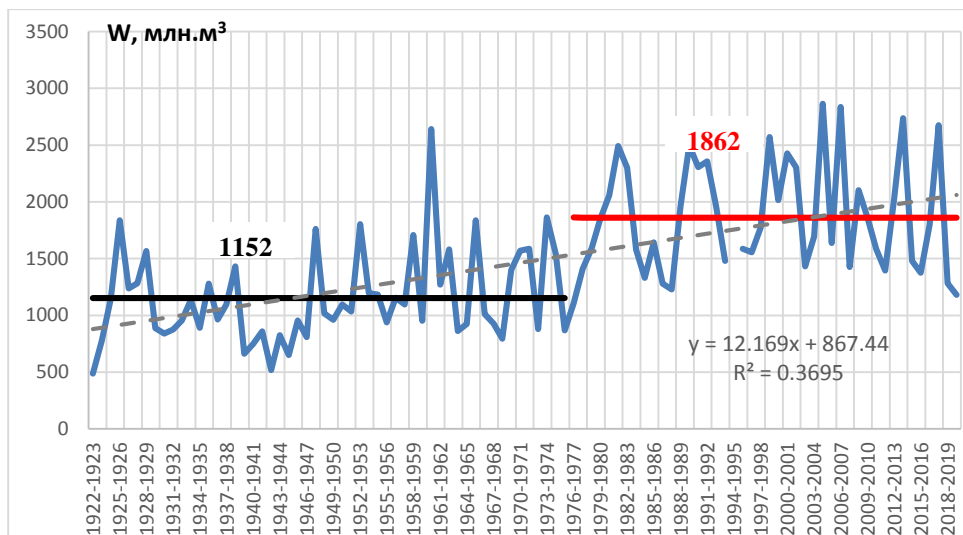


р. Клязьма - г. Владимир

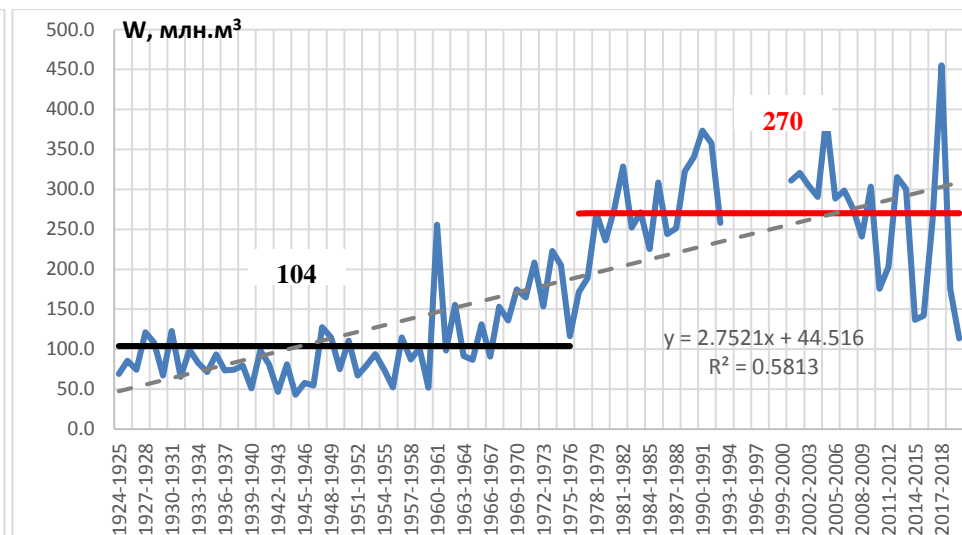


р. Осетр - д. Маркино

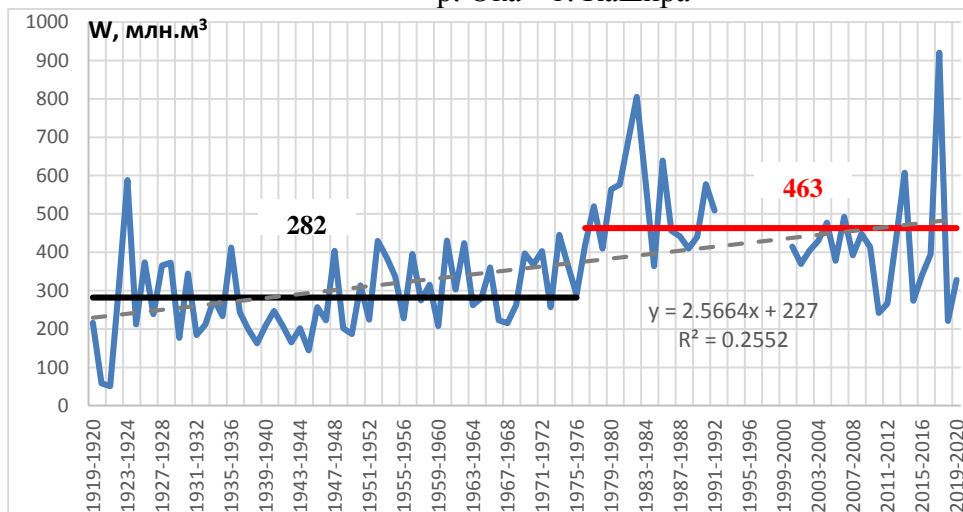
Рисунок 4.8 - Изменение объема **летне-осеннего** стока рек бассейна р. Ока



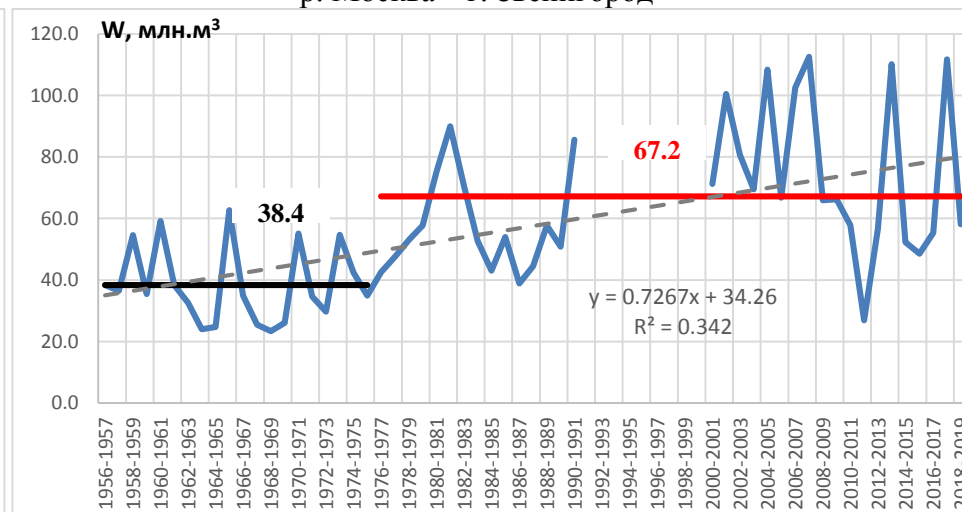
р. Ока – г. Кашира



р. Москва – г. Звенигород

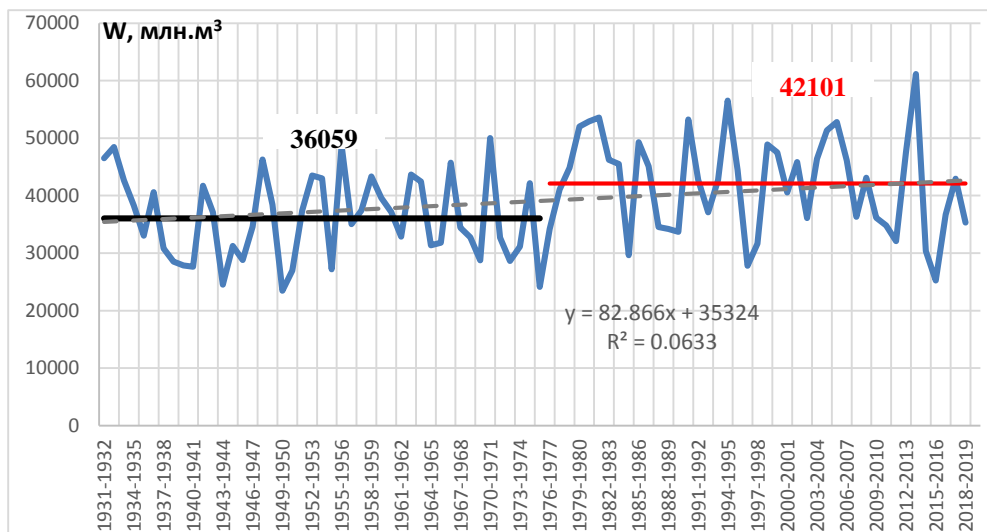


р. Клязьма - г. Владимир

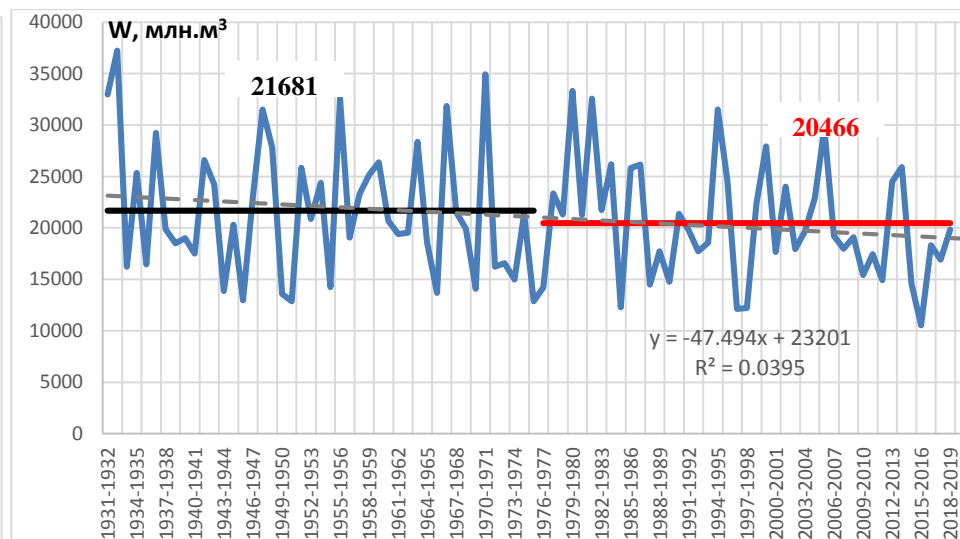


р. Осетр - д. Маркино

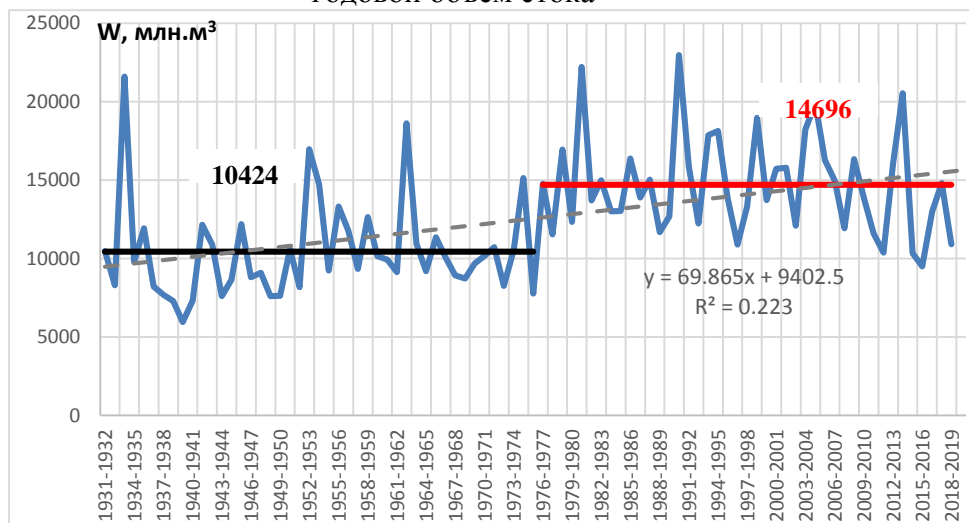
Рисунок 4.9 - Изменение объема зимнего стока рек бассейна р. Ока



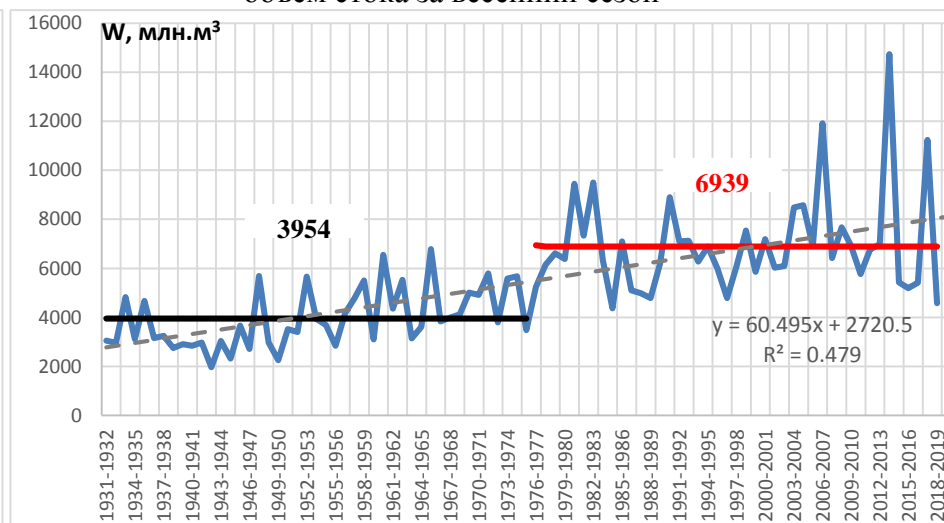
годовой объем стока



объем стока за весенний сезон



объем стока за летне-осенний сезон



объем стока за зимний сезон

Рисунок 4.10 - Изменение объемов годового и сезонного стока р. Ока – г. Горбатов

## ***2. Проверка на однородность рядов годового и сезонного стока.***

Статистический анализ рядов годового и сезонного стока позволил выявить изменения в многолетних колебаниях водности, вызванных в том числе климатическими факторами. В результате анализа гидрографов стока установлено, что со второй половины 1970-х годов на исследуемых реках Окского бассейна отмечается фаза повышенной водности, обусловленная главным образом существенным увеличением меженного стока – зимнего и летне-осеннего.

Для дальнейшего анализа выделено два относительно однородных периода, соответствующих изменению водности и климатических параметров (температура):

- до 1975 - 1976 гидрологического года, в течение которого не отмечалось направленных изменений водности;

- после 1976-1977 гидрологического года, в течение которого наблюдается увеличение стока меженных сезонов.

Для иллюстрации выделенных периодов на графики (рисунки 4.6 – 4.10) нанесены горизонтальные отрезки, показывающие средние значения за периоды до (черная линия) и после 1976-1977 г. (красная линия).

Проверка рядов на однородность выполнена с использованием критериев Фишера и Стьюдента. Теоретические значения статистик Фишера и Стьюдента определяются по таблицам, опубликованным в [19]. Проверка проводится при уровне значимости  $2\alpha = 5\%$  по формулам 4.3-4.6.

Проверка однородности рядов выполнена с помощью надстройки Microsoft Excel «Пакет анализа». По результатам проверки составлена таблица 4.5.

Проверка рядов на однородность показала, что для годового стока гипотеза об однородности не опровергается по критерию Фишера для всех постов (ряды однородны), но по критерию Стьюдента опровергается для большей части рассматриваемых ГС (в том числе для замыкающего створа ГС р. Ока –

г. Горбатов) и не опровергается для ГС р. Осетр – д. Маркино и р. Ока – г. Кашира.

Таблица 4.5 – Результаты проверки рядов годовых и сезонных объемов стока на однородность при  $2\alpha = 5\%$  и  $r(1) = 0$

ГС	Сезон	$ t^* $	$t_{2\alpha\%}$	$H_0: x_1 = x_2$	$F^*$	$F_{2\alpha\%}$	$H_0: D_1 = D_2$
р. Ока – г. Кашира	год	0,44	1,99	НЕ ОПРОВЕР ГАЕТСЯ	1,40	1,80	НЕ ОПРОВЕР ГАЕТСЯ
	весна	4,04	1,99	ОПРОВЕР ГАЕТСЯ	2,64	1,80	ОПРОВЕР ГАЕТСЯ
	лето-осень	3,17	1,99		2,02	1,80	ОПРОВЕР ГАЕТСЯ
	зима	7,75	1,99		1,46	1,77	НЕ ОПРОВЕР ГАЕТСЯ
год	3,82	1,99	1,25		1,81	НЕ ОПРОВЕР ГАЕТСЯ	
р. Москва – г. Звенигород	весна	3,92	1,99	ОПРОВЕР ГАЕТСЯ	2,68	1,87	ОПРОВЕР ГАЕТСЯ
	лето-осень	6,61	1,99		1,53	1,87	НЕ ОПРОВЕР ГАЕТСЯ
	зима	13,0	1,99		2,42	1,81	ОПРОВЕР ГАЕТСЯ
	год	2,16	1,99		ОПРОВЕР ГАЕТСЯ	1,50	1,79
весна	1,52	1,99	НЕ ОПРОВЕР ГАЕТСЯ	1,22	1,87		
лето-осень	4,19	1,99	ОПРОВЕР ГАЕТСЯ	1,05	1,87		
зима	7,00	1,99		2,09	1,79	ОПРОВЕР ГАЕТСЯ	
р. Осетр – д. Маркино	год	0,41	2,01	НЕ ОПРОВЕР ГАЕТСЯ	1,05	2,17	НЕ ОПРОВЕР ГАЕТСЯ
	весна	2,23	2,01	ОПРОВЕР ГАЕТСЯ	1,51	2,17	
	лето-осень	4,48	2,01		6,03	2,37	ОПРОВЕР ГАЕТСЯ
	зима	5,14	2,01		3,44	2,37	
р. Ока – г. Горбатов	год	3,59	1,99		ОПРОВЕР ГАЕТСЯ	1,34	1,83
	весна	0,93	1,99	НЕ ОПРОВЕР ГАЕТСЯ	1,34	1,84	
	лето-осень	6,40	1,99	ОПРОВЕР ГАЕТСЯ	1,06	1,83	
	зима	8,42	1,99		2,87	1,83	ОПРОВЕР ГАЕТСЯ

Сток зимней межени неоднороден на всех анализируемых гидрологических постах - гипотезы об однородности рядов зимнего стока опровергаются по критериям Стьюдента и Фишера. Следовательно, ряды можно считать неоднородными и по среднему значению, и по дисперсии. Исключение р. Ока –

г. Кашира – гипотеза об однородности ряда зимнего стока по критерию Фишера не опровергается.

