



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 Оценка качества  
поверхностных вод на  
территории деятельности  
Тверского ЦГМС

Исполнитель Титолова Светлана Викторовна  
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель к.т.н., доцент  
(ученая степень, ученое звание)

Викторова Наталья Владимировна  
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»  
Заведующий кафедрой

(подпись)

к.т.н., доцент  
(ученая степень, ученое звание)

Хаустов Виталий Александрович  
(фамилия, имя, отчество)

« 7 » февраля 2023 г.

Санкт-Петербург  
2023

## Содержание

СПИСОК ПРИНЯТЫХ СОКРАЩЕНИЙ .....	4
ВВЕДЕНИЕ .....	5
1 Физико-географическая характеристика района .....	7
1.1 Географическое положение .....	7
1.2 Рельеф и геология .....	7
1.3 Почвы .....	8
1.4 Растительность .....	9
1.5 Характеристика гидрологического режима .....	10
1.6 Климатическая характеристика .....	11
2 Закономерности формирования химического состава поверхностных вод .....	14
3 Мониторинг поверхностных вод суши на территории Тверской области .....	17
3.1 Сеть пунктов наблюдения .....	17
3.2 Программа мониторинга .....	24
3.3 Показатели качества .....	25
4 Оценка однородности и стационарности рядов наблюдений за гидрохимическими показателями .....	32
4.1 Исходные данные .....	32
4.2 Оценка однородности и стационарности .....	32
4.2.1. Соединения азота .....	34
4.2.2. Биохимическое потребление кислорода .....	46
4.2.3. Фосфор минеральный .....	50
4.2.4. Нефтепродукты .....	54
4.2.5 Тяжелые металлы .....	58
5 Оценка трендов .....	78
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	80
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....	82

Приложение А. Хронологические графики гидрохимических показателей...84	
Приложение Б. Оценка трендов в рядах наблюдений.....	120

## СПИСОК ПРИНЯТЫХ СОКРАЩЕНИЙ

БПК <sub>5</sub>	–	биохимическое потребление кислорода
вдхр.	–	водохранилище
ВО	–	водный объект
ГНС	–	Государственная наблюдательная сеть
НП	–	нефтепродукты
оз.	–	озеро
р.	–	река

## ВВЕДЕНИЕ

В последние годы в ряде регионов наблюдается ухудшение экологического состояния природной среды, что связано с антропогенным воздействием на нее. На состояние природной среды оказывает влияние целый комплекс факторов, как природного, так и антропогенного происхождения.

К антропогенным факторам могут быть отнесены: преобразование поверхности водосборных бассейнов, влияние сосредоточенных и распределенных источников загрязняющих веществ. Основным источником загрязнения являются сбросы сточных вод от населенных пунктов и промышленных предприятий. Они приводят к загрязнению поверхностных вод тяжелыми металлами, органическими и биогенными элементами. Антропогенное воздействие приводит к эвтрофикации водоемов и водотоков. Особо уязвимыми являются водные объекты небольших размеров, так как внешнее воздействие (распашка земель, вырубка лесов, мелиорация и др.) существенно сказывается на условиях формирования их стока. Сток малых водотоков, в свою очередь, определяет особенности гидрологического, гидрохимического и гидробиологического режима средних и больших рек.

Влияние хозяйственной деятельности на водные объекты приводит к необходимости проведения экологических мероприятий для охраны водных экосистем и рационального хозяйственного использования их водных и биологических ресурсов. В связи с этим оценка качества воды и оценка изменения качества под действием антропогенных факторов является одной из наиболее актуальных задач для охраны водных ресурсов.

Целью работы является оценка пространственно-временной изменчивости гидрохимических показателей природных вод.

Объектом исследования являются водные объекты на территории Тверской области.

В качестве исходных данных выступала гидрохимическая информация, полученная Государственной наблюдательной сетью (ГНС) Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромета).

Анализ информации проводится с использованием нормативных методов комплексной оценки [11] и статистических методов обработки.

Задачи работы включают:

– сбор материалов наблюдений за загрязненностью воды в водоемах и водотоках, выполненных за многолетний период и размещенных в Ежегодниках качества поверхностных вод;

– анализ многолетних рядов наблюдений на однородность и стационарность;

– анализ трендов в многолетних рядах наблюдений за загрязненностью воды;

– анализ результатов и оценка уровня динамики загрязнения водных объектов.

Результаты анализа гидрохимических данных могут быть использованы для разработки природоохранных мероприятий и оценки их эффективности.

# 1 Физико-географическая характеристика района

## 1.1 Географическое положение

Тверская область, ранее называвшаяся Калининской (до 1990 г.), располагается на Русской равнине на северо-западе Европейской части России [12].

В административном отношении она входит в состав Центрального федерального округа. Административным центром области является город Тверь. Область имеет довольно большую площадь, составляющую 84200 км<sup>2</sup>. С севера Тверская область граничит с Вологодской областью. Также ее окружают Ярославская, Псковская, Смоленская и Московская области.

Область расположена на водоразделе крупнейших рек страны – Волги и Западной Двины. В области берут начало реки бассейнов Балтийского и Каспийского морей. Гидрографическая сеть области довольно развита – общее количество водотоков превышает 1000, а их общая протяженность составляет более 17 тысяч километров. На рассматриваемой территории расположено большое количество водоемов. Крупнейшими из них являются водохранилища, которых насчитывается 9, а также озеро Селигер.

## 1.2 Рельеф и геология

Как уже указывалось выше, на территории области проходит водораздел бассейнов Балтийского и Каспийского морей. Рассматриваемая часть Русской равнины характеризуется чередованием возвышенных и пониженных участков.

Западная часть более возвышенная (Валдайская возвышенность), в восточной части области расположена Молого-Шекснинская низменность, а через центральную часть проходит Тверская моренная гряда.

На Валдайской возвышенности высоты достигают от 200–300 м над уровнем моря, а высшая точка, расположенная на Цнинской возвышенности, имеет отметку 347 м БС.

В целом равнинном рельефе Тверской области, выделяются такие формы рельефа, как возвышенные участки моренных равнин и водно-ледниковые или озерно-ледниковые низины.

Уклон земной поверхности в пределах области незначительный и колеблется от 0 до 3 градусов. Общее направление уклона – юго-восточное. В этом направлении протекают реки бассейна реки Волга. В части области, где уклон направлен на юго-запад, протекают реки Западная Двина, Торопа и Межа; в направлении на север текут реки Мста и Молога, относящиеся к бассейну Невы.

Речные долины и русла во многом определяют рельеф местности, на который также оказывают влияние процессы оврагообразования и эрозии. На части территории развит карст. Кроме того, реки, перенося наносы, способствуют перестроению русел.

Естественный рельеф рассматриваемой территории подвергся антропогенному изменению вследствие строительства водохранилищ, которые, частности проектировались для обеспечения питьевой водой Московской области.

### 1.3 Почвы

По механическому составу в аллювиальных отложениях на рассматриваемой территории преобладают суглинки, реже супеси и пески. Встречаются болотные почвы, представленные торфом, глинами и суглинками.

Поскольку рельеф области сформирован под влиянием ледников, основными генетическими породами верхнего яруса являются моренные валунные суглинки и супеси, пески, которые принесены водно-ледниковыми потоками.

Равнинный характер рельефа, климатические условия и гидрогеологические процессы способствовали широкому развитию на данной территории участков, занятых болотами и заболоченными землями.

В долинах рек активно развиваются оползневые явления, которые наблюдаются в моренных, озерно-ледниковых и озерных отложениях. Причинами данных явлений являются речная и овражная эрозия. Морфологически – это, в основном, оползни типа оплывов.

Карстовые явления, в основном, приурочены к склонам речных долин. Степень закарстованности зависит от пород, характера рельефа, мощности покровных отложений.

Тверская область расположена в северо-западной части Московской синеклизы. Она заполнена породами рифея, кембрия, ордовика, силура, девона, карбона, перми, юры, мела, представленными, главным образом, известняками, доломитами, мергелями, песчаниками, песчано-глинистыми образованиями.

Основными процессами, формирующими почвенный покров территории Тверской области, являются подзолообразование, глееобразование, заболачивание и культурное почвообразование. Наибольшее распространение здесь получили дерново-подзолистые почвы различной степени подзоливания и гидроморфизма.

Реакция почв чаще всего кислая по всему профилю, но возможна нейтральная в нижней, иногда в средних частях профиля при наличии унаследованных карбонатов. Содержание гумуса изменяется от 2.13 до 4.2 % в гумусовом горизонте. В составе гумуса преобладают фульвокислоты. Поглощающий комплекс ненасыщен основаниями. Коэффициент дифференциации по илу в среднем составляет 2.0 – 3.5.

#### 1.4 Растительность

Тверская область характеризуется одним из самых высоких процентов залесенности на европейской части нашей страны. Лесами здесь занято больше 60% всей площади. В основном значительно облесены юго-западный и северо-западные части области. Повсеместно ведется вырубка лесов.

По составу преобладают смешанные и хвойно-широколиственные леса. Густота леса Тверской области составляет 54.1 %. Хвойные леса составляют около 36 % площади, остальное – мягколиственные, в том числе 35 % – береза.

Современная растительность начала формироваться после отступления ледника и представлена сообществами как флоры тундры и тайги, так и широколиственных лесов и даже степей. Однако преобладающими являются растения, присущие флоре тайги – в основном это хвойные леса, которые занимают 47% всех лесных массивов. Среди хвойных лесов в основном встречаются ельники. Встречаются также такие породы деревьев, как сосна, береза, ольха, осина, дуб.

Сельскохозяйственные поля и территории, занятые лугами, составляют не более 24% территории. Луга расположены в долинах рек в сухих долах. Характер луговой растительности – разнотравно-злаковый. На лугах растут и такие ценные кормовые травы, как люцерна и клевер. На территории области развиты различные виды лугов: на возвышенностях развиваются сухие луга с редкой растительностью, в понижениях преобладают сырые луга.

Характер рельефа и высокая степень увлажненности территории способствуют развитию болот, которые занимают около 6% территории. На болотах встречаются представители тундровой флоры – карликовая береза, голубика, морошка, клюква.

### 1.5 Характеристика гидрологического режима

Гидрографическая сеть Тверской области представлена водными объектами, относящимися к бассейнам Балтийского и Каспийского морей, так как через ее территории проходит орографический водораздел.

На северо-западе протекают такие реки, как Мста, Цна и Шлина, которые относятся к бассейну Балтийского моря (бассейн озера Ильмень). К этому же бассейну относятся реки, протекающие на юге области, которые относятся к бассейну реки Западная Двина. Основная часть водотоков относится к бассейну Верхней Волги. Здесь, в районе населенного пункта Волговерховье, берет свое

начало реки Волга. В целом гидрографическая сеть областей характеризуется равномерностью и высокой густотой.

В гидрологическом режиме рек района выделяются следующие периоды: весеннее половодье, дождевые паводки, меженные периоды.

Весеннее половодье начинается в том момент, когда наблюдается устойчивый переход температуры воздуха к положительным значениям. Обычно это происходит в конце марта. Максимум весеннего половодья проходит в середине апреля – начале мая. Продолжительность половодья в среднем составляет около 47 дней. В период половодья наблюдаются высокие подъемы уровня воды, которые могут достигать 2.5 метров (р. Волга).

Летне-осенняя межень нередко прерывается дождевыми паводками, вызванными кратковременными дождями.

Тип питания рек – в основном снеговой. Именно поэтому максимальный объем воды проходит в период весеннего половодья, а в меженные периоды наблюдаются низкие уровни воды. В меженные периоды питания рек происходит за счет грунтовых вод. Дождевые паводки по своей высоте на средних и крупных реках не превышают весеннее половодье.

Ледовые образования появляются в третьей декаде ноября – начале декабря. К первым ледовым явлениям относятся забереги и шуга. Ледостав на большинстве рек района устанавливается в конце декабря.

## 1.6 Климатическая характеристика

Тверская область расположена ближе к центру Европейской территории России, смещена к северу. Климат области умеренный и прохладный. Погода весьма разнообразна, она имеет ярко выраженные сезоны. Субъект находится в зоне умеренно-континентального климата. Характеризуется теплым летом, умеренно холодной зимой, в течение которой выпадает устойчивый снежный покров. Континентальность климата на востоке проявлена сильнее, чем на западе области.

По данным метеостанции Тверь на период с 1991 по 2020 год среднемесячные и годовая температуры воздуха приведены в таблице 1.1. Также в таблице 1.2 и 1.3 приведены абсолютные минимумы и максимумы температур соответственно. Абсолютный минимум температуры воздуха достигает минус 36,8 °С (в феврале). Абсолютный максимум температуры составляет 38,8 °С.

Таблица 1.1 – Среднемесячная годовая температура воздуха (°С)

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
-7,0	-6,7	-1,6	6,0	12,6	16,6	19,0	16,8	11,2	5,1	-1,0	-4,9	5,5

Таблица 1.2 – Абсолютный минимум температуры воздуха (°С)

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
-35,7	-36,8	-26,4	-13,9	-5,8	0,6	3,5	2,0	-5,8	-14,1	-25,5	-34,7	-36,8

Таблица 1.3 – Абсолютный максимум температуры воздуха (°С)

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
9,0	8,2	17,5	26,8	33,7	34,0	37,3	38,8	30,6	24,5	15,3	9,5	38,8

Также по данным метеостанции Тверь в таблице 1.4 приведены среднемесячные и годовая скорости ветра. Средняя скорость ветра составляет 2,1 м/с. В холодный период года преобладает ветер юго-западного направления. В теплый период преобладает западный ветер.

Таблица 1.4 – Среднемесячная годовая скорость ветра (м/с)

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
2,3	2,4	2,4	2,2	2,2	2,0	1,7	1,7	1,8	2,1	2,3	2,4	2,1

Влажность воздуха вписываемом районе невысокая, среднегодовое значение составляет 79 %. Наибольших значений она достигает зимой – с сентября

по февраль от 83 до 88%. Самые сухие месяцы – сапреля по июнь, относительная влажность составляет 66 – 71%.

Тверская область относится к зоне достаточного увлажнения. В виде дождя выпадает 2/3 осадков в течение года, а 1/3 составляют осадки, выпадающие в виде снега.

Самыми дождливыми являются июнь, июль и август – среднемесячное количество осадков от 80 до 90 мм. За июнь, июль и август может выпасть до 60% годовой суммы осадков. Возможны колебания в выпадении осадков. Меньше всего осадков наблюдается в зимние месяцы, и до середины весны. Так в среднем в январе, феврале, марте и апреле выпадает 32 – 50 мм.

Таблица 1.5 – Среднемесячное и годовое количество осадков, мм

Метеостанция	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
М-2 Осташков	50	35	35	30	54	87	88	86	67	66	51	51	700
Валдай	37	32	36	45	56	80	90	83	78	69	57	46	709

Устойчивый снежный покров формируется в среднем в последней декаде октября – начале ноября. Средние за декаду значения высоты снежного покрова изменяются от 15 до 71 см.

Уменьшение высоты снежного покрова начинается в третьей декаде марта и уже к концу марта начинается его разрушение. Снег сходит в среднем в третьей декаде апреля. Таким образом, продолжительность снеготаяния в среднем составляет около месяца.

Плотность снежного покрова и запас воды в снежном покрове по снеговосемкам в лесу на последний день декады достигает от 180 до 250 кг/м<sup>3</sup>. Наибольшая высота снежного покрова за зиму изменяется от 25 до 95 см.

## 2 Закономерности формирования химического состава поверхностных вод

Основными факторами, определяющими гидрохимический режим территории и химическое качество поверхностных вод, являются климатические условия, геологическое и геоморфологическое строение территории, характер почв и растительного покрова.

Водный режим территории района отличается хорошо выраженным половодьем, довольно устойчивой летней и зимней меженью, а также летне-осенними паводками. Смена гидрологических фаз в течение года и различия в водности отдельных лет вызывает значительные изменения минерализации и химического состава поверхностных вод. Количество осадков по территории района уменьшается с северо-запада на юго-восток, что обуславливает при одновременном повышении температуры воздуха в том же направлении постепенный переход от зоны избыточного увлажнения к зоне недостаточного увлажнения.

В пределах района наибольшее развитие имеют подзолистые, дерново-подзолистые, серые лесные и торфяно-болотные почвы. Почвообразующими породами в основном являются ледниковые, флювиогляциальные (водно-ледниковые), древне-аллювиальные и аллювиальные отложения. Покровные суглинки, глины, пески и супеси имеют наибольшее распространение на рассматриваемой территории и занимают около 80% ее поверхности.

Толща подзолистых и дерново-подзолистых почв повсеместно хорошо отмыта от легкорастворимых неорганических соединений (сульфатов и хлоридов), что способствует формированию здесь гидрокарбонатных вод преимущественно мало и средней минерализации. Торфяно-болотные почвы, несколько повышенной кислотности, обуславливают значительное уменьшение минерализации воды и обогащают ее органическими и биогенными веществами. Серые лесные почвы за счет гумусового горизонта и суглинистого состава обладают значительной емкостью поглощения, что способствует увеличению количества

растворенных солей и повышению минерализации при соответствующем увеличении относительного содержания сульфатных ионов.

Влияние коренных пород на химический состав поверхностных вод ослаблено тем, что они почти повсеместно перекрыты покровом четвертичных отложений значительной мощности (глины, суглинки, пески), которые большей частью хорошо перемыты и сравнительно мало обогащают воду солями.

На формирование химического состава воды верхнего течения реки Волги и ее притоков оказывают влияние озера и водохранилища: оз. Селигер, Верхне-Волжское водохранилище и другие озера. Воды этих озер мало минерализованы и содержат значительное количество органических веществ, так как они аккумулируют в основном талые и паводковые воды. Периодические сбросы из водохранилища также оказывают влияние на химический состав воды, уменьшая ее минерализацию в меженный период.

Вследствие указанных причин вода притоков самого верхнего течения реки Волга до устья реки Вазуза в период зимне-летней межени характеризуются минерализацией не более 200-250 мг/л.

Наличие лесов, нередко заболоченных, оказывает существенное влияние на формирование химического состава поверхностных вод. Это влияние, в частности, сказывается на минерализации воды и содержании некоторых биогенных элементов. На залесенных водосборах поверхностно-склоновые воды в период весеннего половодья и высоких летних паводков контактируют с хорошо промытой почвой, что определяет невысокую минерализацию воды. Однако, в ще-лачивая из лесной подстилки и верхнего горизонта почвы продукты разложения растительных и животных остатков, вода обогащается органическими веществами гумусового происхождения, в том числе органическими кислотами, что, в свою очередь, влияет на увеличение цветности воды, снижает величину водородного показателя и уменьшает содержание гидрокарбонат-иона. Поэтому некоторые реки в период половодья характеризуются повышенным относительным содержанием сульфат-иона.