Сток летне-осенней межени неоднороден по среднему значению на всех постах (гипотеза об однородности по критерию Стьюдента опровергается), но однороден по дисперсии для большей части рассматриваемых ГС, в том числе для замыкающего створа ГС р. Ока – г. Горбатов.

### ***3. Анализ особенностей хронологических изменений годовых и сезонных объемов речного стока.***

Как видно на рисунках 4.6 и 4.10 на большинстве рассматриваемых гидрологических постах наблюдается тенденция на увеличение объемов годового стока. Однако, статистически значимым является тренд годовых объемов стока только на замыкающем створе района исследования – р. Ока – г. Горбатов (рисунок 4.10, таблица 4.4).

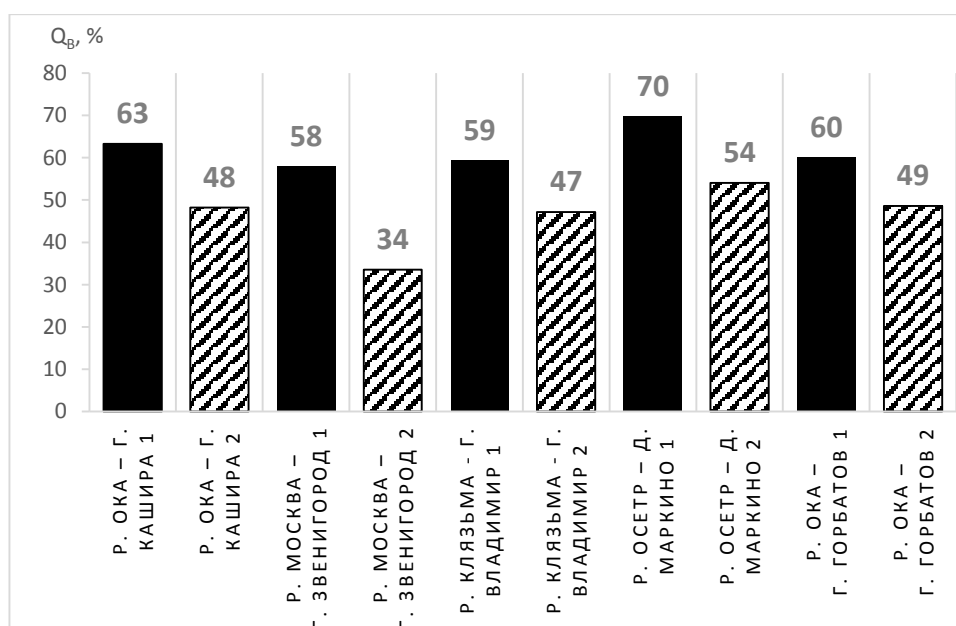
Характер и интенсивность изменения годовых и сезонных объемов стока между выделенными периодами представлены в таблице 4.6. Наибольшее увеличение объема годового стока наблюдается на ГП р. Москва – г. Звенигород (на 22%) и р. Ока – г. Горбатов (на 17%). При этом разброс значений относительно среднего значения существенно увеличивается - дисперсия возрастает на 25% и 34% соответственно, а на ГП р. Клязьма – г. Владимир увеличение дисперсии составляет 50%. Следовательно, на общем фоне возрастания объемов стока наблюдаются как многоводные, так и маловодные года. На ГС р. Ока – г. Кашира отмечается уменьшение дисперсии на 50%.

Таблица 4.6 - Оценки изменений средних значений и дисперсии годового и сезонного стока рек Московского региона за выделенные климатические периоды (↓/↑ - уменьшение/увеличение значения относительно первого)

ГС	Период	№ периода	Кол-во лет	Год		Весна		Лето-осень		Зима	
				<i>Ср.</i>	<i>D</i>	<i>Ср.</i>	<i>D</i>	<i>Ср.</i>	<i>D</i>	<i>Ср.</i>	<i>D</i>
р. Ока – г. Кашира	1922-1923 1975-1976	1	54	11410	9921000	7220	6900000	3040	2328500	1150	167200
	1976-1977 2019-2020	2	43	11150 (2%↓)	7063000 (29%↓)	5380 (26%↓)	2614000 (62%↓)	3910 (29%↑)	1154900 (50%↓)	1860 (62%↑)	244200 (46%↑)
р. Москва – г. Звенигород	1924-1925 1975-1976	1	52	995	66390	577	54100	314	29300	104	2220
	1976-1977 2019-2020	2	37	1220 (22%↑)	82840 (25%↑)	408 (29%↓)	20200 (63%↓)	539 (72%↑)	19100 (35%↓)	270 (160%↑)	5370 (142%↑)
р. Клязьма - г. Владимир	1919-1920 1975-1976	1	57	2480	394500	1470	248900	724	107400	280	10300
	1976-1977 2019-2020	2	36	2790 (13%↑)	590200 (50%↑)	1320 (11%↓)	204000 (18%↓)	1010 (40%↑)	102100 (5%↓)	460 (64%↑)	21600 (109%↑)
р. Осетр – д. Маркино	1956-1957 1975-1976	1	20	384	10790	268	9370	78	206	38	155
	1976-1977 2018-2019	2	34	396 (3%↑)	10300 (5%↓)	214 (20%↓)	6220 (34%↓)	115 (47%↑)	1240 (503%↑)	67 (75%↑)	534 (244%↑)
р. Ока – г. Горбатов	1931-1932 1975-1976	1	45	36060	53330000	21700	42580000	10400	9493000	3950	1446000
	1976-1977 2018-2019	2	43	42100 (17%↑)	71650000 (34%↑)	20500 (6%↓)	31810000 (25%↓)	14700 (41%↑)	10090000 (6%↑)	6940 (75%↑)	4149000 (187%↑)

### **Весенний сток**

Весеннее половодье является основной фазой водного режима рек бассейна Оки, на долю которого в период до 1976-1977 г. приходилось в среднем 62% годового стока (от 58% на ГМ р. Москва – г. Звенигород до 70% на ГС р. Осетр – д. Маркино), рисунок 4.11. За период после 1976-1977 г. средняя доля весеннего стока на реках рассматриваемого региона сократилась на 16% и составила в среднем 46% годового стока. Сокращение весеннего стока наблюдается на всех рассматриваемых гидрологических постах в примерно в равных долях. Исключением является ГС р. Москва – г. Звенигород на котором сокращение весеннего стока на 24% частично обусловлено зарегулированностью естественного стока русловыми водохранилищами в бассейне реки, как в основном русле, так и на его притоках.



1 – период до 1976-1977 г.; 2 – период после 1976-1977 г.

Рисунок 4.11 – Доля стока весеннего сезона от годового стока

Статистически значимые понижающие тренды (с вероятностью 95%) рядов суммарных объемов стока за весенний сезон за весь рассматриваемый период характерны для всех анализируемых гидрологических постов (рисунок 4.7). Понижение трендов сопровождается понижением среднего значения и дисперсии (таблица 4.6). Наибольшая интенсивность уменьшения среднего



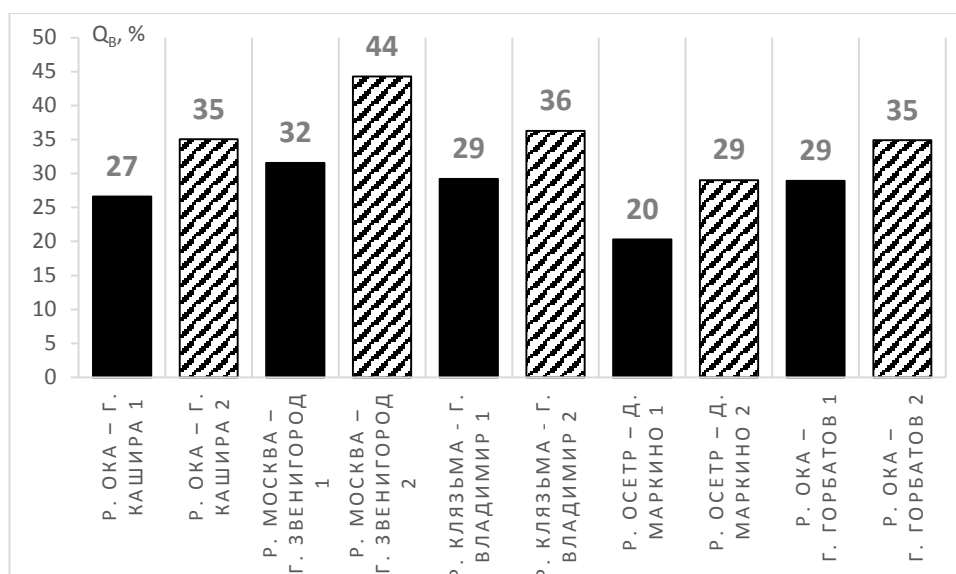
значения (на 26% и 29%) и дисперсии (на 62 и 63%) зафиксировано на ГС р. Ока и – г. Кашира и р. Москва – г. Звенигород, соответственно. Наименьшие изменения среднего значения (на 6 и 11%) и дисперсии (на 18 и 25%) характерны для гидрологических постов в северной части района исследования – р. Клязьма – г. Владимир и р. Ока – г. Горбатов, соответственно. Значительные темпы уменьшения дисперсии свидетельствуют об сокращении частоты и высоты многоводных и маловодных весенних половодий.

На графиках 4.7 и 4.10 видно, что в последние десятилетие наблюдается более четкая выраженность спада объемов стока весеннего половодья на ГС р. Ока – г. Кашира, р. Осетр – д. Маркино и, как результирующие проявление данной тенденции для всего бассейна р. Ока, на замыкающем створе реки Ока на ГС р. Ока – г. Горбатов (рисунок 4.3.3).

#### ***Летне-осенний сток***

Увеличение стока летне-осеннего сезона отмечается на всех анализируемых гидрологических постах (рисунок 4.12). Сток рек в летне-осенний сезон после 1976-1977 гг. стал больше, чем в предшествующий период, в среднем на 9% (с 27% до 36% годового стока). Наиболее значительное увеличение летне-осеннего стока наблюдается на ГС р. Москва – г. Звенигород (сток летне-осеннего сезона увеличился на 13%), минимальное – на замыкающем гидрологическом створе р. Ока в г. Горбатов. В летний сезон увеличение межженного стока может быть обусловлено его пополнением за счет стока в период невысокого, но растянутого во времени половодья, на которое накладываются летние, а потом и осенние паводки.

В летне-осенний сезон отмечаются положительные значимые тренды для всех ГС (рисунок 4.8, таблица 4.10). Следует отметить, что в большей части рассмотренных рядов летне-осеннего стока отмечается неоднородность по критерию Стьюдента, при этом среднее значение стока до 1976-1977 г. увеличилось по сравнению с предшествующим периодом на всех постах в среднем на 46% (таблица 4.10).



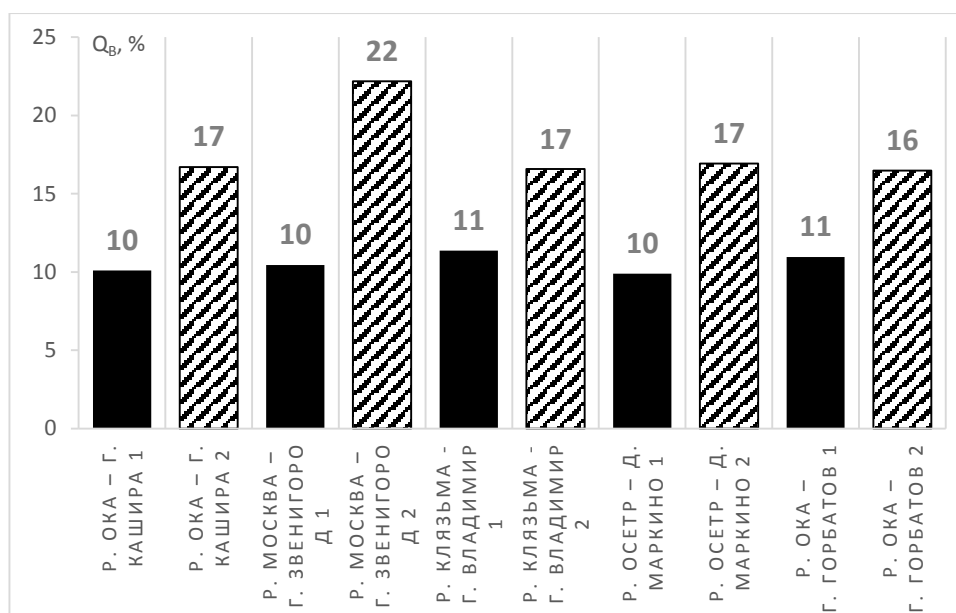
1 – период до 1976-1977 г.; 2 – период после 1976-1977 г.

Рисунок 4.12 – Доля стока летне-осеннего сезона от годового стока

### ***Зимний сток***

На всех рассматриваемых гидрологических постах бассейна р. Ока в период после 1976-1977 г. произошло увеличение водности в зимний сезон (рисунок 4.13). Увеличение стока составляет в среднем 7% (от 5% на ГС р. Клязьма – г. Владимир до 12% на ГС р. Москва – г. Звенигород) по отношению к значению до 1976-1977 г. (рисунок 4.10). Статистически значимые возрастающие тренды (с вероятностью 95%) рядов расходов воды зимнего стока отмечаются для всех анализируемых гидрологических постов (таблица 4.9).

По критерию Стьюдента выявлено нарушение однородности рядов зимнего стока. Среднее значение стока за зимнюю межень увеличилась на 62-75%. Возрастание зимнего стока на ГП р. Москва – г. Звенигород на 160% обусловлено вводом в эксплуатацию ряда водохранилищ в бассейне р. Москва в конце 1960-х годов. Резко, по отношению к предшествующему многолетнему периоду, увеличилась дисперсия стока в холодный период года (таблица 4.) – от 46% на ГП р. Ока – г. Кашира до 244% на р. Осетр – д. Маркино. Значимая неоднородность по дисперсии (критерий Фишера) отмечена на всех постах, кроме ГП р. Ока – г. Кашира.



1 – период до 1976-1977 г.; 2 – период после 1976-1977 г.

Рисунок 4.13 – Доля стока летне-осеннего сезона от годового стока

В последние десятилетия зафиксированы выдающиеся по объему стока зимние сезоны на всех гидрологических постах за многолетний период. Максимальный сток зимней межени приходится на 2013-2014 г. и 2017-2018 г., когда объем зимнего стока в два раза превосходил средние многолетние значения стока зимнего сезона (рисунки 4.9, 4.10).

Увеличение объема стока зимней межени обусловлено повышением температуры воздуха зимой, которое сопровождается увеличением количества и продолжительности оттепелей, т.е. формированием зимних паводков. Как следствие, это приводит к уменьшению запасов воды в снежном покрове к началу весеннего половодья. В результате складываются условия для увеличения стока зимнего сезона и снижения стока весеннего половодья.

#### 4.3 Анализ изменений статистических характеристик среднегодового и сезонного стока рек

Расчет статистических характеристик исследуемых рядов проводился методом моментов по формулам [1, 19]:

$$\bar{Q} = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i}{n} \quad (4.7)$$

$$C_v = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (k_i - 1)^2}{n - 1}} \quad (4.8)$$

$$C_s = \frac{n \sum_{i=1}^n (k_i - 1)^3}{(n - 1)(n - 2)C_v^3} \quad (4.9)$$

Относительные погрешности среднего значения и коэффициента вариации рассчитываются по формулам

$$\sigma_{\bar{Q}} = \frac{C_v}{\sqrt{n}} \sqrt{\frac{1+r}{1-r}} 100\%, \quad (4.10)$$

$$\sigma_{C_v} = \frac{1}{n + 4C_v^2} \sqrt{\frac{n(1 + C_v^2)}{2}} \left(1 + \frac{3C_v r^2}{1 + r^2}\right) 100\% \quad (4.11)$$

Так как при расчете сезонного и годового стока используется модель случайной величины, формулы принимают вид:

$$\sigma_{\bar{Q}} = \frac{C_v}{\sqrt{n}} 100\% \quad (4.12)$$

$$\sigma_{C_v} = \frac{1}{n + 4C_v^2} \sqrt{\frac{n(1 + C_v^2)}{2}} 100\% \quad (4.13)$$

$$\varepsilon_{C_s, \%} = \frac{1}{C_s} \sqrt{\frac{6}{n} (1 + 6C_v^2 + 5C_v^4)} 100\% \quad (4.14)$$

Результаты расчетов представлены в приложении В.