Малой минерализации природных вод соответствует обычно малая

жесткость. Величина жёсткости для воды рек данной территории минимальны в период половодья, и не превышает 1.5 мг-экв/л. На спаде половодья жесткость природных вод уменьшается и достигает значительных величин в период летней межени - воды рек мягкие или умеренно жесткие (3 – 5 мг-экв/л). Максимальные значения жёсткости отмечаются в зимнюю межень, когда в питании рек преобладают грунтовые воды; воды рек территории умеренно жесткие. Тем не менее в реке Волге и ряде рек верховья Волги жёсткость во все сезоны года остается мягкой.

Агрессивность воды - характеристика, которую важно знать при строительстве. Она характеризует способность природной воды разрушать те или иные строительные материалы. Выщелачивающая агрессивность (по концентрации гидрокарбонатного аниона) характерна для рек территории в период половодья, но на некоторых реках и внутри всего года. Общекислотная агрессивность (по величине  $pH$ ) не характерна для рек исследуемой территории ( $pH$  более 7). Разная степень углекислой агрессивности (по величине  $CO_2$ ) присуща рекам исследуемой территории: с максимумом в период зимней межени и минимумом в половодье.

Органические вещества (цветность, перманганатная и бихроматная окисляемость). В речных водах района перманганатная окисляемость изменяется в пределах 2 – 21 мгО/л, бихроматная 4 – 40 мгО/л, цветность изменяется от 3 до 90°. В период половодья значения окисляемости и цветности высоки; на заболоченных водосборах - максимальны. В период межени и прекращения или уменьшения поверхностного стока содержание органических веществ в водах рек уменьшается.

### 3 Мониторинг поверхностных вод суши на территории Тверской области

На территории Тверской области организованы наблюдения за состоянием поверхностных вод, включающие наблюдения за гидрологическими и гидрохимическими показателями. Система наблюдений включает в себя подсистемы сбора, передачи и обработки сведений, служащих для своевременного выявления негативного воздействия природных вод, прогнозирования развития процессов загрязнения, а также предотвращения вредных воздействий.

#### 3.1 Сеть пунктов наблюдения

Наблюдения за качеством поверхностных вод в Тверской области начаты в 50-ые годы прошлого века [12]. В настоящее время наблюдения осуществляет Тверской ЦГМС на 17 водных объектах, включающих наблюдения на 13 реках, двух водохранилищах и двух озерах. Общее количество пунктов наблюдений составляет 21 (в 25 створах). Створы наблюдений расположены не только в Тверской области, а также в Московской и Смоленской областях (вблизи административных границ субъектов).

В таблице 3.1 приведен перечень пунктов наблюдений, их расположение и категория пунктов. На рисунке 3.1 приведено расположение пунктов. Сеть пунктов неравномерно распределена по территории. В настоящее время не охвачены наблюдениями водотоки, относящиеся к бассейну Западной Двины – юго-запад области.

При размещении пунктов наблюдений учитывается местоположение сбросов от промышленных, хозяйственно-бытовых или сельскохозяйственных источников. Обычно на реках створы отбора проб назначены выше источника загрязнения (фоновый створ) и ниже по течению (контрольный створ). Таким же образом размещаются створы на проточных озерах и водохранилищах. На слабопроточных водоемах створы размещены вдали от сбросов сточных вод.

Таблица 3.1 – Перечень пунктов мониторинга поверхностных вод Тверского ЦГМС

№ пункта по паспорту	Водный объект	Пункт	Расположение			Категория пункта	Число пробова год
			створа	вертикали в долях ширины от л/б	горизонта от пов., м		
42001	р. Цна	г. Вышний Волочек	1,0 км выше устья	0,5	0,2-0,5	IV	7
42004	р. Съежа	д. Порожки	В черте д. Порожки, 5,5 км ниже в дхр. Калининской АЭС	0,5	0,2-0,5	IV	4
42300	оз. Стерж	с. Коковкино	По азимуту 225° от ОГП	0,3 км	0,2-0,5	IV	7
					0,5 м от дна		7
42100	р. Волга	г. Ржев	1) 1,3 км выше впадения р. Ракитня	0,5	0,2-0,5	IV	7
			2) 0,2 км ниже впадения р. Лоча	0,5	0,2-0,5		7
42101	р. Вазуза	д. Дугино	0,5 км, выше д. Дугино, в створе г/п	0,5	0,2-0,5	IV	7
42103	р. Тьма	д. Новинки	У церкви, в створе г/п	0,5	0,2-0,5	IV	7
42104	р. Тьмака	г. Тверь	0,3 км выше устья	0,5	0,2-0,5	IV	7

Продолжение таблицы 3.1

№ пункта по паспорту	Водный объект	Пункт	Расположение			Категория пункта	Число пробова год
			створа	вертикали в долях ширины от л/б	горизонта от пов., м		
42105	р. Тверца	г. Тверь	0,2 км выше устья	0,5	0,2-0,5	III	13
42210	р. Тверца	г. Торжок	1) В створе а/д моста ус. Митино	0,5	0,2-0,5	IV	7
			2) д. Внуково, 3,8 км ниже ж/д моста	0,5	0,2-0,5	IV	7
42211	р. Осуга	г. Кувшиново	0,63 км ниже устья руч. Малашевка, 0,63 км ниже выпуска МУП «Кувшинский водоканал»	0,5	0,2-0,5	IV	7
42106	р. Шоша	д. Микулино Городище	0,2 км ниже впадения руч. Зверинец, в створе г/п	0,5	0,2-0,5	IV	7
42111	р. Медведица	д. Семеновское	1 км ниже впадения р. Яхрома	0,5	0,2-0,5	IV	7
42112	р. Кашинка	г. Кашин	7,0 км ниже впадения р. Маслятка, 1,0 км ниже сброса городских сточных вод	0,5	0,2-0,5	III	13

Продолжение таблицы 3.1

№ пункта по паспорту	Водный объект	Пункт	Расположение			Категория пункта	Число пробова год
			створа	вертикали в долях ширины от л/б	горизонта от пов., м		
42116	р. Молога	п. Максатиха	1) 1,5 км выше впадения р. Ривица	0,5	0,2-0,5	IV	7
			2) 7,3 км ниже впадения р. Волчина	0,5	0,2-0,5		
42117	р. Остречина	г. Бежецк	0,5 км выше устья	0,5	0,2-0,5	IV	7
42301	Иваньковско-евдхр.	г. Тверь	1) 0,6 км выше моста окружной автодороги, 8,1 км выше гидрологического поста, 9,1 км выше впадения р. Тверца;	0,5 ш. вдхр.	0,2-0,5	III	13
			2) 16 км ниже гидрологического поста, 15 км ниже впадения р. Тверца, 6,8 км ниже выпуска городских очистных сооружений, в створе д. Горохово	0,5 ш. вдхр.	0,2-0,5		

Продолжение таблицы 3.1

№ пункта по паспорту	Водный объект	Пункт	Расположение			Категория пункта	Число пробова год
			створа	вертикали в долях ширины от л/б	горизонта от пов., м		
42302	Иваньковско-евдхр.	д. Безбородово	0,04 км выше а/д моста	0,8 ш. в дхр.	0,2-0,5	III	13
					0,5 мот дна		
42303	Иваньковско-евдхр.	г. Конаково	1,5 км ниже падения р. Донховка	0,6 ш. в дхр.	0,2-0,5	III	13
					0,5 мот дна		
42305	Угличско-евдхр.	г. Кимры	1,3 км выше падения р. Кимрка	0,8 ш. в дхр.	0,2-0,5	III	13
					0,5 мот дна		

Продолжение таблицы 3.1

№ пункта по паспорту	Водный объект	Пункт	Расположение			Категория пункта	Число пробо за год
			створа	вертикали в долях ширины от л/б	горизонта от пов., м		
42306	Угличское вдхр.	г.Калязин	2,3 км выше падения р.Жабня	0,8 ш. вдхр.	0,2-0,5	III	13
					0,5 м от дна		
42318	оз.Селигер	г.Осташков	У пристани, по азимуту 80° от ОГП N57°09'23,3"E33°06'45,4"	0,3 км	0,2-0,5	IV	7
					0,5 м от дна		



Рисунок 3.1 – Схема пунктов наблюдений за качеством поверхностных вод на территории деятельности Тверского ЦГМС

### 3.2 Программномониторинга

Согласно таблице 3.1 на рассматриваемой территории расположены пункты III категории, на которых осуществляется ежемесячный отбор проб (плюс отбор во время максимума половодья), а также пункты IV категории, где пробы отбираются в фазы гидрологического режима.

В период отбора проб проводятся наблюдения за теми показателями, которые быстро изменяются во времени – за температурой воды, запахом, растворенным кислородом,  $\text{CO}_2$ , pH, Eh. При необходимости, в мобильной лаборатории, проводится первичная обработка проб воды.

Все наблюдения проводятся за 41 показателем, перечень которых приведен в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Перечень определяемых показателей

№ п/п	Показатель	№ п/п	Показатель
1	Температура	11	Eh
2	Запах	12	Гидрокарбонаты
3	Цветность	13	Сульфаты
4	Прозрачность	14	Хлориды
5	Взвешенные вещества	15	Жесткость
6	Удельная электропроводность	16	Кальций
7	Растворенный кислород	17	Магний
8	Процент насыщения кислородом	18	Натрий
9	Двуокись углерода (или карбонаты)	19	Калий
10	pH	20	Сумма ионов

Продолжение таблицы 3.2

№ п/п	Показатель	№ п/п	Показатель
21	Аммоний	32	Хром
22	Нитриты	33	Марганец
23	Нитраты	34	Цинк
24	Фосфаты	35	Никель
25	Железообщее	36	Свинец
26	Кремний	37	Медь
27	Биохимическое потребление кислорода (БПК <sub>5</sub> )	38	Дихлордифенилдихлорэтилен (ДДЕ)
28	Химическое потребление кислорода (ХПК)	39	Дихлордифенилтрихлорметилметан (ДДТ)
29	Нефтепродукты	40	α-гексахлорциклогексан (α-ГХЦГ)
30	Фенолы	41	γ-гексахлорциклогексан (γ-ГХЦГ)
31	Анионные поверхностно-активные вещества (АПАВ)	-	-

### 3.3 Показатели качества

Законодательно утвержденным нормативом качества является предельно допустимая концентрация вещества в воде (ПДК). Под ПДК подразумевается такая концентрация вещества в воде, выше которой вода является непригодной непригодна для одного или нескольких видов водопользования.

В таблице 3.3 приведены значения ПДК для показателей, определяемых в пунктах наблюдений Тверского ЦГМС.

Таблица 3.3 – Нормативы качества воды поверхностных водных объектов

№ п/п	Показатели и ингредиенты	ЛПВ*	Класс опасно-	ПДК, мг/л
1	Температура	-	-	не более 28
2	Запах	-	-	Вода не должна приобретать посторонних запахов и сообщать их мясу рыбы
3	Цветность	-	-	В поверхностных водах не нормируется
4	Прозрачность	-	-	В поверхностных водах не нормируется
5	Взвешенные вещества	-	-	При сбросе сточных вод не должны увеличиваться по сравнению с естественными условиями более чем на 0,25 мг/л (высш. и 1 кат.) или 0,75 мг/л (2 кат.)
6	Удельная электропроводность	-	-	Не нормируется
7	Растворенный кислород	общие требования	-	4,0 зимой 6,0 летом
8	Процент насыщения кислородом	-	-	70%
9	Двуокись углерода	-	-	Не нормируется
10	pH	-	-	В пределах 6,5–8,5
11	Гидрокарбонаты	-	-	Не нормируется

Продолжение таблицы 3.3

№ п/п	Показатели ингредиенты	ЛПВ*	Класс опасно-	ПДК, мг/л
12	Сульфаты	сан- токс	4	100
13	Хлориды	сан- токс	4э**	300
14	Жесткость общая	-	-	В поверхностных водах ненормируется
15	Кальций***	сан- токс	4э	180
16	Магний***	сан- токс	4	40
17	Натрий	сан- токс	4э	120
18	Калий	сан- токс	4э	50
		токс	4э	10 (для водоемов с мине- рализацией до 100 мг/л)
19	Сумма ионов (минерализация)	-	-	1000
20	Азотаммонийный	токс	4	0,40
21	Азотнитритный	токс	4э	0,02
22	Азотнитратный	сан- токс	4э	9,1

Продолжение таблицы 3.3

№ п/п	Показатели и ингредиенты	ЛПВ*	Класс опасно-	ПДК, мг/л
23	Фосфаты	сан	4э	0,05(олиготрофные водо- доемы)
				0,15(мезотрофные водо- доемы)
				0,2(евтрофные водо- емы)
24	Железообщее***	токс	4	0,1
25	Кремний	-	-	В поверхностных водах ненормируется
26	БПК <sub>5</sub>	общие требо- вания	-	2,0
27	ХПК	-«-	-	15 (для питьевого и хо- зяйственно-бытового водо- снабжения)
				30(для рекреации, а также в границах населенных пунктов)
28	Нефтепродукты	рыб-хоз (запах мяса рыб)	3	0,05
29	Фенол	рыб- хоз	3	0,001
30	АПАВ	-	-	0,1

Продолжение таблицы 3.3

№ п/п	Показатели ингредиенты	ЛПВ*	Класс опасно-	ПДК, мг/л
31	Хром трехвалентный	сан- токс	3	0,07
32	Марганец двухвалентный	сан- токс	4	0,01
33	Цинк***	токс	3	0,01
34	Никель***	токс	3	0,01
35	Свинец***	токс	2	0,006
36	Медь***	токс	3	0,001
37	ДДЕ	-	-	Неустановлена
38	ДДТ	токс	1	0,00001
39	α-ГХЦГ	токс	1	0,00001
40	γ-ГХЦГ	токс	1	0,00001

Примечания:

1. \*ЛПВ – лимитирующий показатель вредности:

«токс» – токсикологический (прямое токсическое действие веществ в водных биологических ресурсах),

«сан» – санитарный (нарушение экологических условий при попадании веществ в воду водного объекта),

«сан-токс» – санитарно-токсикологический (действие веществ в водных биологических ресурсах и санитарные показатели водных объектов),

«орг» – органолептический (образование в воде водных объектов рыбохозяйственного значения пленок и пены на поверхности воды, появление в воде посторонних привкусов и запахов, выпадение осадка, появление опалесценции, мутности и взвешенных веществ, изменение цвета воды),

«рыб-хоз» – рыбохозяйственный (ухудшение органолептических показателей качества рыбы – появление неприятных и посторонних привкусов и запахов при попадании вещества в воду водного объекта рыбохозяйственного значения)

2. \*\* Классы опасности:

1 – чрезвычайно опасные, 2

– высокоопасные,

3 – опасные,

4 – умеренно опасные,

4э – «экологический», относится к умеренно опасным веществам, действие которых проявляется в изменении экологических условий в водном объекте (евтрофирование, минерализация и др.)

3. \*\*\* Всерастворимые в воде формы

Показателем степени загрязнения (высокого или экстремально высокого) является сравнительная оценка концентрации вещества с предельно-допустимой.

Для веществ 1 и 2 классов опасности высокое загрязнение фиксируется при концентрации, превышающей ПДК в 3 – 5 раз; для веществ 3 и 4 классов опасности – при превышении ПДК в 10–50 раз; для нефтепродуктов, фенолов, соединений меди, железа и марганца – от 30 до 50 ПДК; величина БПК<sub>5</sub> превышает 0–40 мгО<sub>2</sub>/л; концентрация растворенного кислорода снижается до 2–3 мг/л; покрытие пленкой (нефтяной, масляной или другого происхождения) превышает 1/4–1/3 поверхности водного объекта при его обзримой площади до 6 км<sup>2</sup>; покрытие пленкой поверхности водного объекта на площади превышает 1 – 2 км<sup>2</sup> при его площади более 6 км<sup>2</sup>.

Для веществ 1 и 2 классов опасности экстремально-высокое загрязнение фиксируется при концентрации, превышающей ПДК более чем в 5 раз; для веществ 3 и 4 классов опасности – при превышении ПДК более чем в 50 раз; при появлении устойчивого, не свойственного воде запаха интенсивностью более 4 баллов; покрытие пленкой (нефтяной, масляной или другого происхождения) превышает 1/3 поверхности водного объекта при его обзримой площади до 6 км<sup>2</sup>; покрытие пленкой поверхности водного объекта на площади превышает 2 км<sup>2</sup> при его площади более 6 км<sup>2</sup>; увеличение биохимического потребления кислорода (БПК<sub>5</sub>) свыше 40 мгО<sub>2</sub>/л; снижение концентрации растворенного кислорода до значения 2 мг/л и менее; массовая гибель моллюсков, раков, лягушек, рыб и других водных организмов в водной растительности.

Оценка качества поверхностной воды дает возможность разделить водные объекты на ряд классов. Разделение на классы осуществляется на основе значений удельного комбинаторного индекса загрязнённости (УКИЗВ), который определяется по данным критических показателей загрязнённости. Количественное значение УКИЗВ зависит от кратности превышения предельно-допустимых концентраций по нескольким показателям. Для чистой воды

значение УКИЗВ составляет 0. Чем выше значение УКИЗВ, тем хуже качество воды. УКИЗВ рассчитывается по методике РД 52.24.643-2002 «Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям» [11].

Количество показателей, по которым рассчитывается значение УКИЗВ, может варьироваться от 1 до 16. В Тверском УГМС расчет осуществляется на основе концентраций 14 загрязняющих веществ:

1. растворенный кислород,
2. БПК<sub>5</sub>,
3. ХПК,
4. фенолы,
5. нефтепродукты,
6. нитрит-ионы ( $\text{NO}_2^-$ ),
7. нитрат-ионы ( $\text{NO}_3^-$ ),
8. ионы аммония ( $\text{NH}_4^+$ ),
9. железо общее,
10. медь ( $\text{Cu}^{2+}$ ),
11. цинк ( $\text{Zn}^{2+}$ ),
12. никель ( $\text{Ni}^{2+}$ ),
13. хлориды,
14. сульфаты.