На всех анализируемых ГП значения коэффициента  $C_v$  за год и весенний сезон изменяются незначительно и в целом несколько уменьшаются от первого ко второму периоду (таблица 4.7). Исключение составляют ГП р. Москва – г. Звенигород и ГП р. Ока – г. Кашира, где понижение коэффициента  $C_v$  выражено наиболее четко. Летне-осенний сезон характеризуется значимым снижением  $C_v$  на большинстве исследуемых гидрологических постах за исключением ГП р. Осетр – д. Маркино. Коэффициенты  $C_v$  стока зимнего сезона характеризуются или устойчивостью, некоторым снижением от первого периода ко второму. В целом, снижение значения коэффициента вариации  $C_v$  согласуется с однородностью данных по дисперсии и повышением среднего в сезонном стоке.

Таблица 4.7 - Основные статистические характеристики рядов стока

Сезон Период	Год		Весна		Лето-осень		Зима	
	1	2	1	2	1	2	1	2
ГП р. Москва – г. Звенигород								
Cv	0.26	0.24	0.40	0.35	0.55	0.26	0.45	0.27
Cs	0.78	-0.34	0.21	0.23	1.79	0.62	1.36	-0.06
Cs/Cv	3.01	-1.44	0.51	0.67	3.28	2.42	3.00	-0.21
ГП р. Осетр – д. Маркино								
Cv	0.27	0.26	0.36	0.37	0.18	0.31	0.32	0.34
Cs	0.47	-0.12	0.46	0.50	0.43	1.01	0.69	0.70
Cs/Cv	1.74	-0.49	1.27	1.35	2.35	3.28	2.13	2.02
ГП р. Клязьма – г. Владимир								
Cv	0.25	0.27	0.34	0.34	0.45	0.32	0.36	0.32
Cs	0.18	0.38	0.64	0.29	0.91	1.11	0.33	1.09
Cs/Cv	0.69	1.39	1.89	0.83	2.00	3.51	0.93	3.44
ГП р. Ока – г. Кашира								
Cv	0.28	0.24	0.36	0.30	0.50	0.28	0.36	0.27
Cs	0.64	0.17	0.60	0.21	3.43	1.07	1.18	0.48
Cs/Cv	2.31	0.72	1.64	0.69	6.82	3.89	3.32	1.81
ГП р. Ока – г. Горбатов								
Cv	0.20	0.20	0.30	0.28	0.30	0.23	0.30	0.30
Cs	0.14	0.06	0.57	0.48	1.73	0.56	0.62	1.73
Cs/Cv	0.71	0.29	1.90	1.71	5.86	2.47	2.04	5.70

#### 4.4 Анализ изменений внутригодового распределения стока рек

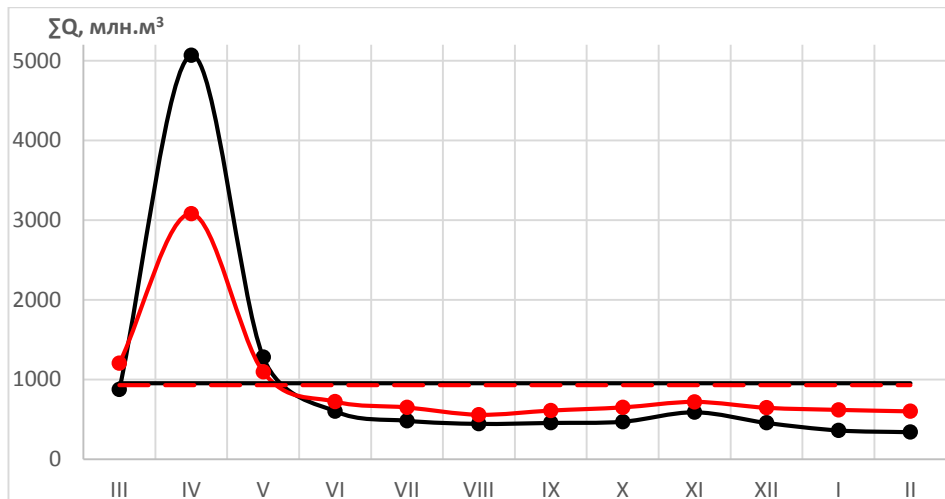
В целом, в Московском регионе (Окский бассейн) общее увеличение средних годовых и сезонных температур не приводит к существенному увеличению объема годового стока, но приводит к значительной трансформации внутригодового распределения стока по сезонам: уменьшается доля весеннего стока, при увеличении доли меженных стоков - летне-осеннего и зимнего сезонов. В период до 1976-1977 гг. сток весеннего половодья более чем в два раз (в 2,1 раз) превосходил сток летне-осеннего сезона, а зимнюю межень превосходил в 5,5 раз. После 1976-1977 г. по настоящее время изменение климатической ситуации (прежде всего повышение температуры) привело к сокращению разницы в объемах стока между сезонами - весенний сток превосходит летне-осенний сезон в 1,39 раз, а зимнюю – в 2,95 раз.

Для анализа перераспределения стока внутри года построены гидрографы стока до и после 1976-1977 г. (рисунок 4.14), а также выполнена оценка изменчивости коэффициента естественной зарегулированности стока  $\varphi$  [26].

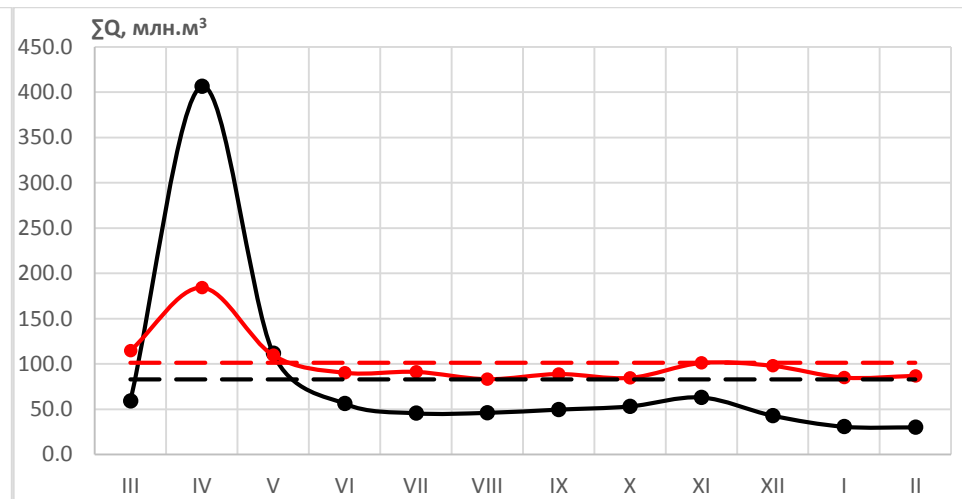
Он отражает долю базисного стока в общем объеме годового стока воды и характеризует степень изменчивости речного стока в течение года. Численно коэффициент  $\varphi$  равен отношению площади гидрографа, расположенной ниже ординаты среднегодового расхода (базисный сток), к общей площади этого гидрографа (годовой сток).

Гидрографы стока по всем гидрологическим постам наглядно иллюстрируют сглаживание годового хода стока воды – уменьшение объема стока весеннего половодья и увеличение стока зимнего и летне-осеннего сезонов. Наибольшие изменения стока наблюдается в апреле в виде уменьшения пика половодья в среднем на 30%. Резкое понижение пика половодья на ГП р. Москва – г. Звенигород в значительной степени обусловлено вводом в эксплуатацию в конце 1960-х годов ряда водохранилищ, расположенных в как в основном русле (Можайское водохранилище в более чем 100 км выше по течению от ГС), так и на его притоках (Рузское и Озеринское водохранилища). Сток летне-осеннего и зимнего сезонов увеличился во все месяцы на всех постах.

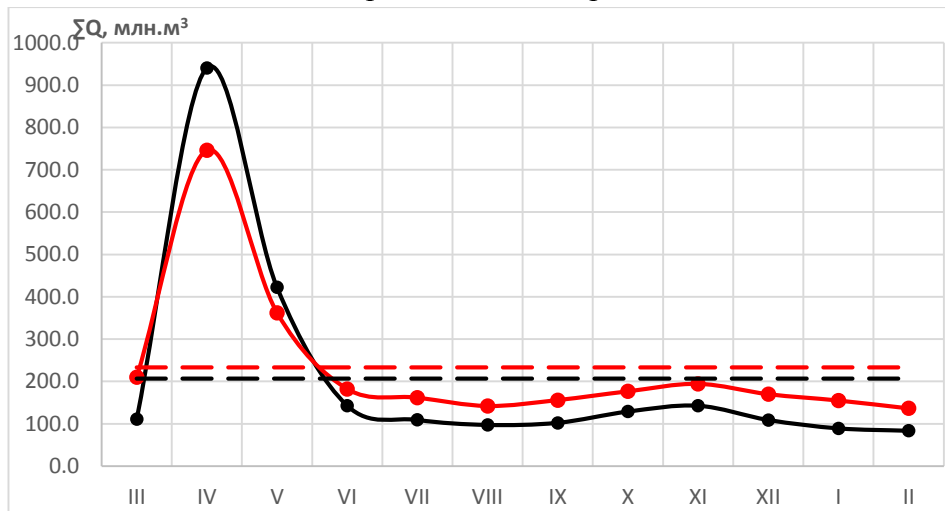
Общую картину переформирования внутригодового распределения стока со сменой климатических условий в бассейне р. Ока позволяет оценить гидрограф в замыкающем створе реки Ока – ГП р. Ока – г. Горбатов (рисунок 4.3.8). Форма пика гидрографа свидетельствует о более растянутом половодье продолжительностью около двух месяцев (апрель-май). Это обусловлено значительной площадью водосбора на ГП р. Ока – г. Горбатов и процессом суммирования стока, формирующегося в разных его частях, с учетом времени добегания. Оба половодных месяца характеризуются уменьшением водности в период после 1976-1977 г. на 9% (в апреле) и 19% (в мае). При этом сток периода зимней межени увеличился во все месяцы более чем в 1/3.



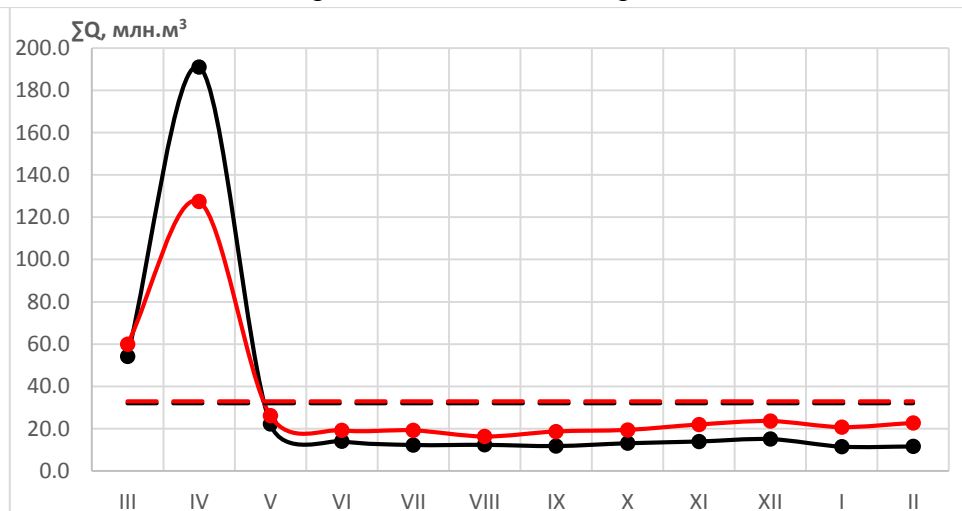
ГС р. Ока – г. Кашира



ГС р. Москва – г. Звенигород



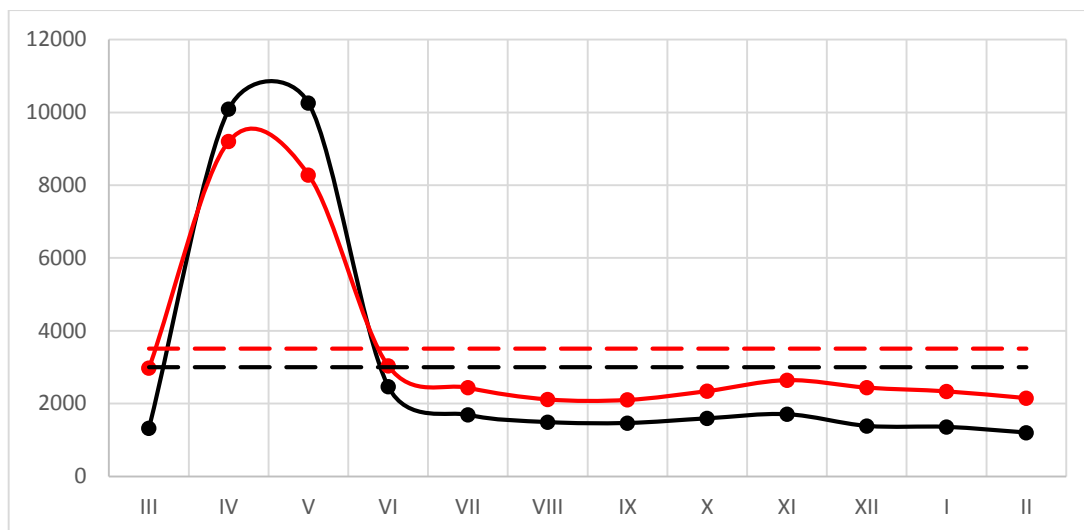
ГС р. Клязьма – г. Владимир



ГС р. Осетр – д. Маркино

(черные линии – период №1; красные линии – период №2, пунктирная линия – среднее значение для соответствующего периода)

Рисунок 4.14 - Гидрографы объема годового стока



(условные обозначения согласно рисунку 4.3.7)

Рисунок 4.15 - Гидрографы годового стока ГП р. Ока – г. Горбатов

За период после 1976-1977 г. отчетливо прослеживается увеличение доли базисного стока в общем объеме годового стока на всех рассматриваемых поста (таблица 4.7). Коэффициент естественной зарегулированности увеличился на 30% (от 23% на ГП р. Клязьма – г. Владимир до 36% на ГП р. Осетр – д. Маркино), без учета ГП р. Москва – г. Звенигород в виду его антропогенной зарегулированности водохранилищами. Согласно данным по замыкающему посту р. Ока – г. Горбатов общая зарегулированность стока бассейна реки Ока увеличилась на 20%.

Таблица 4.7 – Изменение естественной зарегулированности стока

ГП	Период	Коэффициент $\varphi$
р. Ока – г. Кашира	1	0,57
	2	0,75
р. Москва – г. Звенигород	1	0,62
	2	0,91
р. Клязьма – г. Владимир	1	0,61
	2	0,75
р. Осетр – д. Маркино	1	0,50
	2	0,68
р. Ока – г. Горбатов	1	0,60
	2	0,72



## Заключение

1. Реки Московского региона подвержены значительной антропогенной нагрузке. Для исследования выбраны ГП с разной, но в целом невысокой, степенью антропогенного воздействия: р. Ока и р. Осетр – водохранилища и гидроузлы отсутствуют; р. Клязьма - преобразованная верхняя часть водосбора незначительна по отношению к водосбору в анализируемом створе; р. Москва – сток зарегулирован гидроузлами на притоках.

2. Для анализа изменений режима стока рек Московского региона в качестве опорных ГП рассматривались: р. Москва – г. Звенигород, р. Осетр – д. Маркино, р. Клязьма – г. Владимир, р. Ока – г. Кашира, р. Ока – г. Горбатов. Для анализа изменения климатической обстановки в Московском регионе в качестве опорных метеорологических станций выбраны: МС Кашира, МС Можайск, МС Москва ВДНХ, МС Владимир. Выбор ГП/МС определен наличием продолжительных рядов данных о среднемесячных расходах воды/температур воздуха; расположением ГП/МС с учетом охвата всего рассматриваемого региона.

3. Восстановление единичных пропусков в рядах данных среднемесячного стока методом регрессионного анализа позволило увеличить длину рядов сезонного стока: ГП р. Ока - г. Кашира на 5 лет; ГП р. Москва - г. Звенигород – 5 лет; ГП р. Клязьма – г. Владимир – 2 года; ГП р. Осетр - д. Маркино – 2 года. После восстановления пропусков в данных о стоке рек исходными материалами для анализа изменений режима стока рек Московского региона являются данные о среднемесячных расходах воды на ГП: р. Москва – г. Звенигород – 89 лет; р. Осетр – д. Маркино – 54 года; р. Клязьма – г. Владимир – 93 год; р. Ока – г. Кашира – 97 лет; р. Ока – г. Горбатов – 88 лет.

4. Подтверждены климатические изменения в температурном режиме:  
- скорость изменения средней годовой температуры воздуха на большей части рассматриваемых МС за 1 период близка к нулю (только на МС Москва ВДНХ - 0,19 °С/10 лет). За 2 период рост средних годовых температур воздуха выражена на всех МС и составляет в среднем 0,46°С/10 лет (от

0,43<sup>0</sup>C/10 лет на МС Владимир до 0,48<sup>0</sup>C/10 лет на МС Можайск). При этом скорость роста осредненной по России среднегодовой температуры составляет плюс 0,51<sup>0</sup>C/10 лет;

- повышение средних значений температур воздуха зафиксированы во все сезоны года на всех анализируемых МС: **весенние температуры** - от 32% (на МС Владимир с 4,0<sup>0</sup>C до 5,26<sup>0</sup>C) до 43% (на МС Можайск с 3,86<sup>0</sup>C до 5,51<sup>0</sup>C); **зимний сезон** - от 19% (на МС Владимир с минус 9,83<sup>0</sup>C до минус 7,93<sup>0</sup>C) до 30% (на МС Москва ВДНХ с минус 8,70<sup>0</sup>C до минус 6,05<sup>0</sup>C); **летне-осенний сезон** – от 1% (на МС Владимир с 10,7<sup>0</sup>C до 10,8<sup>0</sup>C) до 5% (на МС Москва ВДНХ с 11,0<sup>0</sup>C до 11,6<sup>0</sup>C).