В зависимости от численного значения индекса поверхностные воды разделяются на 5 классов: 1 класс – условно чистая; 2 класс – слабо загрязненная; 3 класс – загрязненная; 4 класс – грязная; 5 класс – экстремально грязная.

## 4 Оценка однородности и стационарности рядов наблюдений за гидрохимическими показателями

### 4.1 Исходные данные

Для оценки гидрохимического режима региона использовались данные гидрохимического мониторинга поверхностных вод Тверской области.

Общее количество гидрохимических пунктов наблюдений составляет 21 пункт. Пункты наблюдений распределены по территории не равномерно. На схеме (рисунок 3.1) видно, что они отсутствуют в западной части области. Наблюдения проводятся на таких реках: Волга, Тьма, Тьмака, Тверца, Цна, Съежа, Вазуза, Осуга, Шоша, Медведица, Кашинка, Молога, Остречина; на водохранилищах: Угличское, Ивановское; на озерах: Стерж, Селигер.

Реки Тверской области принадлежат бассейнам трех морей: Балтийского – Финский залив (реки Цна и Съежа), Балтийского – Рижский залив (р. Западная Двина и ее притоки), Каспийского (р. Волга и ее притоки).

Для рассмотрения были выбраны пункты с наиболее продолжительным рядом наблюдений. На территории Тверской области расположены посты III и IV категории. Оценка рядов проводилась по 15 водным объектам, по данным наблюдений в 21 створе. Средняя продолжительность рассмотренных рядов наблюдений составляет 15 лет. В основном рассматривался период с 2008 по 2022 год, на отдельных пунктах наблюдений – с 2009 по 2022 год; с 2011 по 2022 год.

### 4.2 Оценка однородности и стационарности

Анализ рядов наблюдений на стационарность предполагает, что за рассматриваемый период не наблюдалось статистически значимых изменений в оценках характеристик гидрохимических параметров. Обычно рассматривают

стационарность по среднему арифметическому значению и дисперсии. Для такой оценки используются критерии однородности, которые позволяют подтвердить или опровергнуть гипотезу о принадлежности выборок к общей генеральной совокупности.

В практике гидрологических расчетов широкое распространение получил критерий Стьюдента, который оценивает однородность по среднему значению. При проверке исходный ряд разделяется на две половины, для каждой из которых рассчитывается среднее значение и среднее квадратическое отклонение. На следующем этапе рассчитывается значение t-статистики, которое сравнивается с теоретическим значением при различных уровнях значимости. Обычно используют 5%-ый и 10%-ый уровень значимости [14].

Кроме критерия Стьюдента оценка по среднему проводилась также по критерию Колмогорова-Смирнова. Этот критерий не зависит от вида распределения характеристики и использует максимальную разницу между эмпирическими обеспеченностями двух сравниваемых рядов.

Однородность по дисперсии оценивается по критерию Фишера. Значение статистики Фишера определяется в зависимости от значений дисперсий обеих частей рассматриваемого ряда. Ряд считается однородным по дисперсии, если рассчитанное значение статистики не превышает теоретическое значение.

Для оценки однородности по дисперсии также может использоваться и критерий Колмогорова-Смирнова.

Указанные критерии использовались при оценке однородности рядов концентраций различных компонентов в природной воде. Оценка проводилась на двух уровнях значимости – 5% и 10%.

Для удобства анализа компоненты были сгруппированы.

#### 4.2.1. Соединения азота

Среди компонентов, анализ которых проводится при мониторинге поверхностных вод, относятся такие соединения азота, как: аммонийный азот, нитратный азот, нитритный азот.

Если природные воды не загрязнены сточными водами, то источником ионов аммония являются процессы биохимического разложения белковых веществ. Кроме того, они могут образовываться при восстановлении нитритов и нитратов при анаэробных процессах. Антропогенным источником ионов аммония являются сбросы сточных вод (промышленных, сельскохозяйственных и хозяйственно-бытовых).

Концентрация ионов аммония в течение года не постоянна. Весной и в начале лета она обычно минимальна. Их повышение наблюдается в конце лета – начале осени, когда становятся более интенсивными процессы разложения водных организмов. В осенне-зимний период повышено содержание ионов аммония связано с продолжающейся минерализацией органических веществ в условиях слабого потребления фитопланктоном и уменьшения скорости биохимического окисления из-за низких температур.

Согласно РД 52.24.383-2018 [8] увеличение концентрации аммонийного азота в весенне-летний период является индикатором загрязнения.

Азотные соединения являются важным компонентом природных вод, так как они способствуют росту и развитию водной растительности. Однако их избыток приводит к ухудшению качества воды, к ее эвтрофикации.

Источником нитритов и нитратов в природной воде являются процессы разложения, протекающие в воде, поступлений соединений с атмосферными осадками, а также поступление азотфиксирующих бактерий из воздуха. В то же время уменьшение концентраций азота связано с потреблением их растениями. Согласно РД 52.24.380-2017, РД 52.24.381-2017 [5, 6] азотные соединения в воде являются конечным продуктом минерализации органических азотсодержащих веществ.

Обычно количество нитратов больше, чем количество нитритов и аммонийного азота. Минимальная концентрация нитратов фиксируется в летний период, так идет их потребление водными растениями.

В естественных условиях концентрации нитритов незначительны, так как они относятся к неустойчивым компонентам. Если фиксируется повышенное их содержание, это указывает на повышение интенсивности процессов разложения органических остатков при дефиците кислорода. Максимум фиксируется в конце лета – начале осени, когда активно протекают процессы отмирания и увеличивается интенсивность процесса восстановления нитратов бактериями-денитрификаторами [6].

Результаты оценки однородности приведены в таблице 4.1, таблице 4.2, таблице 4.3.

По рядам наблюдений за аммонийного азота ( $\text{NH}_4$ ), получены следующие результаты. Все ряды оказались однородными по среднему значению на 5%-ом и 10%-ом уровнях значимости по обоим критериям (Стьюдента и Колмогорова-Смирнова). По дисперсии на 5%-ом уровне значимости однородны 71% рядов.

В таблице 4.2 приведены результаты оценки однородности по рядам нитритного азота ( $\text{N-NO}_2$ ). По нитритному азоту ( $\text{N-NO}_2$ ) практически все ряды однородны по среднему, исключения составляют Ивановское вдхр. (д. Безбородово) и Угличское вдхр. (г. Калязин). По дисперсии неоднородность выявлена только по рядам наблюдений на реках Тверца, Тьмака, Кашинка, Остреча.

В таблице 4.3 приведены результаты оценки однородности по рядам нитратного азота ( $\text{N-NO}_3$ ). Практически все ряды однородны по среднему, исключения составляют Ивановское вдхр., реки Кашинка и Цна. По дисперсии неоднородность выявлена только по рядам наблюдений на Ивановском вдхр и р. Вазуза.

В приложении А представлены графики, отражающие хронологический ход концентраций аммонийного, нитритного и нитратного азота (рисунки А.2, А.3 и А.4).

Таблица 4.1 – Результаты оценки однородности по NH<sub>4</sub>

№ пункта наблюдений	Наименование водного объекта и пункта наблюдений	Период наблюдений	Статистические характеристики						Оценка однородности				
			2008-2015			2016-2022			по среднему				по дисперсии
			Ср.	δ	Cv	Ср.	δ	Cv	Стьюдента		Колмогорова-Смирнова		Фишера
									5%	10%	5%	10%	
42100	р. Волга, г. Ржев (фон. створ)	2008-2022	0.156	0.040	0.26	0.127	0.040	0.31	+	+	+	+	+
	р. Волга, г. Ржев (контр. створ)		0.090	0.037	0.41	0.102	0.034	0.33	+	+	+	+	+
42301	Иваньковское вдхр., г. Тверь (фон. створ)		0.098	0.028	0.28	0.077	0.035	0.46	+	+	+	+	+
	Иваньковское вдхр., г. Тверь (контр. створ)		0.150	0.050	0.33	0.102	0.051	0.50	+	+	+	+	+
42302	Иваньковское вдхр., д. Безбородово пов		0.156	0.040	0.26	0.127	0.040	0.31	+	+	+	+	+
42303	Иваньковское вдхр., г. Конаково		0.157	0.510	0.33	0.110	0.050	0.46	+	+	+	+	+

Продолжение таблицы 4.1

№ пункта наблюдений	Наименование водного объекта и пункта наблюдений	Период наблюдений	Статистические характеристики						Оценка однородности					
			2008-2015			2016-2022			по среднему				по дисперсии	
			Ср.	$\delta$	Cv	Ср.	$\delta$	Cv	Стьюдента		Колмогорова-Смирнова		Фишера	
									5%	10%	5%	10%	5%	
42305	Угличское вдхр., г. Кимры		0.157	0.059	0.37	0.149	0.061	0.41	+	+	+	+	+	
42101	р. Вазуза, д. Дугино		0.122	0.059	0.48	0.174	0.122	0.70	+	+	+	+	-	
42104	р. Тьмака, г. Тверь		0.158	0.037	0.24	0.146	0.054	0.37	+	+	+	+	+	
42105	р. Тверца, г. Тверь		0.128	0.040	0.31	0.105	0.038	0.36	+	+	+	+	+	
42116	р. Молога, п. Максатиха (фон. створ)		0.124	0.042	0.34	0.125	0.041	0.32	+	+	+	+	+	
	р. Молога, п. Максатиха (контр. створ)		0.100	0.033	0.33	0.134	0.064	0.48	+	+	+	+	-	
42112	р. Кашинка, г. Кашин		0.137	0.044	0.32	0.142	0.056	0.39	+	+	+	+	+	
42318	оз. Селигер, г. Осташков		0.080	0.030	0.37	0.071	0.028	0.40	+	+	+	+	+	
42306	Угличское вдхр., г. Калязин		2009-2022	0.124	0.038	0.31	0.193	0.156	0.81	+	+	+	+	-
42103	р. Тьма, д. Новинки			0.098	0.040	0.41	0.123	0.059	0.48	+	+	+	+	+