5. Установлена неоднородность стока по среднему (для зимнего и летне-осеннего сезонов, а также больше части годового стока) и неизменность – однородность по дисперсии (для годового стока и летне-осенней межени). Сток весеннего сезона характеризуется разбросом в оценке однородности.

6. Для анализа изменений годового и сезонного стоков выделены два квазистационарных периода, соответствующих изменению водности и климатических параметров (температуры):

- до 1975 - 1976 гидрологического года, в течение которого не отмечалось направленных изменений водности (1 период);

- после 1976-1977 гидрологического года, в течение которого наблюдается увеличение стока меженных сезонов (2 период).

7. На долю ***весеннего стока*** в 1 период приходилось в среднем 62% годового стока (от 58% на ГМ р. Москва – г. Звенигород до 70% на ГС р. Осетр – д. Маркино). За 2 период средняя доля весеннего стока сократилась на 16% и составила в среднем 46% годового стока. Сокращение весеннего стока наблюдается на всех рассматриваемых гидрологических постах в примерно в равных долях. Статистически значимые понижающие тренды (с вероятностью 95%) рядов суммарных объемов стока за весенний сезон за весь рассматриваемый период характерны для всех анализируемых ГП.

8. На всех анализируемых ГП отмечается увеличение стока *летне-осеннего сезона*. Во 2 период сток за летне-осенний сезон увеличился в сравнении с предшествующим периодом, в среднем на 9% (с 27% до 36% годового стока). В летний сезон увеличение меженного стока может быть обусловлено его пополнением за счет стока в период невысокого, но растянутого во времени половодья, на которое накладываются летние, а потом и осенние паводки. В летне-осенний сезон отмечаются положительные значимые тренды для всех ГС.

9. Увеличение водности в *зимний сезон* зафиксировано на всех рассматриваемых ГП. В среднем рост объема зимнего стока во 2 период составил 7% (от 5% на ГС р. Клязьма – г. Владимир до 12% на ГС р. Москва – г. Звенигород). Статистически значимые возрастающие тренды (с вероятностью 95%) рядов расходов воды зимнего стока отмечаются для всех анализируемых ГП.

Увеличение объема стока зимней межени обусловлено повышением температуры воздуха зимой, которое сопровождается увеличением количества и продолжительности оттепелей, т.е. формированием зимних паводков. Как следствие, это приводит к уменьшению запасов воды в снежном покрове к началу весеннего половодья. В результате складываются условия для увеличения стока зимнего сезона и снижения стока весеннего половодья

10. Анализ гидрографов стока выявил сглаживание годового хода стока на всех ГП – наблюдается уменьшение объема стока весеннего половодья при увеличении стока зимнего и летне-осеннего сезонов. Наибольшие изменения стока наблюдается в апреле в виде уменьшения пика половодья в среднем на 30%.

11. Доля базисного стока в общем объеме годового стока на всех рассматриваемых поста увеличилась от 1 периода ко 2. Коэффициент естественной зарегулированности увеличился в среднем на 30%. Согласно данным по замыкающему посту р. Ока – г. Горбатов общая зарегулированность стока бассейна реки Ока увеличилась на 20%.

12. В целом, в Московском регионе общее увеличение средних годовых и сезонных температур не приводит к существенному увеличению объема годового стока, но приводит к значительной трансформации внутригодового распределения стока по сезонам: уменьшается доля весеннего стока, при увеличении доли меженных стоков - летне-осеннего и зимнего сезонов. В 1 период сток весеннего половодья более чем в два раз (в 2,1 раз) превосходил сток летне-осеннего сезона, а зимнюю межень превосходил в 5,5 раз. Во 2 период изменение климатической ситуации (прежде всего повышение температуры) привело к сокращению разницы в объемах стока между сезонами - весенний сток превосходит летне-осенний сезон в 1,39 раз, а зимнюю – в 2,95 раз.

## Список использованных источников

1. СП 33-101-2003 «Определение основных расчетных гидрологических характеристик»
2. СП 131.13330.2020 «Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99»
3. СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003»
4. Сайт картографических материалов. Атлас Московской области. 1976. Электронный ресурс. Режим доступа: [http://www.etomesto.ru/map-1977\\_fizikogeografiya/](http://www.etomesto.ru/map-1977_fizikogeografiya/) (дата обращения 09.06.2022)
5. Основные гидрологические характеристики рек бассейна Верхней Волги. Научно-прикладной справочник. Электронный ресурс. Режим доступа: <http://www.hydrology.ru/ru/content/osnovnyye-gidrologicheskie-harakteristiki-rek-basseyna-verhney-volgi> (дата обращения 10.02.2022)
6. Ресурсы поверхностных вод СССР, том 10, Верхне-Волжский район, Книга 1, 2, Гидрометеоз-дат, 1973
7. Чамов Н. П. Тектоно-седиментационная история среднерусского авлакогена и московской синеклизы // Литология и полезные ископаемые, 2017, № 6, с. 78–98
8. Давыдова, М.И. Физическая география СССР/ М.И. Давыдова [и д.р.]. – М.: Просвещение, 1966.- 847 с.
9. Лесной план Московской области на 2019-2028 гг. Правительство Московской области Комитет лесного хозяйства Московской области. Красногорск, 2018
10. Научно-прикладной справочник «Климат России». АИСОРИ ВНИИГМИ-МЦД. Специализированная база данных основных метеорологических параметров. Электронный ресурс. <http://aisori-m.meteo.ru/> (дата обращения 09.06.2022)

11. АИСОРИ – программа просмотра табличных данных. ВНИИГМИ-МЦД. <http://meteo.ru/tech/aisori.php> (дата обращения 09.06.2022)
12. Научно-прикладной справочник по климату СССР, серия 3, многолетние данные, часть 1-6, выпуск 8. Москва и Московская область, Л. Гидрометеиздат, 1990
13. Web-сайт Московско-Окского бассейнового водного управления. Электронный ресурс. <https://www.m-obvu.ru> (дата обращения 01.06.2022)
14. Web-сайт ФГБУ «Центральное УГМС». Электронный ресурс. <https://cugms.ru/o-nas/nablyudatel'naya-set/> (дата обращения 08.06.2022)
15. Web-сайт Уровни воды онлайн. Электронный ресурс. <https://allrivers.info/gauge/oka-kashira> (дата обращение 09.06.2022)
16. Web-сайт Федерального агентства водных ресурсов: сайт. – URL: <https://voda.gov.ru/> (дата обращение 09.06.2022)
17. Web-сайт ФГБУ «Канал имени Москвы». Электронный ресурс. <https://kim-online.ru> (дата обращение 09.06.2022)
18. Автоматизированная информационная система государственного мониторинга водных объектов АИС ГМВО <https://gmvo.skniivh.ru/index.php?id=717> (дата обращение 09.06.2022)
19. Сикан А.В. Методы статистической обработки гидрометеорологической информации. Учебник. Специальность «Гидрология» направления подготовки «Гидрометеорология». - СПб.: изд. РГГМУ. 2007. - 279 с.
20. Второй оценочный доклад РОСГИДРОМЕТА об изменениях климата и их последствиях на территории Российской федерации. М – 2014.
21. Доклад об особенностях климата на территории РФ за 2020 год, РОСГИДРОМЕТ. М – 2021.
22. Доклад об особенностях климата на территории РФ за 2019 год, РОСГИДРОМЕТ. М – 2020.
23. Доклад об особенностях климата на территории РФ за 2015 год, РОСГИДРОМЕТ. М – 2016.

24. Доклад об особенностях климата на территории РФ за 2009 год, РОСГИДРОМЕТ. М – 2010.

25. Web-сайт ФГБУ "Институт глобального климата и экологии имени академика Ю.А. Израэля". Электронный ресурс. <http://climatechange.igce.ru>

26. Фролова Н. Л., Нестеренко Д.П., Шенберг Н.В. Внутригодовое распределение стока рек России // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. 2010. № 6. С. 8-16.

27. Алексеевский Н.И. и др. Оценка влияния изменений климата водный режим и сток рек бассейна Волги // Вода: химия и экология. №4. 2013. С. 3-12.

28. Георгиевский В.Ю., Шалыгин А.Л. Гидрологический режим и водные ресурсы. С. 53-86.

29. Георгиевский В.Ю. Водные ресурсы Российской федерации в условиях изменяющегося климата // Трубы II Всероссийской конференции «Гидрометеорология и экология: достижения и перспективы развития». С. 169 – 171.

30. Вагнер Б. Б. Реки и озера Подмосковья. — М.: Вече, 2006. — 480 с.

## Приложение А Графики взаимосвязи анализируемых переменных

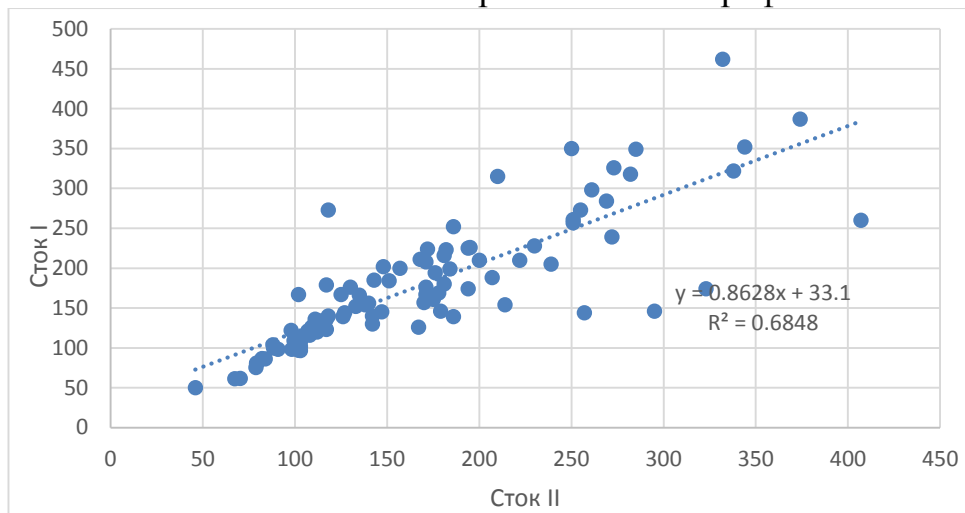


Рисунок А.1 – График связи между стоком января и стоком февраля по ГП р. Ока - г. Кашира за период 1922 по 2019 гг.

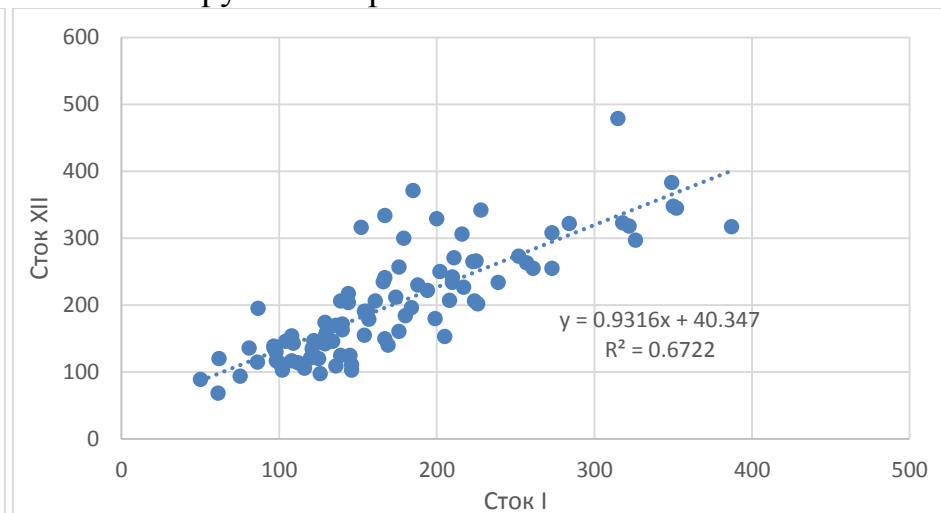


Рисунок А.2 – График связи между стоком декабря и стоком января по ГП р. Ока - г. Кашира за период 1922 по 2019 гг.

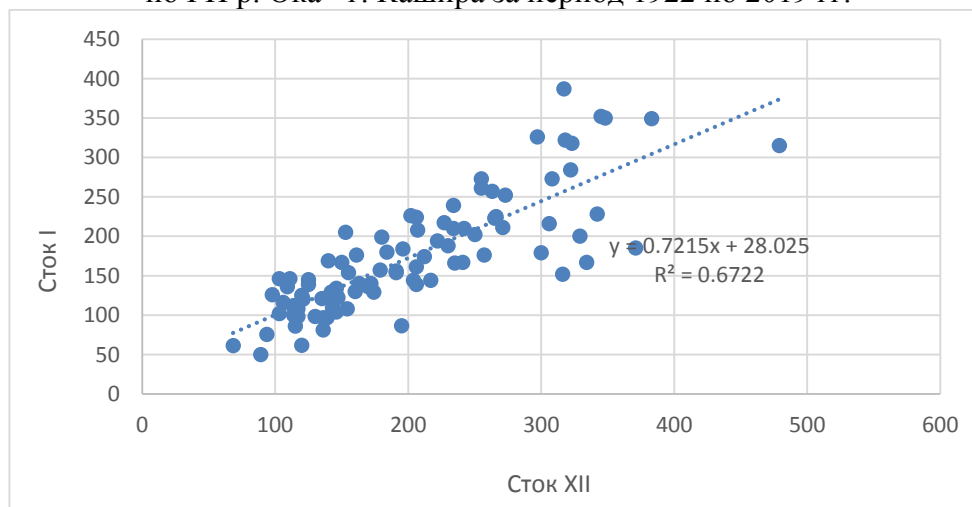


Рисунок А.3 – График связи между стоком января и стоком декабря по ГП р. Ока - г. Кашира за период 1922 по 2019 гг.

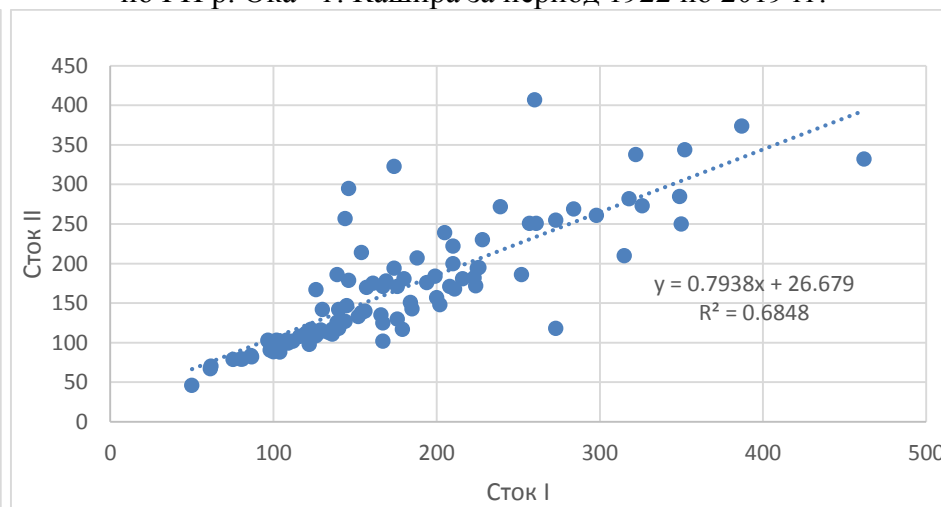


Рисунок А.4 – График связи между стоком февраля и стоком января по ГП р. Ока - г. Кашира за период 1922 по 2019 гг.



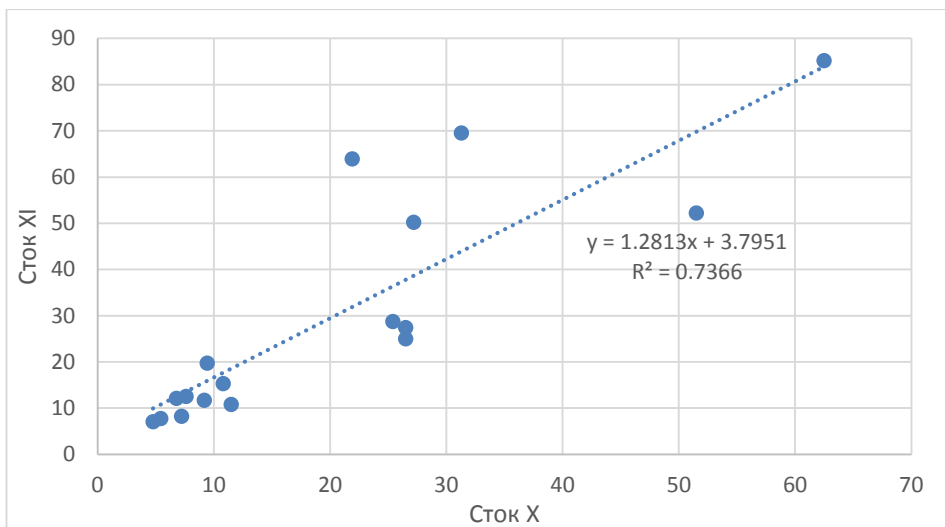


Рисунок А.5 – График связи между стоком ноября и стоком октября по ГП р. Москва - г. Звенигород за период 1924 по 1940 гг.