Продолжение таблицы 4.1

№ пункта наблюдений	Наименование водного объекта и пункта наблюдений	Период наблюдений	Статистические характеристики						Оценка однородности				
			2008-2015			2016-2022			по среднему				по дисперсии
			Ср.	$\delta$	Cv	Ср.	$\delta$	Cv	Стьюдента		Колмогорова-Смирнова		Фишера
									5%	10%	5%	10%	5%
42117	р. Остречина, г.Бежецк		0.665	0.615	0.92	0.369	0.225	0.61	+	+	+	+	-
42111	р. Медведица, д.Семеновское	2011-2022	0.102	0.037	0.37	0.128	0.057	0.44	+	+	+	+	+
42106	р. Шоша, с. Микулино		0.096	0.034	0.35	0.150	0.075	0.50	+	+	+	+	-
42300	оз.Стерж,с.Коквино		0.100	0.048	0.48	0.064	0.034	0.53	+	+	+	+	+
42001	р.Цна,г.ВышнийВолочек	2012-2022	0.202	0.12	0.61	0.16	0.041	0.3	+	+	+	+	-
									100%	100%	100%	100%	71%

Таблица 4.2 – Результаты оценки однородности по NO<sub>3</sub>

№ пункта наблюдений	Наименование водного объекта и пункта наблюдений	Период наблюдений	Статистические характеристики						Оценка однородности				
			2008-2015			2016-2022			по среднему				по дисперсии
			Ср.	δ	Cv	Ср.	δ	Cv	Стьюдента		Колмогорова-Смирнова		Фишера
									5%	10%	5%	10%	
42100	р. Волга, г. Ржев (фон. створ)	2008-2022	0.246	0.127	0.52	0.256	0.124	0.49	+	+	+	+	+
	р. Волга, г. Ржев (контр. створ)		0.380	0.140	0.37	0.420	0.110	0.26	+	+	+	+	+
42301	Иваньковское вдхр., г. Тверь (фон. створ)		0.335	0.101	0.3	0.399	0.068	0.17	+	+	+	+	+
	Иваньковское вдхр., г. Тверь (контр. створ)		0.413	0.109	0.26	0.471	0.075	0.16	+	+	+	+	+
42302	Иваньковское вдхр., д. Безбородово пов		0.283	0.052	0.18	0.310	0.100	0.32	+	+	+	+	-
42303	Иваньковское вдхр., г. Конаково		0.329	0.072	0.22	0.406	0.075	0.18	+	-	+	+	+
42305	Угличское вдхр., г. Кимры		0.434	0.123	0.28	0.517	0.097	0.19	+	+	+	+	+

Продолжение таблицы 4.2

№ пункта наблюдений	Наименование водного объекта и пункта наблюдений	Период наблюдений	Статистические характеристики						Оценка однородности				
			2008-2015			2016-2022			по среднему				по дисперсии
			Ср.	$\delta$	Cv	Ср.	$\delta$	Cv	Стьюдента		Колмогорова-Смирнова		Фишера
									5%	10%	5%	10%	5%
42101	р. Вазуза, д. Дугино		0.346	0.098	0.28	0.449	0.207	0.46	+	+	+	+	-
42104	р.Тьмака, г. Тверь		0.503	0.270	0.54	0.804	0.352	0.44	+	+	+	+	+
42105	р.Тверца, г.Тверь		0.324	0.108	0.33	0.368	0.077	0.21	+	+	+	+	+
42116	р.Молога,п.Максатиха(фон.створ)		0.312	0.138	0.44	0.311	0.137	0.44	+	+	+	+	+
	р.Молога,п.Максатиха(контр.створ)		0.249	0.073	0.29	0.260	0.078	0.30	+	+	+	+	+
42112	р.Кашинка, г.Кашин		0.393	0.142	0.36	0.543	0.111	0.20	+	-	+	+	+
42318	оз.Селигер, г.Осташков		0.145	0.076	0.52	0.173	0.068	0.39	+	+	+	+	+
42306	Угличское вдхр.,г.Калязин		2009-2022	0.396	0.156	0.39	0.413	0.211	0.51	+	+	+	+
42103	р. Тьма, д. Новинки	0.471		0.192	0.41	0.483	0.096	0.20	+	+	+	+	+

Продолжение таблицы 4.2

№ пункта наблюдений	Наименование водного объекта и пункта наблюдений	Пе- риод наблю- дений	Статистические характеристики						Оценка однородности				
			2008-2015			2016-2022			по среднему				по дисперсии
			Ср.	δ	Cv	Ср.	δ	Cv	Стьюдента		Колмогорова- Смирнова		Фишера
									5%	10%	5%	10%	5%
42117	р. Остречина, г. Бе- жецк		0.846	0.604	0.71	0.976	0.818	0.84	+	+	+	+	+
42111	р. Медведица, д. Семе- новское	2011- 2022	0.306	0.089	0.29	0.282	0.137	0.49	+	+	+	+	+
42106	р. Шоша, с. Микулино		0.428	0.171	0.40	0.472	0.226	0.48	+	+	+	+	+
42300	оз. Стерж, с. Коков- кино		0.142	0.103	0.73	0.121	0.036	0.30	+	+	+	+	-
42001	р. Цна, г. Вышний Во- лочек	2012- 2022	0.238	0.103	0.43	0.391	0.065	0.17	-	-	+	+	+
									95%	85%	100%	100%	85%

Таблица 4.3 – Результаты оценки однородности по NO<sub>2</sub>

№ пункта наблюдений	Наименование водного объекта и пункта наблюдений	Период наблюдений	Статистические характеристики						Оценка однородности				
			2008-2015			2016-2022			по среднему				по дисперсии
			Ср.	δ	Cv	Ср.	δ	Cv	Стьюдента		Колмогорова-Смирнова		Фишера
									5%	10%	5%	10%	
42100	р. Волга, г. Ржев (фон. створ)	2008-2022	0.004	0.002	0.62	0.004	0.002	0.40	+	+	+	+	+
	р. Волга, г. Ржев (контр. створ)		0.004	0.003	0.63	0.007	0.002	0.37	+	+	+	+	+
42301	Иваньковское вдхр., г. Тверь (фон. створ)		0.005	0.002	0.41	0.005	0.001	0.27	+	+	+	+	+
	Иваньковское вдхр., г. Тверь (контр. створ)		0.009	0.002	0.23	0.009	0.003	0.27	+	+	+	+	+
42302	Иваньковское вдхр., д. Безбородово пов		0.007	0.002	0.31	0.002	0.003	1.31	-	-	+	+	+
42303	Иваньковское вдхр., г. Конаково		0.006	0.002	0.27	0.008	0.002	0.28	+	+	+	+	+
42305	Угличское вдхр., г. Кимры		0.012	0.003	0.23	0.015	0.002	0.16	+	-	+	+	+

Продолжениетаблицы4.3

№ пункта наблюдений	Наименованиеводногообъекта и пункта наблюдений	Период наблюдений	Статистическиехарактеристики						Оценкаоднородности				
			2008-2015			2016-2022			по среднему				по дисперсии
			Ср.	$\delta$	Cv	Ср.	$\delta$	Cv	Стьюдента		Колмогорова-Смирнова		Фишера
									5%	10%	5%	10%	
42101	р. Вазуза, д. Дугино		0.006	0.002	0.28	0.006	0.001	0.25	+	+	+	+	+
42104	р.Тьмака, г.Тверь		0.021	0.020	0.94	0.014	0.003	0.20	+	+	+	+	-
42105	р.Тверца, г.Тверь		0.018	0.035	1.92	0.007	0.001	0.20	+	+	+	+	-
42116	р.Молога,п.Максатиха (фон. створ)		0.007	0.002	0.33	0.009	0.002	0.28	+	+	+	+	+
	р.Молога,п.Максатиха (контр. створ)		0.006	0.003	0.41	0.008	0.003	0.36	+	+	+	+	+
42112	р.Кашинка, г.Кашин		0.014	0.006	0.41	0.014	0.003	0.19	+	+	+	+	-
42318	оз.Селигер, г.Осташков		0.004	0.003	0.74	0.003	0.002	0.53	+	+	+	+	+
42306	Угличскоевдхр.,г. Калязин		2009-2022	0.008	0.001	0.17	0.011	0.002	0.17	-	-	+	-
42103	р. Тьма, д. Новинки	0.005		0.001	0.25	0.005	0.002	0.35	+	+	+	+	+
42117	р.Остречина,г.Бежецк	0.043		0.039	0.9	0.023	0.015	0.62	+	+	+	+	-

Продолжениетаблицы4.3

№ пункта наблюдений	Наименованиеводногообъекта и пункта наблюдений	Период наблюдений	Статистическиехарактеристики						Оценкаоднородности				
			2008-2015			2016-2022			по среднему				по дисперсии
			Ср.	$\delta$	Cv	Ср.	$\delta$	Cv	Стьюдента		Колмогорова-Смирнова		Фишера
									5%	10%	5%	10%	
42111	р.Медведица,д.Семеновское	2011-2022	0.004	0.001	0.2	0.004	0.002	0.42	+	+	+	+	-
42106	р. Шоша, с. Микулино		0.006	0.002	0.32	0.006	0.001	0.20	+	+	+	+	+
42300	оз.Стерж,с. Коковкино		0.004	0.001	0.43	0.004	0.002	0.44	+	+	+	+	+
42001	р.Цна,г.ВышнийВолочек	2012-2022	0.008	0.002	0.19	0.01	0.002	0.21	+	+	+	+	+
									90%	85%	100%	95%	76%

#### 4.2.2. Биохимическое потребление кислорода

В качестве условной меры загрязнения природных вод органическими соединениями является параметр БПК<sub>5</sub> – это количество кислорода, которое расходуется на аэробное биохимическое окисление под действием микроорганизмов разложение нестойких органических соединений, содержащихся в исследуемой воде.