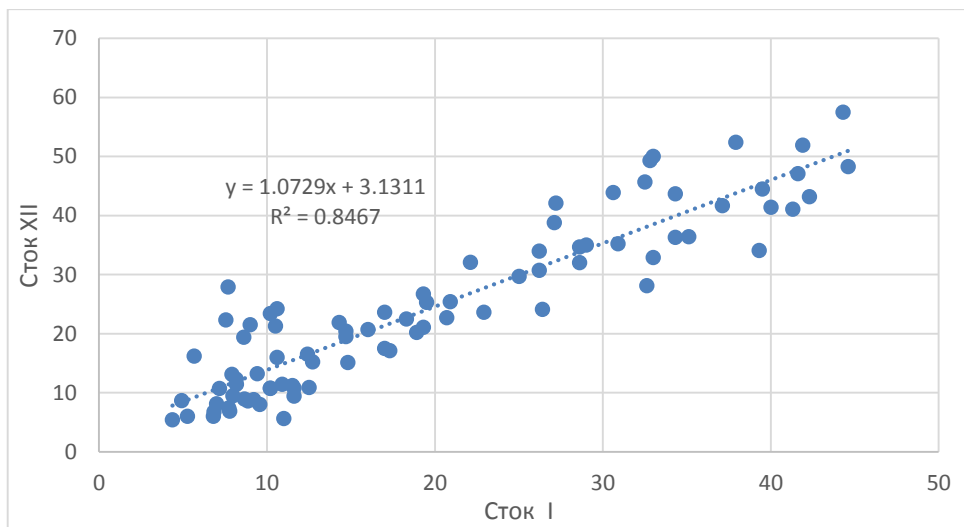


Рисунок А.6 – График связи между стоком декабря и стоком января по ГП р. Москва - г. Звенигород за период 1924-1992 гг., 2000-2019 гг.

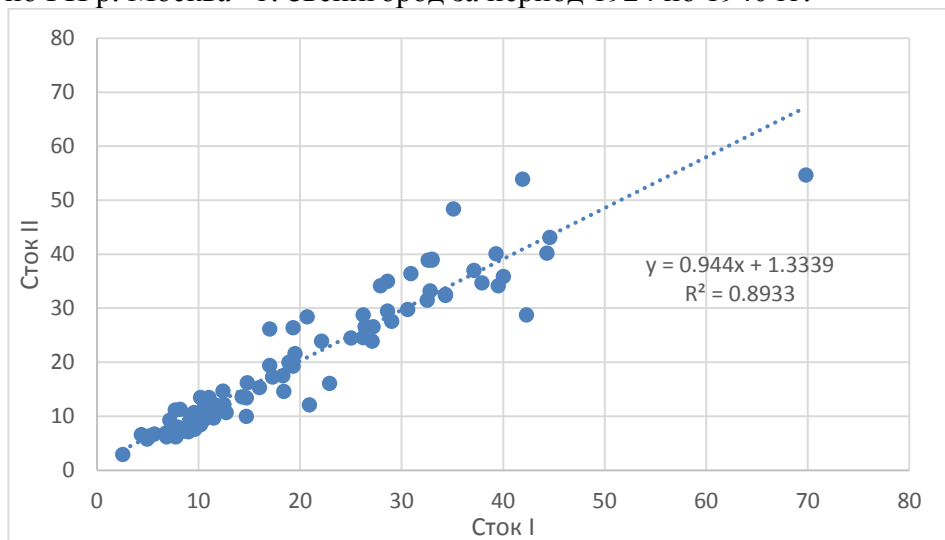


Рисунок А.7 – График связи между стоком февраля и стоком января по ГП р. Москва - г. Звенигород (1924-1992 гг., 2000-2019 гг.)

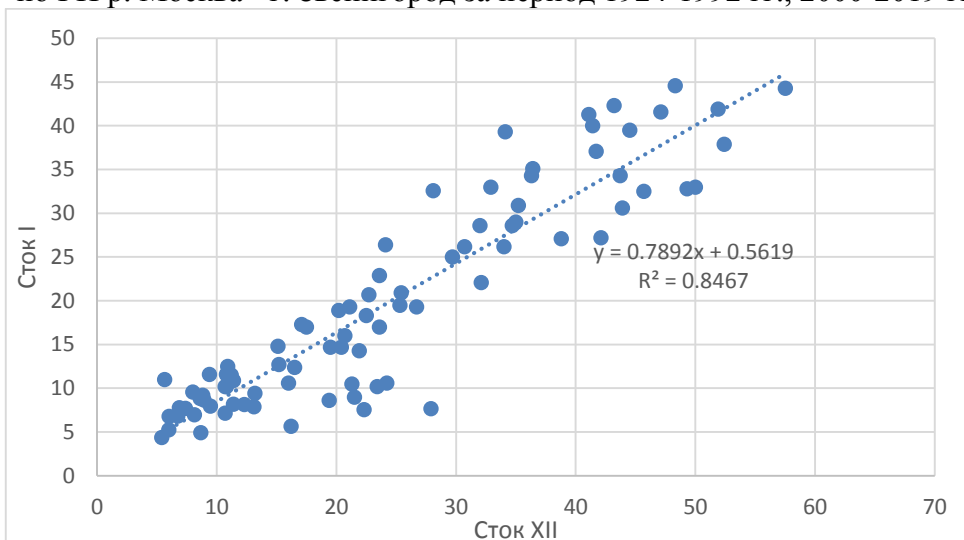


Рисунок А.8 – График связи между стоком января и стоком декабря по ГП р. Москва - г. Звенигород за период 1924-1992 г., 2000-2019 г.

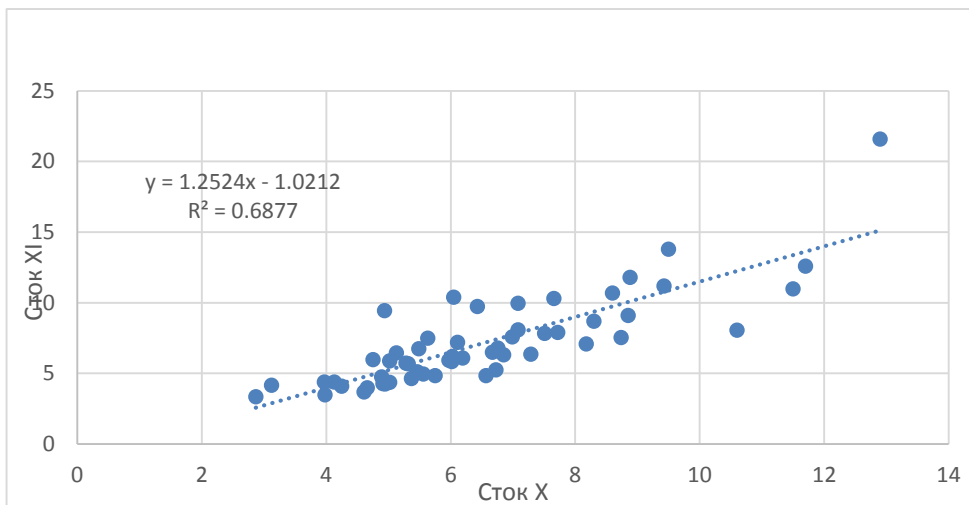


Рисунок А.9 – График связи между стоком ноября и стоком октября по ГП р. Осетр – д. Маркино за период 1956-1992 гг, 2000-2019 гг.

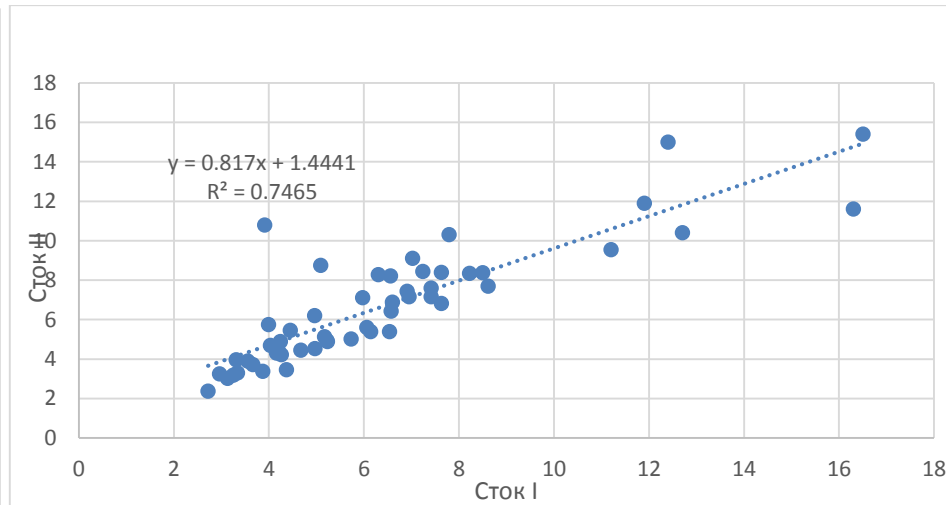


Рисунок А.10 – График связи между стоком февраля и стоком января по ГП р. Осетр – д. Маркино за период 1956-1992 гг, 2000-2019 гг.

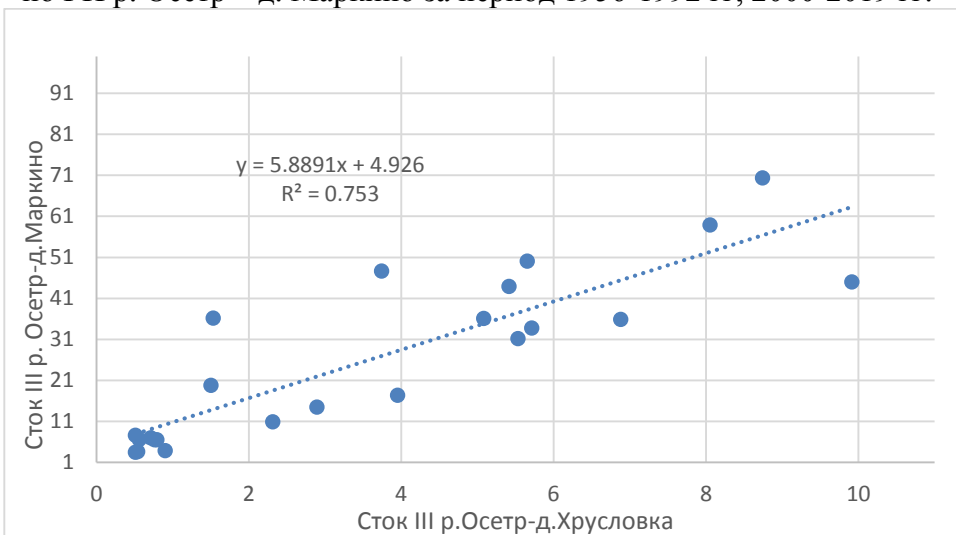


Рисунок А.11 – График связи между стоком марта по ГП р. Осетр – д. Маркино и ГП р. Осетр – д. Хруслровка за период 1967-1991 гг,

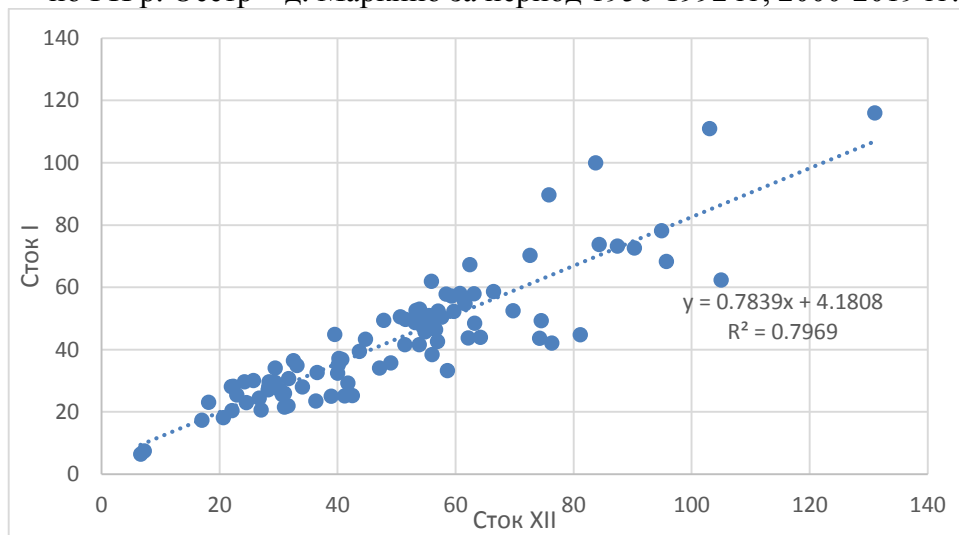


Рисунок А.12 – График связи между стоком января и стоком декабря по ГП р. Клязьма – г. Владимир за период 1919-1992 гг, 2000-2019 гг.

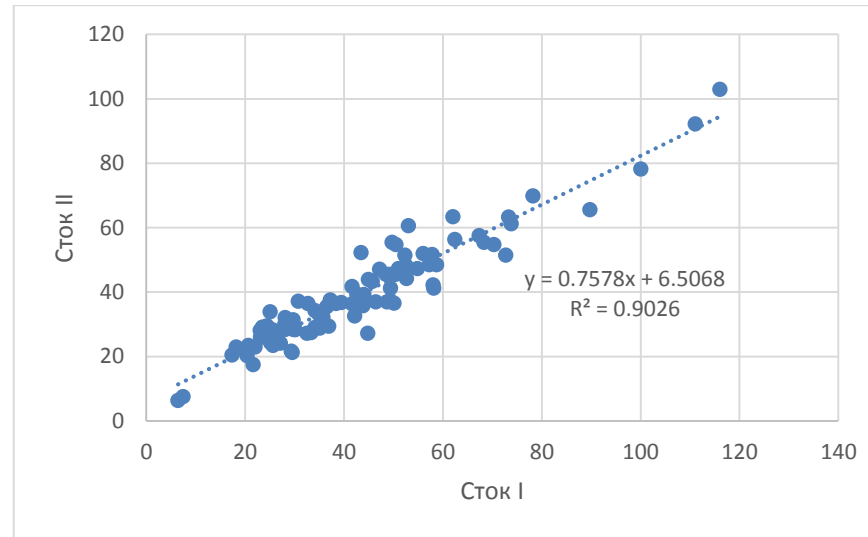


Рисунок А.13 – График связи между стоком января и стоком февраля по ГП р. Клязьма – г. Владимир за период 1919-1992 гг, 2000-2019 гг.

## Приложение Б

Совмещенные хронологические график хода температур воздуха по сезонам года по анализируемым МС

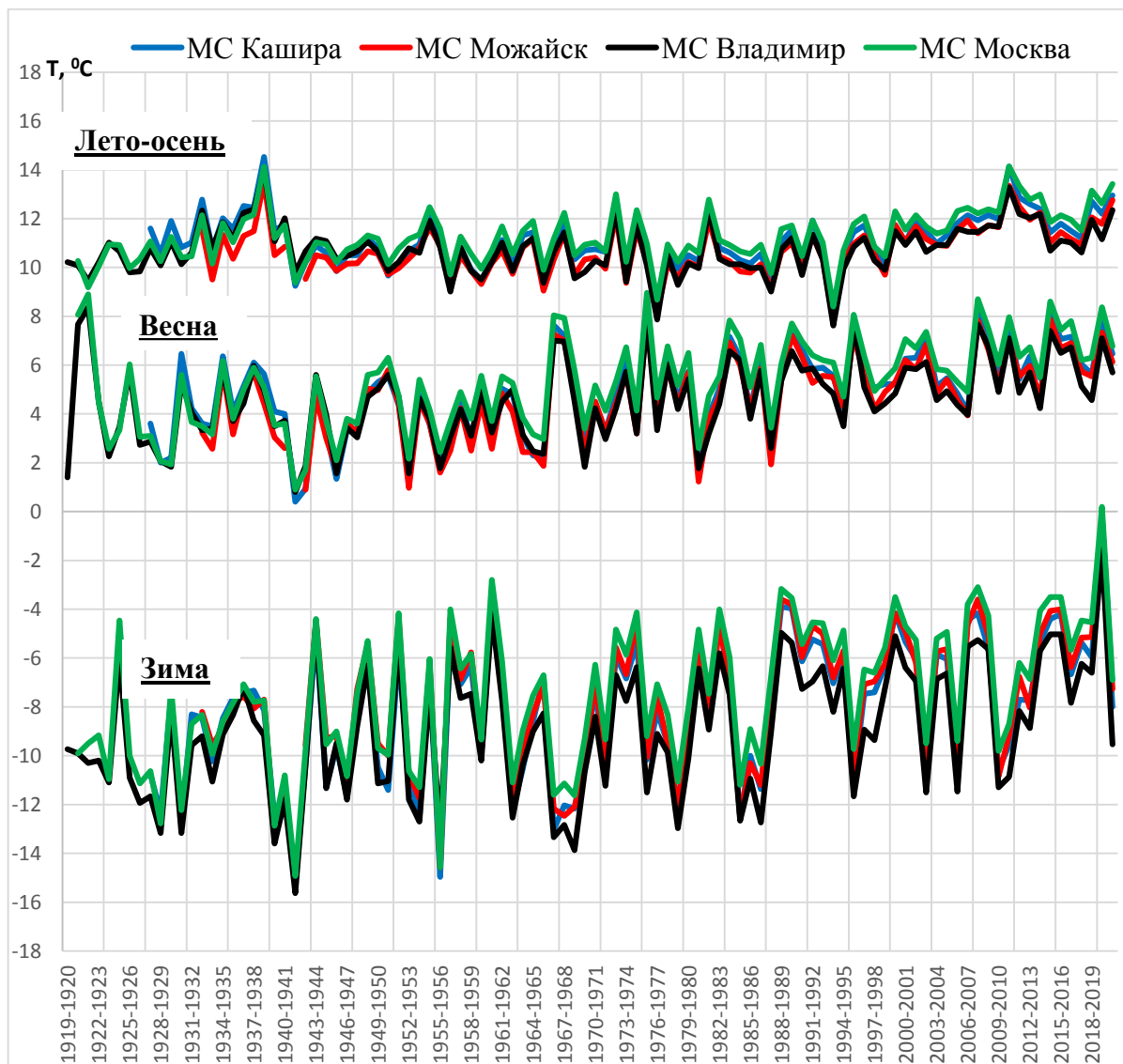


Рисунок Б.1 - Совмещенные хронологические график хода температур воздуха по сезонам года по анализируемым метеостанциям

Основные статистические характеристики рядов годового и сезонного стоков

Таблица В.1 - Основные статистические характеристики рядов годового и сезонного стоков на ГП р. Москва – г. Звенигород

Сезон	Год		Весна		Лето-осень		Зима	
	1	2	1	2	1	2	1	2
Период	1	2	1	2	1	2	1	2
среднее	995	1217	577	408	314	539	104	270
СКО	257.7	287.8	232.7	142.0	171.1	138.2	47.1	73.3
$C_v$	0.26	0.24	0.40	0.35	0.55	0.26	0.45	0.27
$C_s$	0.78	-0.34	0.21	0.23	1.79	0.62	1.36	-0.06
$C_s/C_v$	3.01	-1.44	0.51	0.67	3.28	2.42	3.00	-0.21
n	52	37	52	37	52	37	52	37
$\sigma_{Qcp}$	3.59	3.89	5.59	5.72	7.56	4.21	6.29	4.47
$\sigma_{Cv}$	10.1	11.9	10.4	12.1	10.9	11.9	10.6	12.0
$\sigma_{Cv}$	52	-138	240	233	34	77	39	-863

Таблица В.2 - Основные статистические характеристики рядов годового и сезонного стоков на ГП р. Осетр – д. Маркино

Сезон	Год		Весна		Лето-осень		Зима	
	1	2	1	2	1	2	1	2
Период	1	2	1	2	1	2	1	2
среднее	384	396	268	214	78	115	38	67
СКО	103.9	101.5	96.8	78.9	14.3	35.2	12.5	23.1
$C_v$	0.27	0.26	0.36	0.37	0.18	0.31	0.32	0.34
$C_s$	0.47	-0.12	0.46	0.50	0.43	1.01	0.69	0.70
$C_s/C_v$	1.74	-0.49	1.27	1.35	2.35	3.28	2.13	2.02
n	20	34	20	34	20	34	20	34
$\sigma_{Qcp}$	6.05	4.40	8.09	6.33	4.11	5.25	7.26	5.89
$\sigma_{Cv}$	16.1	12.4	16.4	12.7	16.0	12.5	16.3	12.6
$\sigma_{Cv}$	141	-402	163	116	139	53	103	81

Таблица В.3 - Основные статистические характеристики рядов годового и сезонного стоков на ГП р. Клязьма – г. Владимир

Сезон	Год		Весна		Лето-осень		Зима	
	1	2	1	2	1	2	1	2
Период	1	2	1	2	1	2	1	2
среднее	2480	2794	1474	1318	724	1014	282	463
СКО	628.1	768.3	498.9	451.7	327.7	319.6	101.7	147.1
$C_v$	0.25	0.27	0.34	0.34	0.45	0.32	0.36	0.32
$C_s$	0.18	0.38	0.64	0.29	0.91	1.11	0.33	1.09
$C_s/C_v$	0.69	1.39	1.89	0.83	2.00	3.51	0.93	3.44
n	57	36	57	36	57	36	57	36
$\sigma_{Qcp}$	3.35	4.58	4.48	5.71	5.99	5.25	4.78	5.30
$\sigma_{Cv}$	9.6	12.1	9.8	12.3	10.1	12.2	9.9	12.2
$\sigma_{Cv}$	219	130	67	190	56	47	133	48

Таблица В.4 - Основные статистические характеристики рядов годового и сезонного стоков на ГП р. Ока – г. Кашира

Сезон	Год		Весна		Лето-осень		Зима	
	1	2	1	2	1	2	1	2
Период	1	2	1	2	1	2	1	2
среднее	11410	11146	7223	5377	3035	3907	1152	1862
СКО	3150	2658	2627	1617	1526	1075	409	494
$C_v$	0.28	0.24	0.36	0.30	0.50	0.28	0.36	0.27
$C_s$	0.64	0.17	0.60	0.21	3.43	1.07	1.18	0.48
$C_s/C_v$	2.31	0.72	1.64	0.69	6.82	3.89	3.32	1.81
n	54	43	54	43	54	43	54	43
$\sigma_{Qcp}$	3.76	3.64	4.95	4.58	6.84	4.20	4.83	4.05
$\sigma_{Cv}$	9.9	11.0	10.1	11.2	10.6	11.1	10.1	11.1
$\sigma_{Cv}$	64	252	77	227	16	43	38	94

Таблица В.5 - Основные статистические характеристики рядов годового и сезонного стоков на ГП р. Ока – г. Горбатов

Сезон	Год		Весна		Лето-осень		Зима	
	1	2	1	2	1	2	1	2
Период	1	2	1	2	1	2	1	2
среднее	36059	42101	21681	20293	10424	14539	3954	6860
СКО	7303	8464	6526	5691	3081	3309	1203	2080
$C_v$	0.20	0.20	0.30	0.28	0.30	0.23	0.30	0.30
$C_s$	0.14	0.06	0.57	0.48	1.73	0.56	0.62	1.73
$C_s/C_v$	0.71	0.29	1.90	1.71	5.86	2.47	2.04	5.70
n	45	43	45	44	45	44	45	44
$\sigma_{Qcp}$	3.02	3.07	4.49	4.23	4.41	3.43	4.53	4.57
$\sigma_{Cv}$	10.7	11.0	10.9	11.0	10.9	10.9	10.9	11.0
$\sigma_{Cv}$	286	721	80	94	26	76	74	27

## ГП р. Москва – г. Звенигород

Год	месяцы											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1924	2.52	2.93	3.67	211	46.6	16.4	13.7	9.68	8.89	7.6	12.5	7.39
1925	7.71	11.2	20.8	100	17.7	11.2	10.5	12.6	17.1	25.4	28.7	11.2
1926	11.5	9.71	12.6	243	48.6	9.2	9.9	10.3	10.2	21.9	63.9	12.3
1927	8.16	7.82	11.9	184	61	39.1	17.7	11.4	10.6	62.5	85.2	15.1
1928	14.8	16.2	17.4	171	95.4	51.2	14.1	17.4	18.3	26.5	25	21.3
1929	10.5	9.32	9.19	45.4	248	15.3	18.8	9.71	8.73	9.19	11.7	9.48
1930	7.97	7.96	51.5	67.7	13.9	8	12.5	19.3	16.2	27.2	50.2	24.2
1931	10.6	11.9	16.5	279	56.6	13.5	14.4	7.55	7.92	9.42	19.7	8.94
1932	8.64	7.24	9.68	269	49.6	11.1	6.03	5.39	5.53	6.77	12.1	21.5
1933	9	7.14	34.9	132	63.6	97.1	19.6	31.7	152	31.3	69.5	10.7
1934	10.2	10.5	105	162	18.8	12.6	17.4	16.3	10	11.5	10.8	10.7
1935	7.16	9.25	18.3	113	20.4	15.7	10.6	15.1	16.4	51.5	52.2	10.9
1936	12.5	12.2	15	238	29.4	10.3	6.74	6.9	7.53	10.8	15.3	13.1
1937	7.9	6.96	71.7	80.5	14.4	8.03	7.55	7.65	6.43	7.23	8.2	8.84
1938	9.2	10.2	82.4	77.3	35.1	9.49	5.42	4.39	4.47	4.76	7.04	5.65
1939	11	13.5	36.8	166	39.5	11.9	5.76	4.94	4.52	5.43	7.75	8.67
1940	4.92	5.79	6.72	184	21.4	8.67	7.11	7.23	11.6	26.5	27.4	22.3
1941	7.55	7.45	8.59	192	67.7	29.6	9.7	7.18	9.32	11.7	18.8	13.5
1942	9.62	7.64	7.84	233	42	78.2	23	54.7	10.7	16	9.11	6
1943	5.26	6.42	7.55	190	22.3	14.3	5.15	18	8.67	9.08	9.97	11.4
1944	8.18	11.3	13.3	186	41.2	16.2	11.3	9.43	7.33	6.82	7.88	5.40

<b>1945</b>	4.36	6.59	11.7	128	16.6	7.94	7.86	38.5	26.5	52.1	20.9	8.14
<b>1946</b>	6.99	6.81	70.5	209	84.1	11.1	7.1	6.84	25.8	21.3	11.3	6.87
<b>1947</b>	7.77	6.18	10.8	397	42.9	51.1	10.2	9.16	8.25	9.06	15.8	20.4
<b>1948</b>	14.7	13.4	10.6	208	21.8	14.8	8.7	7.82	8.16	10.5	35.1	27.9
<b>1949</b>	7.68	8.01	9.94	142	27	17.3	87	32.5	10.3	9.06	13.8	16.2
<b>1950</b>	5.66	6.74	10.9	142	14.5	25.6	23.3	55	38.3	18.5	49.2	23.4
<b>1951</b>	10.2	8.44	37.3	166	35.6	11.1	7.07	5.96	5.79	6.02	6.53	8.6
<b>1952</b>	8.85	8.00	7.00	163	27.3	11.8	10.4	7.79	8.74	37.9	61.4	13.2
<b>1953</b>	9.42	7.55	13.4	191	19	7.72	18.8	32.5	73.5	49.1	18	19.4
<b>1954</b>	8.62	7.64	10.5	118	56.9	13.3	7.89	7.22	8.02	23.1	18.4	8.00
<b>1955</b>	9.57	10.7	9.48	186	197	18.4	9.77	7.13	6.52	7.49	8.26	6.75
<b>1956</b>	6.84	6.18	7.17	153	51	18.4	14.4	18.1	15.7	20.2	12	16.5
<b>1957</b>	12.4	14.7	16.7	224	24.6	51.7	16.5	16.7	12.5	23.1	12.4	9.4
<b>1958</b>	11.6	12.1	13.7	280	64.7	15.2	11.8	12.2	12.5	23.1	14.7	15.2
<b>1959</b>	12.7	10.7	14.3	171	22.3	13.7	10.8	6.82	7.96	9.59	9.83	6.02
<b>1960</b>	6.8	6.93	7.95	154	54.4	7.83	5.75	16.8	51.4	27.8	54.7	64.2
<b>1961</b>	18.4	14.6	42.7	173	22.4	9.67	8.35	16.3	11.6	8.11	7.56	16.0
<b>1962</b>	10.6	10.7	8.14	210	48.2	33.5	93.7	32	19.7	31	46.5	20.2
<b>1963</b>	18.9	20	21.6	149	36.1	25.2	16.4	12.8	19.3	13.9	14.5	11.4
<b>1964</b>	10.9	12.5	12.4	83.5	19.6	13.4	13.7	13.3	13	12.8	11	10.8
<b>1965</b>	11.6	10.6	8.27	42.9	19.8	16.6	21	28	21.2	17.7	14.4	21.9
<b>1966</b>	14.3	13.6	27.8	240	35.9	23	30.3	33.3	22.3	16	12.6	10.8
<b>1967</b>	10.2	13.5	12.7	63.6	16	17.4	18	19.5	17.5	18.7	21.2	22.5
<b>1968</b>	18.3	17.5	25.2	67	20.9	21.5	24.8	22.9	26.5	27.3	20.3	17.1
<b>1969</b>	17.3	17.3	19.1	43.1	15.7	18.3	19.9	18.2	19.4	18.9	24.4	25.3
<b>1970</b>	19.5	21.6	24.6	203	43.7	22.5	20.9	23.1	26.5	27	25	23.6
<b>1971</b>	22.9	16.1	23.9	27.2	20.6	24.6	25.8	23.9	23	29.9	33.5	29.7
<b>1972</b>	25	24.5	26.8	68.1	27.2	25.1	25.6	25.4	23.8	22.9	21.6	25.4
<b>1973</b>	20.9	12.1	20.3	37.6	18.9	23.4	23.6	26.7	22.5	24.7	34	34
<b>1974</b>	26.2	24.6	35.2	31.6	31.2	33.6	29.3	25.7	21	24.5	26.4	32.1
<b>1975</b>	22.1	23.9	37.8	39.2	21.9	20.7	26.2	22.1	22.3	20.8	19.3	19.5
<b>1976</b>	14.7	10	20.6	59.8	86.9	44.4	23.3	19.2	19.3	17.7	23.5	26.7



<b>1977</b>	19.3	19.3	38.8	106	31.1	49.1	26	22.4	19.8	22.2	27.9	22.7
<b>1978</b>	20.7	28.4	50.4	57	47.4	35.8	27.3	23.2	23	25.1	36.7	35.2
<b>1979</b>	30.9	36.4	40.9	129	34.1	38.4	36.6	36.7	30.4	26.5	31.8	38.8
<b>1980</b>	27.1	23.9	24.3	83.7	49.5	35.3	46.6	93.8	69	26.8	31.3	43.9
<b>1981</b>	30.6	29.8	102	46.9	45.3	35.1	35.4	38.7	36.6	35.2	49	52.4
<b>1982</b>	37.9	34.7	35.2	161	44.4	40.2	51.6	31.4	30.8	29.7	40.2	42.1
<b>1983</b>	27.2	26.6	47.4	72.3	36.3	39.4	34.1	33.4	33	34	40.2	36.3
<b>1984</b>	34.3	32.6	36.7	52.1	32.1	40.7	34.3	35.3	40.8	32.6	62.6	30.7
<b>1985</b>	26.2	28.8	33.7	49.1	37.6	35.4	41.1	41.5	42.2	42.9	46.5	41.4
<b>1986</b>	40	35.9	45.2	180	39.6	35.5	35.4	34.2	30.9	33.4	36.7	34.7
<b>1987</b>	28.6	29.5	29.5	49.2	47.8	44.5	30.3	32.4	36.9	33.6	48.4	32
<b>1988</b>	28.6	35	35.8	86.3	79.9	44.5	38.9	37.5	36.9	38.8	48.2	41.1
<b>1989</b>	41.3	40.3	48.7	76.6	37.4	41.8	40	36.1	43.6	34.5	39.1	47.1
<b>1990</b>	41.6	40.6	105	46	37.3	43.1	41.7	37.5	69.4	94.7	79.4	57.5
<b>1991</b>	44.3	40.2	66	51.8	34.4	43.6	39.6	42.5	49.3	50.4	43.3	48.3
<b>1992</b>	44.6	43.1	62.8	53.2	38.3	31.7	47.5	47.4	50.4	45.4	36.8	37.8
<b>2000</b>	27.9	34.2	36.7	63.4	28.7	34.5	36.1	34.3	35.3	34.5	39.2	44.5
<b>2001</b>	39.5	34.2	52.7	95.2	38.5	45	41	37.9	38.9	38.7	43.6	50
<b>2002</b>	33	38.9	34.3	27.6	28.1	31.9	36.1	33.8	35	30.5	27.1	41.7
<b>2003</b>	37.1	37	38.8	46.6	25.6	22.7	21.9	19.8	43.7	38.1	37.8	43.7
<b>2004</b>	34.3	32.4	88.8	57.5	35.7	26.8	74.9	28	34.9	34.8	56.4	51.9
<b>2005</b>	41.9	53.9	38.4	127	35.6	35.2	28.2	29.4	27.7	29	28.6	45.7
<b>2006</b>	32.5	31.5	44.3	56.4	30.9	37.9	40.3	37.6	38.3	33.5	34	34.1
<b>2007</b>	39.3	40.1	40.5	26.8	26.3	27.4	31.1	29.6	27.8	26.9	34.5	32.9
<b>2008</b>	33	39.1	34.1	30.4	37	31.6	27.1	25.9	25.8	19.4	19.4	35
<b>2009</b>	29	27.6	34.3	67.4	91.5	37.5	31.3	23.5	21.2	28.6	54.5	49.3
<b>2010</b>	32.8	33.2	46.9	90.9	38.6	36.2	26.4	28.4	29.5	28.1	20.3	21.1
<b>2011</b>	19.3	26.4	33.2	47.5	22.5	22.5	21.4	17.9	20	18.7	23.4	24.1
<b>2012</b>	26.4	26.6	22.4	118	39.3	30.4	25.4	21.6	34.3	33.8	82.3	36.4
<b>2013</b>	35.1	48.4	46.7	123	115	37.8	29.5	28.6	37.2	32.9	34.8	43.2
<b>2014</b>	42.3	28.8	24.6	25	22.1	22.5	20.7	24.9	28.7	32.9	26.9	20.7
<b>2015</b>	16	15.3	17.5	15.8	17.9	21.2	20.1	20.1	19.7	19.6	20.6	17.5

<b>2016</b>	17	19.4	22.8	32.1	26.7	22	26	25	23.7	21.6	22.2	28.1
<b>2017</b>	32.6	38.9	51.5	97.5	73.6	21.4	74.2	15.6	23.1	29.1	48.3	48.6
<b>2018</b>	69.8	54.7	51.3	60.3	28.6	18.7	19.3	23	23.2	21.1	27.3	23.6
<b>2019</b>	17	26.2	29.8	22.9	20.1	27.9	22.5	22	19.1	15	18.6	16.1