Это связано с тем фактом, микроорганизмы, обитающие в воде, используют растворенный в воде кислород для биохимического окисления органических соединений.

В среднем считается, что при температуре 20°C за 5 суток окисляется 70% соединений. Определение БПК проводится в стандартных условиях: продолжительность инкубации 5 суток, температура 20±1°C, отсутствие доступа света и воздуха [9].

Результаты оценки однородности по БПК<sub>5</sub> приведены в таблице 4.4. По БПК<sub>5</sub> на 5%-ом уровне значимости однородными оказалось 52% рядов, на 10%-ом уровне – всего 33% рядов. По дисперсии однородными оказалось 57% рядов.

В приложении А представлены графики, отражающие хронологический ход концентраций БПК<sub>5</sub> (рисунки А.1).

Таблица 4.4 – Результаты оценки однородности по БПК<sub>5</sub>

№ пункта наблюдений	Наименование водного объекта и пункта наблюдений	Период наблюдений	Статистические характеристики						Оценка однородности				
			2008-2015			2016-2022			по среднему				по дисперсии
			Ср.	$\delta$	Cv	Ср.	$\delta$	Cv	Стьюдента		Колмогорова-Смирнова		Фишера
									5%	10%	5%	10%	5%
42100	р. Волга, г. Ржев (фон. створ)	2008-2022	1.16	0.123	0.11	1.50	0.269	0.18	-	-	+	+	-
	р. Волга, г. Ржев (контр. створ)		1.18	0.159	0.14	1.74	0.239	0.14	-	-	-	-	+
42301	Иваньковское вдхр., г. Тверь (фон. створ)		7.44	0.182	0.13	1.70	0.335	0.20	+	+	+	+	+
	Иваньковское вдхр., г. Тверь (контр. створ)		1.53	0.171	0.11	2.13	0.396	0.19	-	-	+	-	-
42302	Иваньковское вдхр., д. Безбородово пов		2.49	0.474	0.19	2.99	0.404	0.14	+	-	+	+	+
42303	Иваньковское вдхр., г. Конаково		1.84	0.171	0.09	2.24	0.441	0.20	+	-	+	+	-
42305	Угличское вдхр., г. Кимры		1.66	0.241	0.15	2.00	0.265	0.13	-	-	+	+	+

Продолжение таблицы 4.4

№ пункта наблюдений	Наименование водного объекта и пункта наблюдений	Период наблюдений	Статистические характеристики						Оценка однородности				
			2008-2015			2016-2022			по среднему				по дисперсии
			Ср.	$\delta$	Cv	Ср.	$\delta$	Cv	Стьюдента		Колмогорова- Смирнова		Фишера
									5%	10%	5%	10%	5%
42101	р. Вазуза, д. Дугино		1.17	0.130	0.11	1.62	0.455	0.28	-	-	+	+	-
42104	р.Тьмака, г. Тверь		1.55	0.173	0.11	1.90	0.394	0.21	+	-	+	+	-
42105	р.Тверца, г.Тверь		1.40	0.117	0.08	1.65	0.361	0.22	+	+	+	+	-
42116	р.Молога,п.Максатиха(фон.створ)		1.45	0.240	0.17	1.89	0.293	0.16	-	-	+	+	+
	р.Молога,п.Максатиха(контр.створ)		1.45	0.240	0.17	1.89	0.293	0.16	-	-	+	+	+
42112	р.Кашинка, г.Кашин		1.66	0.334	0.2	2.05	0.466	0.23	+	+	+	+	+
42318	оз.Селигер, г.Осташков		1.42	0.327	0.23	1.70	0.324	0.19	+	+	+	+	+
42306	Угличское вдхр.,г.Калязин	2009-2022	1.64	0.215	0.13	2.09	0.417	0.20	-	-	+	+	-
42103	р. Тьма, д. Новинки		1.18	0.224	0.19	1.44	0.374	0.26	+	+	+	+	+

Продолжение таблицы 4.4

№ пункта наблюдений	Наименование водного объекта и пункта наблюдений	Период наблюдений	Статистические характеристики						Оценка однородности				
			2008-2015			2016-2022			по среднему				по дисперсии
			Ср.	$\delta$	Cv	Ср.	$\delta$	Cv	Стьюдента		Колмогорова-Смирнова		Фишера
									5%	10%	5%	10%	5%
42117	р. Остречина, г. Бежецк		3.19	1.570	0.49	5.82	5.800	1.00	+	+	+	+	-
42111	р. Медведица, д. Семёновское	2011-2022	1.14	0.116	0.1	1.70	0.207	0.12	-	-	-	-	+
42106	р. Шоша, с. Микулино		1.07	0.210	0.20	1.57	0.271	0.17	-	-	-	-	+
42300	оз. Стерж, с. Коковкино		1.82	0.399	0.22	2.01	0.308	0.15	+	+	+	+	+
42001	р. Цна, г. Вышний Волочек	2012-2022	1.68	0.203	0.12	2.22	0.558	0.25	+	-	+	+	-
									52%	33%	86%	81%	57%

### 4.2.3. Фосформинеральный

Соединения фосфора, относящиеся к биогенным элементам, во многом определяют рост и развитие водной растительности. Однако в избыточном количестве они приводят к ухудшению качества воды. Источником поступления фосфора являются процессы жизнедеятельности водных организмов; растворение пород, содержащих фосфор; поступление со склоновым стоком с поверхности водосборов; поступление со сточными водами (бытовыми и промышленными).

К загрязнению природных вод фосфором приводит применение фосфорных удобрений, полифосфатов, содержащихся в моющих средствах и др. Неорганические соединения фосфора в природных водах представлены в виде ортофосфатов и полифосфатов, причем преобладающей формой обычно являются ортофосфаты – соли ортофосфорной кислоты [7].

Результаты оценки приведены в таблице 4.5. В среднем укажались однородными около половины рядов. Неоднородность выявлена на Ивановском и Угличском водохранилищах, реках Вазуза, Тверца, Молога, Тьма. По дисперсии нарушения однородности практически не наблюдается. В приложении А представлены графики, отражающие хронологический ход концентраций минерального фосфора (рисунки А.5).

Таблица 4.5 – Результаты оценки однородности по Р

№ пункта наблюдений	Наименование водного объекта и пункта наблюдений	Период наблюдений	Статистические характеристики						Оценка однородности				
			2008-2015			2016-2022			по среднему				по дисперсии
			Ср.	$\delta$	Cv	Ср.	$\delta$	Cv	Стьюдента		Колмогорова-Смирнова		Фишера
									5%	10%	5%	10%	5%
42100	р. Волга, г. Ржев (фон. створ)	2008-2022	0.014	0.006	0.4	0.010	0.005	0.50	+	+	+	+	+
	р. Волга, г. Ржев (контр. створ)		0.016	0.005	0.3	0.016	0.009	0.54	+	+	+	+	+
42301	Иваньковское вдхр., г. Тверь (фон. створ)		0.022	0.007	0.31	0.013	0.007	0.52	-	-	+	+	+
	Иваньковское вдхр., г. Тверь (контр. створ)		0.051	0.008	0.16	0.034	0.012	0.35	-	-	+	+	+
42302	Иваньковское вдхр., д. Безбородово пов		0.051	0.008	0.16	0.034	0.012	0.35	-	-	+	+	+
42303	Иваньковское вдхр., г. Ко-наково		0.031	0.006	0.19	0.023	0.008	0.35	+	-	+	+	+
42305	Угличское вдхр., г. Кимры		0.050	0.010	0.19	0.034	0.090	0.26	-	-	-	-	+
42101	р. Вазуза, д. Дугино		0.025	0.007	0.27	0.017	0.006	0.36	-	-	+	+	+