### ГП р. Осетр – д. Маркино

Год	месяц											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
<b>1956</b>	4.19	4.45	5.93	91	14.6	5.78	6.8	5.78	5.33	4.66	3.98	4.68
<b>1957</b>	4.45	5.46	5.78	71.8	7.14	6.5	5.44	5.53	5.05	5.02	4.38	4.75
<b>1958</b>	4.67	4.44	5.04	90.4	14.6	7.34	4.8	7.91	6.12	6.73	5.25	10.6
<b>1959</b>	5.22	4.95	16.9	119	7.96	6.84	5.44	4.72	4.99	5.37	4.65	3.98
<b>1960</b>	4.97	4.53	8.32	117	7.66	4.92	4.13	6.02	5.83	7.51	7.83	12.2
<b>1961</b>	5.17	5.13	42.5	26.9	8.04	4.7	4.53	4.35	4.68	4.89	4.75	6.09
<b>1962</b>	4.26	4.22	8.14	88.1	9.06	5.64	6.11	6.45	5.65	5.63	7.5	5.14
<b>1963</b>	3.31	3.96	4.19	102	7.69	5.71	4.85	3.42	3.29	3.12	4.17	2.7
<b>1964</b>	3.25	3.19	3.22	103	9.41	4.67	4	3.38	3.11	4.25	4.11	3.24
<b>1965</b>	3.13	3.02	3.74	32.3	10.3	5.33	4.06	4.34	2.99	2.87	3.36	15.4
<b>1966</b>	4.16	4.3	83.7	39.7	7.83	5.68	4.66	4.47	5.84	4.91	4.27	4.56
<b>1967</b>	4.03	4.69	6.56	115	9.6	4.5	3.86	4.04	4.2	4.61	3.68	3.06
<b>1968</b>	3.34	3.29	10.9	48.4	4.82	3.92	4.32	4.6	3.35	4.95	4.25	3.81
<b>1969</b>	2.72	2.37	3.47	53.3	5.11	3.97	3.62	4.02	3.72	3.97	4.39	3.69
<b>1970</b>	2.96	3.25	3.67	183	7.86	5.39	4.72	3.92	3.86	4.75	5.99	4.44
<b>1971</b>	11	5.51	47.7	57.6	6.74	5.58	4.53	3.61	4.65	6.67	6.51	5.77
<b>1972</b>	3.66	3.72	33.8	43.8	6.04	3.62	3.24	2.81	3.88	4.13	4.4	4.04
<b>1973</b>	3.87	3.38	31.2	34.8	3.86	3.15	2.83	4.53	4.07	4.94	9.45	6.1
<b>1974</b>	3.91	10.8	70.4	16.5	17	10.8	8.04	5.75	4.68	5.13	6.45	5.37
<b>1975</b>	5.73	5.02	17.4	19.3	4.18	3.8	4.15	4.95	4.97	6.11	7.2	5.45
<b>1976</b>	4.37	3.46	3.87	55.5	7.95	5.55	5.06	6.65	5.12	7.29	6.36	7.04
<b>1977</b>	4.24	4.88	58.9	59.8	9.02	8.91	6.47	5.32	5.31	6.43	9.74	7.99
<b>1978</b>	5.23	4.88	36.2	62.1	11.9	7.4	9.53	9.63	6.21	7.72	7.9	6.33

<b>1979</b>	5.09	8.75	14.5	123	7.43	3.79	4.88	4.07	4.45	5.28	5.73	8.85
<b>1980</b>	5.97	7.11	7.04	74.9	18	13.8	18.1	14.4	9.66	8.88	11.8	12
<b>1981</b>	8.22	8.35	35.9	72.8	11.8	5.92	4.72	5.64	8.05	10.6	8.07	17.9
<b>1982</b>	8.61	7.7	36.1	30.2	10.3	6.31	9.77	5.98	5.41	8.74	7.55	9.97
<b>1983</b>	8.5	8.38	45	20.8	8.05	6.69	5.96	4.85	6.05	5.97	5.94	8.46
<b>1984</b>	6.14	5.39	6.54	32.1	4.97	5.04	5.12	5.3	4.97	5.56	4.96	4.7
<b>1985</b>	6.06	5.6	6.59	121	9.6	5.94	8.98	6.03	6.27	7.66	10.3	7.04
<b>1986</b>	6.6	6.88	50.1	72.5	8.1	5.94	5.06	4.83	5.68	6.99	7.58	5.05
<b>1987</b>	3.99	5.74	7.61	46	9.06	9.15	4.82	4.94	6.18	6.03	6.21	4.99
<b>1988</b>	6.54	5.39	19.8	46.2	6.19	6.15	7.81	4.14	5.97	5.49	6.74	7.37
<b>1989</b>	7.41	7.15	20.7	14.2	5.36	5.38	6.15	5.47	5.61	5.97	8.50	5.60
<b>1990</b>	6.77	6.98	46.90	10.5	7.95	11.6	6.98	6.44	15	12.9	21.6	11.8
<b>2000</b>	7.79	10.3	9.62	52.8	8.02	5.93	9.76	11	8.55	6.85	6.32	11.4
<b>2001</b>	7.24	8.44	18.4	63.7	17.2	12.5	7.25	6.54	9.72	11.7	12.6	10.2
<b>2002</b>	9	19	36	16.9	9.28	6.12	5.3	4.89	5.77	8.85	9.1	6.88
<b>2003</b>	11.9	11.9	13.3	88.2	13.2	6.91	6.12	6.63	9.36	8.6	10.7	10.4
<b>2004</b>	7.63	8.39	35.6	18.3	16.1	10.6	18.7	9.62	7.72	9.5	13.8	13.3
<b>2005</b>	16.3	11.6	10.4	81.1	17.3	10.6	11.1	5.05	4.62	5.32	5.69	10.6
<b>2006</b>	6.56	8.21	9.95	61.1	12.3	8.05	6.64	9.43	9.42	9.43	11.2	11.6
<b>2007</b>	12.4	15	43.6	12.9	9.05	7.16	5.98	5.96	6.66	8.3	8.71	11.4
<b>2008</b>	10.8	20.6	41.8	13.7	10.6	9.32	13.7	9.27	9.01	6.76	6.8	10.5
<b>2009</b>	6.3	8.28	10.6	40.1	9.95	5.92	5.67	5.92	5.22	6.19	6.1	9.06
<b>2010</b>	7.02	9.1	39.7	31.8	6.23	6.15	3.86	3.55	4.47	6.57	4.85	7.64
<b>2011</b>	6.91	7.44	8.47	25.7	6.28	3.48	3.09	3.07	3.7	3.98	3.49	2.8
<b>2012</b>	3.55	3.89	5.24	80.6	5.97	4.27	4.01	4.58	4.95	5.46	5.12	7.07
<b>2013</b>	7.63	6.81	7.67	92.3	8.65	6.54	7.44	6.12	25.9	11.5	11	9.97
<b>2014</b>	16.5	15.4	25.3	14.4	10.8	7.01	6.13	5.27	5.78	6.02	5.84	6.9
<b>2015</b>	6.57	6.43	20.3	6.73	7.36	5.27	5.88	4.7	5.24	5.02	5.88	7.32
<b>2016</b>	4.96	6.2	12.3	35.9	12.2	9.41	5.95	5.89	5.54	6.05	10.4	6.94
<b>2017</b>	6.95	7.16	20.7	15.1	9.82	8.75	6.58	5.62	5.73	7.08	9.96	19.4
<b>2018</b>	12.7	10.4	10.5	54.1	13.4	7.41	6.33	4.8	4.9	7.08	8.08	7.12

## ГП р. Клязьма – г. Владимир

Год	месяц											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1919	14.5	14.5	25	530	183	15	11.4	13.2	11.9	16.2	24.7	22
1920	28.1	32.1	44.6	510	34.9	10.8	10	9.31	9.37	10.3	7.91	7.2
1921	7.43	7.56	45.1	190	10.8	8.87	8.78	8.8	8.77	9.52	10	6.62
1922	6.39	6.36	16.8	346	76	23.1	13.4	9.38	9.48	22.2	51.2	49
1923	35.7	32.2	32.3	191	296	69.6	69.5	80.1	40.2	57.8	91.4	105
1924	62.4	56.3	54.4	457	223	49.6	34.3	27.2	26	25.2	24	26.7
1925	24.4	29.5	38.2	242	45.7	29.9	26	22.5	49.6	75.5	107	55.3
1926	50.1	36.6	32.7	432	332	44.5	31.1	27.1	29.9	46.3	85.6	41.2
1927	25.1	24.3	29.1	239	196	77.8	73	37.5	18.1	39.1	74.1	56.9
1928	42.6	39.4	36	250	421	51.1	41.6	72	66.2	77.9	70.4	62.1
1929	43.8	35.8	31.8	157	444	36.5	30	17.6	11.4	11.2	12.8	18.1
1930	23.1	26	77	282	53.8	33.6	56.7	52.9	55.2	67.8	114	56
1931	38.4	36.5	34.8	562	315	40.7	55.4	29.1	28.4	38.8	57.5	31
1932	21.6	17.5	25	601	258	48.9	26	19	21	27.4	38.4	29.4
1933	29.5	21.3	78	250	131	157	59.6	59.6	123	91	69	36.5
1934	32.7	36.5	75.9	491	123	71.7	41.3	41.3	32.3	40.8	55.6	36.3
1935	23.5	29.1	38.3	335	78.2	32.7	29.8	73.4	81.1	90.4	138	51.5
1936	49.7	55.5	50.6	543	242	35.3	26.3	23.7	31.3	41.7	52.7	41.7
1937	29.3	21.7	85.8	330	44.1	30	26.1	22.9	24.1	26.4	24	24.5
1938	23	28.1	47.1	257	136	37.7	25.8	21.1	20.7	25.6	30.9	20.6
1939	18.2	23	31.7	324	155	39.7	24.3	20	19.5	24.8	24.9	30.6
1940	25.6	23.5	32.5	318	67.7	30.7	28.2	26.8	28.9	40.7	50.8	42.5
1941	25.3	26.2	25.9	327	327	81.1	29.7	22.2	29.9	38.3	40.1	28.2
1942	27.1	24.1	24.5	338	209	77.4	46.4	27.3	26.2	34.6	24.3	22.1
1943	20.4	20.3	26.1	294	76.7	44.2	36	35.3	30.6	30.1	34.2	22.9
1944	25.5	28.3	33.4	277	220	45.6	28.8	27.6	24.5	24.7	24.9	17
1945	17.3	20.5	21.3	124	64.9	45.6	55.5	43.1	65.3	81.5	74.3	29.4
1946	34.1	34.3	35	346	240	42.1	34.1	31.4	34.2	45.7	37.9	30.3

<b>1947</b>	26.9	27.6	37.5	641	164	66.7	30.2	31.1	34.7	38.1	66.6	57.6
<b>1948</b>	50.4	45.5	41.4	407	72.3	35.7	23.1	23.3	22.9	27.2	32	31.6
<b>1949</b>	22	23	28.9	258	77.3	37.3	39.1	43	30	29.9	32	27
<b>1950</b>	20.6	23.5	26.8	317	52.8	36.8	29.6	101	58.7	60.7	116	58.6
<b>1951</b>	33.3	27.4	72.1	518	116	52.6	30.8	29.6	24.1	26.3	20.5	24.2
<b>1952</b>	29.7	31.4	28.4	272	222	54.4	63.9	35.7	34.6	181	202	63.1
<b>1953</b>	58	42.2	37.9	467	103	41.3	38.9	47.8	168	216	66.8	64.2
<b>1954</b>	44	39.3	44.3	196	136	48.4	35.8	34.6	36.9	63.8	56.2	39.5
<b>1955</b>	44.9	43.9	46.9	601	486	173	69.2	37.3	30.7	30.4	30.6	28.4
<b>1956</b>	29.7	28.4	30.7	395	299	136	65.7	40.6	61.8	87.2	58	56.1
<b>1957</b>	47.2	47.1	47.9	455	135	50	41.4	34.5	36.3	41.7	35.5	32.5
<b>1958</b>	36.5	35.5	35.8	354	226	55.2	43.1	38.6	37.4	44.3	44.7	43.7
<b>1959</b>	39.4	36.8	39.5	489	106	103	82.2	37.3	35.4	37.8	32.8	22.3
<b>1960</b>	28.2	28.6	31.9	344	107	39.9	31.3	36.5	45	47	63	61.6
<b>1961</b>	54.8	47.3	68.1	460	148	49.3	43	38.3	38.4	37.4	31.7	40.2
<b>1962</b>	37.2	37.6	38.8	343	131	63	134	116	92.4	93.6	127	74.5
<b>1963</b>	49.3	37.4	38.5	323	171	59.6	79.4	36.8	34.5	36.8	39.9	31.7
<b>1964</b>	30.7	37.2	26.2	137	78.2	41	34.2	31.8	30.9	36.3	31	40.7
<b>1965</b>	36.9	29.4	31.8	181	206	128	59.2	45.2	37.8	39.9	34.3	53.8
<b>1966</b>	41.6	41.7	63.3	742	104	47.1	34.5	33.6	37.7	33	33.3	28.3
<b>1967</b>	28.1	28.4	29.3	263	75.8	44.9	34.9	35.9	34.1	25	25.6	31
<b>1968</b>	26	24.8	33.8	361	60.5	34.8	35.4	37.4	31.9	58.7	53.8	40
<b>1969</b>	32.5	27.2	25.9	260	104	62.5	46.9	34.4	32.9	38	9.29	76.3
<b>1970</b>	42.1	32.6	40.6	602	235	48.5	37.9	30.2	32.8	52.7	70.1	56.6
<b>1971</b>	46.4	37	32.6	187	125	50.5	54.8	39.3	45.1	80.1	110	81.1
<b>1972</b>	44.8	27.2	51.2	373	81.7	40.9	30.8	23.7	26.7	30.8	30.1	38.9
<b>1973</b>	25	33.9	42.6	357	98.3	48.8	30.6	42.8	51.9	53.6	65.9	61.4
<b>1974</b>	56	52	87.2	324	183	95	73.5	55.4	39.4	47.6	79.9	53.1
<b>1975</b>	48.7	37	112	213	46.7	45.8	37.1	38.7	39.6	37.9	44.9	47.1
<b>1976</b>	34.1	29	31.2	299	192	99.5	50.5	40.6	30	32.4	38.6	60.7
<b>1977</b>	58.1	41.2	79.8	429	98.1	43.1	39.8	37.1	45.2	54.6	77.3	72.6
<b>1978</b>	70.3	54.8	85.2	356	143	67.5	57.1	56	46.3	80.9	126	74.2

<b>1979</b>	43.7	37.8	52.8	450	374	39.6	37.4	35.7	57.7	66.3	82	90.3
<b>1980</b>	72.7	51.5	46.3	289	399	122	137	91	141	75.1	83.5	84.3
<b>1981</b>	73.8	61.2	70.8	426	183	64.7	48.9	45.6	55.4	65.9	71.5	83.7
<b>1982</b>	100	78.2	72.3	354	141	72.9	128	77	80.3	99.6	146	103
<b>1983</b>	111	92.2	126	502	107	74.6	86.9	66.6	64.8	79.6	68.3	87.4
<b>1984</b>	73.3	63.3	59.7	264	78.7	63.5	74.6	69.1	72.8	86.6	70	47.8
<b>1985</b>	49.4	41.2	43.2	401	312	154	102	78.9	71	77.9	135	94.9
<b>1986</b>	78.2	69.9	74.5	519	149	68	59.5	61.4	73.5	113	114	66.4
<b>1987</b>	58.7	48.5	50	194	188	164	86	67.6	83.7	77.1	64.9	58.4
<b>1988</b>	57.8	51.7	61.8	281	106	63.3	56.2	51.7	54.7	55	51.5	50.6
<b>1989</b>	50.5	54.8	139	202	94.1	57.7	52.2	53.1	52.8	78.7	97	53.9
<b>1990</b>	53	60.6	311	220	78.5	67.3	70.8	108	129	202	138	95.7
<b>1991</b>	68.3	55.5	75.9	283	137	83.6	61.7	70.3	72.9	95.4	111	75.6
<b>1992</b>	63.4	54.6										
<b>2000</b>	48.6	45.1	50.2	287	79.4	51.7	52.8	52.8	64.8	53.9	54.3	57
<b>2001</b>	52.4	48.3	66.3	438	129	89.9	54.3	46	45.9	52	52.4	44.7
<b>2002</b>	43.4	52.3	158	147	68.6	39.1	36.6	32.1	36.9	52.7	73.2	55.5
<b>2003</b>	51	47.3	48.2	235	108	60	57.6	54.3	73.8	60	61.9	59.7
<b>2004</b>	52.3	51.5	97.1	190	75.9	68.6	67.1	59.4	56.4	58.6	62.1	55.9
<b>2005</b>	62	63.4	52.1	482	232	63.9	60.5	55.5	54.1	54.1	57.1	54.8
<b>2006</b>	45.7	43.3	47.5	203	71.6	55.3	52	53.4	56.6	55.9	57.3	62.4
<b>2007</b>	67.3	57.5	118	89.5	59.1	48.8	45.5	46.3	48.7	55.3	55	54.5
<b>2008</b>	49.2	45.5	96.8	152	70.3	68.6	77.4	69	55.8	53.9	54.9	69.7
<b>2009</b>	52.5	48.2	48.7	106	73.1	53	50.6	49.3	48.4	62.5	74.2	63.2
<b>2010</b>	48.5	45.5	52.8	224	82	68	39	36	40	41.5	45.9	34
<b>2011</b>	28	30.1	31.5	215	93.3	37.7	32.7	30.8	33.3	35.8	33	33.1
<b>2012</b>	34.9	33.2	34.2	296	136	64.4	39.5	35.8	41.1	49.6	97.9	59.3
<b>2013</b>	57.2	48.5	46.1	315	263	68.9	45.5	43.4	87.7	88.1	83.6	75.8
<b>2014</b>	89.7	65.6	133	123	95.8	53.7	48.6	38.7	41.3	45.2	43.6	40.1
<b>2015</b>	35.1	28.8	52.8	88.8	74.7	51	50.5	46.8	46.9	46.9	47.5	51.4
<b>2016</b>	41.6	36.4	51.3	336	94.9	57	38.7	47.3	54.2	59.1	55.8	53.3
<b>2017</b>	52.6	44.2	195	298	150	102	131	60.1	50.2	55.3	89.5	131

<b>2018</b>	116	103	73.1	327	158	55.5	44.3	35.3	34.4	45.2	36.2	25.7
<b>2019</b>	30.1	28.3	41.1	188	63	35.3	43.5	43.7	35	52.9	50.6	46.6

**ГП р. Ока – г. Кашира**

Год	месяц											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
<b>1922</b>	79.9	79.1	375	1900	242	231	174	144	124	134	178	89
<b>1923</b>	50	46	97.8	2380	610	183	179	168	139	138	204	136
<b>1924</b>	81	79.1	85.4	3550	794	170	142	116	104	103	107	111
<b>1925</b>	146	179	744	778	211	186	275	232	258	256	418	308
<b>1926</b>	273	118	138	3140	589	229	235	232	201	249	528	206
<b>1927</b>	139	126	214	2380	790	550	319	216	149	299	631	217
<b>1928</b>	144	127	133	2140	1820	626	263	262	296	271	292	300
<b>1929</b>	179	117	128	1600	2320	195	238	142	127	131	148	146
<b>1930</b>	104	88	670	552	151	101	155	163	163	263	291	130
<b>1931</b>	98.1	90.8	155	3450	1500	177	148	116	127	137	158	97.8
<b>1932</b>	126	109	96.4	3570	729	243	168	115	110	120	141	195
<b>1933</b>	86.6	82.2	589	1430	670	925	655	524	1160	393	665	160
<b>1934</b>	130	142	1230	1370	240	197	219	247	150	166	183	139
<b>1935</b>	96.6	103	331	1360	270	167	144	153	143	182	237	140
<b>1936</b>	169	178	327	2520	332	156	113	105	118	140	157	147
<b>1937</b>	122	98	1420	1710	235	144	130	132	106	113	124	174
<b>1938</b>	129	114	892	1060	403	140	110	94.5	89.3	98.3	112	103
<b>1939</b>	146	295	374	1410	268	119	84	74.7	72.4	80.8	104	120
<b>1940</b>	61.8	70.3	178	2160	199	101	114	117	91.8	118	136	115
<b>1941</b>	86.2	83.9	92.3	2450	762	223	141	114	125	132	188	117
<b>1942</b>	108	102	114	3000	664	479	221	214	113	113	104	68.4
<b>1943</b>	61.3	67.3	113	1370	216	172	140	146	99.8	104	106	117
<b>1944</b>	98.3	98.2	146	1230	496	203	160	140	112	110	122	93.6
<b>1945</b>	75.3	78.8	102	1220	280	191	162	286	247	375	285	135
<b>1946</b>	121	107	156	2820	426	163	135	132	160	205	155	103

<b>1947</b>	102	103	364	3570	343	231	134	123	152	151	232	265
<b>1948</b>	223	182	152	2280	279	204	149	127	131	134	161	142
<b>1949</b>	129	116	155	1300	215	126	184	167	126	115	137	154
<b>1950</b>	108	103	275	1020	156	129	153	239	167	155	247	170
<b>1951</b>	136	111	879	1890	371	200	120	124	122	118	105	146
<b>1952</b>	134	113	126	2350	500	217	233	173	207	537	772	329
<b>1953</b>	200	157	434	1810	542	219	226	211	308	346	188	172
<b>1954</b>	140	142	189	1640	525	186	131	127	136	168	155	125
<b>1955</b>	139	186	276	2160	822	315	191	167	144	147	137	120
<b>1956</b>	125	112	132	1680	565	249	148	155	148	127	136	146
<b>1957</b>	126	167	217	1840	351	246	188	187	166	199	153	125
<b>1958</b>	145	147	186	2670	679	216	165	165	252	220	247	271
<b>1959</b>	211	168	261	2030	290	194	155	119	124	134	130	109
<b>1960</b>	136	117	143	1880	392	155	138	151	269	223	423	479
<b>1961</b>	315	210	709	988	294	167	147	129	184	143	141	191
<b>1962</b>	154	138	260	1960	409	454	353	329	293	235	341	316
<b>1963</b>	152	133	137	2580	526	201	146	117	117	118	132	114
<b>1964</b>	112	102	108	1970	385	206	125	122	116	116	105	143
<b>1965</b>	109	99.5	149	703	321	199	281	222	143	135	119	371
<b>1966</b>	185	143	1200	2180	314	190	168	149	138	142	172	145
<b>1967</b>	123	117	151	2690	357	203	143	146	145	136	132	121
<b>1968</b>	120	112	149	1530	219	147	126	129	119	139	128	114
<b>1969</b>	100	88.4	102	1210	260	176	132	189	141	135	220	241
<b>1970</b>	167	125	136	4840	462	186	156	129	138	165	258	153
<b>1971</b>	205	239	383	1270	293	179	158	139	158	299	399	334
<b>1972</b>	167	102	444	1160	237	168	163	100	104	137	144	136
<b>1973</b>	96.8	102	259	928	293	147	140	246	222	262	452	212
<b>1974</b>	174	323	672	701	457	396	382	198	149	151	221	207
<b>1975</b>	208	171	424	684	191	156	118	117	120	119	104	106
<b>1976</b>	116	108	113	891	341	286	157	148	130	139	137	163
<b>1977</b>	140	118	379	1610	275	243	189	159	155	152	227	235
<b>1978</b>	166	135	240	1440	466	311	270	240	192	233	286	204



<b>1979</b>	144	257	234	2240	417	152	190	191	189	187	232	306
<b>1980</b>	216	181	173	1410	709	411	505	462	443	295	291	255
<b>1981</b>	273	255	620	1710	505	242	179	162	296	349	374	348
<b>1982</b>	350	250	396	1530	635	270	254	223	202	229	292	322
<b>1983</b>	284	269	589	1320	343	215	221	174	164	190	155	250
<b>1984</b>	202	148	142	922	233	217	316	226	191	246	211	179
<b>1985</b>	157	170	171	2100	460	218	232	196	196	264	299	230
<b>1986</b>	188	207	406	2210	401	227	247	188	224	253	244	191
<b>1987</b>	156	140	144	1010	587	339	215	177	185	211	148	161
<b>1988</b>	176	130	270	1690	501	220	276	172	171	165	145	147
<b>1989</b>	296	305	920	620	282	273	311	216	184	233	229	283
<b>1990</b>	260	407	1640	585	316	362	227	221	503	461	682	318
<b>1991</b>	298	261	617	894	546	443	297	253	257	516	477	297
<b>1992</b>	326	273	587	1070	377	237	204	185	203	226	313	234
<b>1993</b>	239	272	774	994	338	242	324	338	269	358	253	212
<b>1994</b>	181	170										
<b>1995</b>	174	194	637	709	448	267	213	191	207	204	240	257
<b>1996</b>	176	171	186	1030	326	209	186	168	172	176	207	222
<b>1997</b>	194	176	353	516	258	257	251	186	160	296	334	242
<b>1998</b>	210	222	793	1490	784	336	290	272	425	551	649	318
<b>1999</b>	322	338	425	2720	489	277	217	296	235	254	248	255
<b>2000</b>	261	251	305	1560	355	274	312	296	316	252	314	323
<b>2001</b>	318	282	591	1310	336	357	230	196	208	214	223	227
<b>2002</b>	217	432	949	420	275	197	168	157	174	230	249	184
<b>2003</b>	180	181	173	1590	536	214	201	194	300	262	280	234
<b>2004</b>	210	200	794	868	471	370	473	297	226	239	281	295
<b>2005</b>	462	332	266	1590	593	392	332	227	210	221	230	202
<b>2006</b>	226	195	165	1590	388	374	210	258	419	284	354	317
<b>2007</b>	387	374	1140	429	352	215	196	205	203	224	196	206
<b>2008</b>	161	175	772	531	401	311	360	227	235	232	246	342
<b>2009</b>	228	230	265	979	459	353	246	227	216	254	391	273
<b>2010</b>	252	186	401	1220	360	303	183	157	185	190	212	206

<b>2011</b>	224	172	147	744	369	193	214	192	187	199	182	196
<b>2012</b>	184	151	149	1610	429	303	215	182	205	247	414	263
<b>2013</b>	257	251	279	1950	667	403	308	249	558	358	386	345
<b>2014</b>	352	344	471	391	275	227	182	157	176	182	166	180
<b>2015</b>	199	184	380	323	275	195	160	141	146	138	148	155
<b>2016</b>	154	214	458	608	354	272	246	204	173	179	254	266
<b>2017</b>	225	194	671	460	358	250	251	180	193	202	259	383
<b>2018</b>	349	285	275	1110	356	195	200	171	156	171	149	150
<b>2019</b>	167	171	215	351	253	157	147	154	137	152	143	162

ГП р. Ока – г. Горбатов

Год	месяц											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
<b>1931</b>	397	354	352	2380	9800	962	688	462	470	582	822	427
<b>1932</b>	369	363	334	4630	9190	1030	565	357	322	387	489	366
<b>1933</b>	434	325	480	3440	2250	1760	1320	1050	1460	1460	1160	816
<b>1934</b>	546	474	483	5380	3780	792	638	630	556	491	612	470
<b>1935</b>	370	346	462	3410	2380	722	478	609	689	877	1160	574
<b>1936</b>	594	610	523	3580	7010	719	469	392	458	511	576	445
<b>1937</b>	406	348	602	5760	1200	625	486	486	482	437	401	405
<b>1938</b>	435	395	442	4000	2590	740	487	367	330	390	458	359
<b>1939</b>	297	390	528	3940	2760	629	369	300	269	322	370	440
<b>1940</b>	357	308	345	3340	2970	568	459	442	410	459	442	374
<b>1941</b>	371	337	346	1740	8030	1820	720	517	482	533	549	405
<b>1942</b>	374	352	267	1430	7520	1390	877	634	453	455	331	250
<b>1943</b>	271	226	287	3090	1900	700	481	581	395	391	343	362
<b>1944</b>	389	407	564	2420	4740	1020	609	527	417	405	310	325
<b>1945</b>	282	275	316	2740	1870	883	754	653	748	804	792	498
<b>1946</b>	466	429	424	3240	5120	842	502	443	447	614	495	400
<b>1947</b>	343	289	315	7740	3930	922	531	441	447	466	647	635

<b>1948</b>	772	754	607	5710	4270	751	448	427	414	426	420	406
<b>1949</b>	382	344	365	2520	2280	575	595	567	433	416	309	283
<b>1950</b>	301	274	355	2990	1550	523	490	730	778	626	883	532
<b>1951</b>	433	372	458	7340	2030	979	485	461	426	441	311	433
<b>1952</b>	448	413	420	1520	5990	934	729	575	624	1340	2250	769
<b>1953</b>	867	517	496	5740	3030	961	627	722	1040	1490	756	652
<b>1954</b>	435	409	398	2670	2350	859	505	448	447	605	647	391
<b>1955</b>	493	521	632	4770	6980	2050	983	586	484	496	462	329
<b>1956</b>	398	356	358	2130	4760	1330	700	607	655	675	516	543
<b>1957</b>	533	512	590	3890	4380	790	691	543	481	559	486	528
<b>1958</b>	650	638	653	2730	6190	1170	772	601	749	738	778	612
<b>1959</b>	838	646	685	5660	3680	948	841	530	494	547	497	395
<b>1960</b>	430	357	413	3810	3640	738	496	476	675	623	765	906
<b>1961</b>	964	621	822	4520	2040	836	568	526	554	550	436	620
<b>1962</b>	555	482	651	3990	2790	1250	1090	1410	1180	1020	1130	840
<b>1963</b>	723	539	470	2440	7870	943	914	619	541	552	593	385
<b>1964</b>	419	389	426	2070	4560	1040	569	504	464	473	441	444
<b>1965</b>	476	455	444	2010	2750	1120	742	763	587	552	552	907
<b>1966</b>	996	679	1150	8130	2830	824	650	603	583	598	566	473
<b>1967</b>	487	496	506	3670	4010	736	548	527	531	531	520	474
<b>1968</b>	517	525	545	4990	2040	647	491	520	472	572	614	615
<b>1969</b>	566	388	393	2240	2720	806	585	506	536	518	731	727
<b>1970</b>	600	578	483	5860	6940	949	703	545	493	540	634	588
<b>1971</b>	528	752	550	3800	1820	649	598	538	487	660	1140	907
<b>1972</b>	745	549	565	3780	1960	757	518	427	411	478	548	599
<b>1973</b>	447	398	481	3650	1570	638	487	562	630	627	1070	739
<b>1974</b>	725	658	949	4750	2430	1690	1250	851	620	583	755	662
<b>1975</b>	785	709	814	2990	1090	571	479	469	489	475	469	438
<b>1976</b>	464	421	452	2310	2640	1420	966	926	835	751	712	716
<b>1977</b>	681	599	703	5520	2660	904	743	616	594	671	857	879
<b>1978</b>	803	653	757	4590	2750	1110	1240	1120	766	992	1210	916
<b>1979</b>	770	827	767	5370	6530	902	695	702	719	816	852	907

<b>1980</b>	858	659	639	2270	5180	1960	1390	1340	1600	1090	1060	1080
<b>1981</b>	1390	1120	989	6720	4670	1090	739	587	718	966	1110	997
<b>1982</b>	892	897	848	4010	3410	1100	1050	783	740	822	1200	1270
<b>1983</b>	1260	1080	1160	6390	2410	966	899	775	713	807	786	945
<b>1984</b>	865	594	616	2650	1400	724	874	812	736	895	911	638
<b>1985</b>	512	511	546	3510	5760	1320	1270	885	688	935	1130	900
<b>1986</b>	927	871	727	5630	3590	917	770	681	833	976	1100	731
<b>1987</b>	626	582	602	1940	2970	1360	1080	755	840	925	756	630
<b>1988</b>	664	602	640	3560	2540	935	830	698	682	697	599	555
<b>1989</b>	577	691	1380	2700	1540	816	877	719	662	778	971	683
<b>1990</b>	868	812	3180	3590	1360	1260	928	1190	1300	2140	1910	1420
<b>1991</b>	1060	906	904	4080	2540	1340	853	798	797	965	1270	897
<b>1992</b>	911	890	928	3840	1970	877	683	615	630	768	1080	1020
<b>1993</b>	819	868	899	4090	2070	961	1080	1350	1010	1330	1060	765
<b>1994</b>	858	764	746	3980	7260	1960	1420	893	833	847	938	849
<b>1995</b>	890	881	2160	4360	2840	1150	842	817	749	805	909	844
<b>1996</b>	736	698	727	1860	2020	846	710	606	575	640	762	651
<b>1997</b>	604	565	839	2280	1530	952	804	691	623	894	1100	837
<b>1998</b>	771	712	1270	3140	4120	1380	920	887	1250	1130	1640	1090
<b>1999</b>	908	869	933	4710	4980	1170	779	827	808	829	806	728
<b>2000</b>	723	776	871	3030	2820	1030	1040	1020	983	948	952	850
<b>2001</b>	944	942	1060	4330	3740	1490	1110	807	767	877	952	712
<b>2002</b>	665	914	2770	2600	1450	827	666	543	570	812	1180	921
<b>2003</b>	673	724	729	2730	4020	1200	1130	914	1340	1070	1280	1260
<b>2004</b>	1020	944	1900	4500	2300	1580	1680	1220	912	976	1190	1050
<b>2005</b>	1080	1130	1270	3690	6310	1570	1380	935	738	766	796	841
<b>2006</b>	941	844	923	2650	3740	1260	775	742	996	891	1020	1280
<b>2007</b>	1800	1450	2350	3160	1320	841	708	687	694	821	784	920
<b>2008</b>	763	757	2150	3520	1590	1270	1060	1090	916	913	963	1240
<b>2009</b>	866	809	864	2720	2280	1180	807	726	675	761	1110	1160
<b>2010</b>	791	682	750	3620	2260	1240	685	538	564	628	753	734
<b>2011</b>	725	734	740	2170	2770	842	626	560	583	643	687	969

<b>2012</b>	908	698	660	2700	5960	1260	831	642	728	860	1790	1150
<b>2013</b>	738	764	849	3080	5920	1640	822	876	1250	1760	1460	1500
<b>2014</b>	2280	1820	2180	2160	1210	758	737	565	582	622	661	766
<b>2015</b>	634	664	1010	1660	1340	794	668	534	502	517	592	751
<b>2016</b>	632	591	1490	3200	2270	1330	775	748	683	696	702	742
<b>2017</b>	651	666	1750	2880	1800	1130	1240	803	692	735	1030	1480
<b>2018</b>	1640	1150	967	2960	3620	986	689	625	543	625	674	677
<b>2019</b>	538	525	838	1680	989	642	526	527	509	674	649	608