Продолжение таблицы 4.5

№ пункта наблюдений	Наименование водного объекта и пункта наблюдений	Период наблюдений	Статистические характеристики						Оценка однородности				
			2008-2015			2016-2022			по среднему				по дисперсии
			Ср.	$\delta$	Cv	Ср.	$\delta$	Cv	Стьюдента		Колмогорова-Смирнова		Фишера
									5%	10%	5%	10%	5%
42104	р.Тьмака, г. Тверь		0.065	0.014	0.21	0.045	0.021	0.46	+	-	+	+	+
42105	р.Тверца, г. Тверь		0.028	0.005	0.19	0.020	0.007	0.34	-	-	+	+	+
42116	р.Молога,п.Максатиха (фон. створ)		0.075	0.026	0.35	0.033	0.008	0.23	-	-	-	-	-
	р.Молога,п.Максатиха (контр. створ)		0.049	0.021	0.42	0.027	0.005	0.19	-	-	+	+	-
42112	р.Кашинка, г.Кашин		0.055	0.017	0.31	0.052	0.027	0.51	+	+	+	+	+
42318	оз.Селигер, г.Осташков		0.010	0.003	0.28	0.007	0.004	0.48	+	+	+	+	+
42306	Угличское вдхр.,г. Калязин	2009-2022	0.038	0.008	0.2	0.030	0.008	0.27	+	+	+	+	+
42103	р. Тьма, д. Новинки		0.019	0.006	0.32	0.011	0.003	0.27	-	-	+	+	-
42117	р.Остречина,г.Бежецк		0.479	0.342	0.71	0.165	0.164	1.00	+	-	+	+	-
42111	р.Медведица,д.Семеновское	2011-2022	0.028	0.017	0.6	0.015	0.004	0.24	+	+	+	+	-

Продолжение таблицы 4.5

№ пункта наблюдений	Наименование водного объекта и пункта наблюдений	Период наблюдений	Статистические характеристики						Оценка однородности				
			2008-2015			2016-2022			по среднему				по дисперсии
			Ср.	$\delta$	Cv	Ср.	$\delta$	Cv	Стьюдента		Колмогорова-Смирнова		Фишера
									5%	10%	5%	10%	
42106	р. Шоша, с. Микулино		0.039	0.015	0.38	0.028	0.008	0.29	+	+	+	+	+
42300	оз. Стерж, с. Коковкино		0.008	0.002	0.27	0.008	0.004	0.51	+	+	+	+	+
42001	р.Цна,г.ВышнийВолочек	2012-2022	0.039	0.015	0.38	0.028	0.008	0.29	+	+	+	+	+
									57	43	90	90	76

#### 4.2.4. Нефтепродукты

Нефтепродукты относятся к опасным веществам, вызывающим тяжёлые экологические последствия при загрязнении водных объектов.

Нефтепродукты поступают в природные воды со сточными водами от предприятий нефтеперерабатывающей, нефтедобывающей, химической, металлургической и других отраслей промышленности.

Под нефтепродуктами считают смесь углеводородов, состоящую в основном из нефтепродуктов (70%–90%), смол (1%–5%) и асфальтенов (от 0% до 8%).

Количество нефтепродуктов в природной воде может достигать 2 мг/дм<sup>3</sup>, а в загрязнённых водах и более.

Поскольку нефтепродукты токсичны к их содержанию в воде применимы жесткие требования.

Оценка однородности рядов наблюдений за нефтепродуктами представлена в таблице 4.6. На 5%-ом уровне значимости однородными оказалось 52% рядов, на 10%-ом уровне – всего 33% рядов. Однородными оказались ряды наблюдений на Угличском водохранилище, реках Вазуза, Тьмака, Тверца, Шоша на озере Стерж. По дисперсии по критерию Фишера однородно более 70% рядов.

В приложении А представлены графики, отражающие хронологический ход концентраций нефтепродуктов (рисунки А.6).

Таблица 4.6 – Результаты оценки однородности по НП

№ пункта наблюдений	Наименование водного объекта и пункта наблюдений	Период наблюдений	Статистические характеристики						Оценка однородности				
			2008-2015			2016-2022			по среднему				по дисперсии
			Ср.	$\delta$	Cv	Ср.	$\delta$	Cv	Стьюдента		Колмогорова-Смирнова		Фишера
									5%	10%	5%	10%	5%
42100	р. Волга, г. Ржев (фон. створ)	2008-2022	0.014	0.006	0.4	0.010	0.005	0.50	+	+	+	+	+
	р. Волга, г. Ржев (контр. створ)		0.034	0.019	0.55	0.018	0.009	0.53	+	-	-	-	-
42301	Иваньковское вдхр., г. Тверь (фон. створ)		0.024	0.005	0.2	0.014	0.007	0.48	-	-	-	-	+
	Иваньковское вдхр., г. Тверь (контр. створ)		0.027	0.007	0.24	0.017	0.009	0.56	-	-	-	-	+
42302	Иваньковское вдхр., д. Безбородово пов		0.026	0.007	0.27	0.015	0.010	0.68	-	-	-	-	+
42303	Иваньковское вдхр., г. Конаково		0.024	0.005	0.2	0.014	0.007	0.48	-	-	-	-	+
42305	Угличское вдхр., г. Кимры		0.025	0.007	0.28	0.016	0.010	0.59	+	-	-	-	+

Продолжение таблицы 4.6

№ пункта наблюдений	Наименование водного объекта и пункта наблюдений	Период наблюдений	Статистические характеристики						Оценка однородности				
			2008-2015			2016-2022			по среднему				по дисперсии
			Ср.	$\delta$	Cv	Ср.	$\delta$	Cv	Стьюдента		Колмогорова-Смирнова		Фишера
									5%	10%	5%	10%	5%
42101	р. Вазуза, д. Дугино		0.021	0.003	0.16	0.018	0.008	0.47	+	+	+	+	-
42104	р. Тьмака, г. Тверь		0.043	0.010	0.23	0.042	0.021	0.48	+	+	+	+	-
42105	р. Тверца, г. Тверь		0.027	0.008	0.3	0.022	0.008	0.39	+	+	+	+	+
42116	р. Молога, п. Максатиха (фон. створ)		0.027	0.006	0.21	0.019	0.009	0.48	-	-	+	+	+
	р. Молога, п. Максатиха (контр. створ)		0.029	0.008	0.27	0.018	0.009	0.53	-	-	-	-	+
42112	р. Кашинка, г. Кашин		0.027	0.007	0.24	0.017	0.009	0.55	-	-	-	-	+
42318	оз. Селигер, г. Осташков		0.032	0.019	0.57	0.016	0.007	0.42	+	-	-	-	-
42306	Угличское вдхр., г. Калязин	2009-2022	0.024	0.007	0.3	0.016	0.010	0.64	+	+	+	-	+
42103	р. Тьма, д. Новинки		0.019	0.006	0.32	0.011	0.003	0.27	-	-	+	+	-
42117	р. Остречина, г. Бежецк		0.046	0.007	0.16	0.023	0.011	0.49	-	-	+	-	+

Продолжение таблицы 4.6

№ пункта наблюдений	Наименование водного объекта и пункта наблюдений	Период наблюдений	Статистические характеристики						Оценка однородности				
			2008-2015			2016-2022			по среднему				по дисперсии
			Ср.	$\delta$	Cv	Ср.	$\delta$	Cv	Стьюдента		Колмогорова-Смирнова		Фишера
									5%	10%	5%	10%	
42111	р. Медведица, д. Семёновское	2011-2022	0.025	0.005	0.2	0.015	0.007	0.47	-	-	+	+	+
42106	р. Шоша, с. Микулино		0.018	0.011	0.58	0.012	0.006	0.49	+	+	+	+	+
42300	оз. Стерж, с. Коковкино		0.018	0.011	0.58	0.012	0.006	0.49	+	+	+	+	+
42001	р. Цна, г. Вышний Волочек	2012-2022	0.036	0.017	0.47	0.018	0.007	0.38	+	-	+	+	-
									52%	33%	57%	47%	71%

#### 4.2.5 Тяжелые металлы

Процессы химического выветривания горных пород и почвы, которые сопровождаются их растворением, являются основным природным источником поступления металлов в воды. Сточные воды, а также выбросы в атмосферу являются антропогенным источником.

Химическая природа и физико-механические факторы, такие как водородный показатель, соленость, температура, растворенный кислород и другие, определяют форму нахождения металлов в водной среде, и, как следствие, токсичность соединений тяжелых металлов.

Растворенные формы являются наиболее токсичными и опасными для гидробионтов. К ним относятся гидратированные ионы металлов, а также некоторые водорастворимые неорганические и органические соединения.

Концентрации различных форм металлов в течение года изменяются от единиц до сотен и нескольких тысяч микрограммов в кубическом дециметре.

В таблице 4.7 приведены результаты оценки однородности рядов марганца, в таблице 4.8 – рядов меди.

Для рядов наблюдений за концентрациями марганца проверка на однородность показала, что большинство рядов однородны по среднему, за исключением рек Молога, Кашинка, Тверца и озера Селигер. В тоже время на 2/3 постов наблюдается неоднородность по дисперсии.

Для рядов наблюдений за концентрациями меди проверка на однородность показала, что по среднему значению все ряды оказались однородными на обоих уровнях значимости. По дисперсии однородны 28% рядов.

В таблице 4.9 приведены результаты оценки однородности рядов цинка. Ряды наблюдений на всех постах неоднородны по среднему и по дисперсии.

Таблица 4.7 – Результаты оценки однородности по Мп

№ пункта наблюдений	Наименование водного объекта и пункта наблюдений	Период наблюдений	Статистические характеристики						Оценка однородности				
			2008-2015			2016-2022			по среднему				по дисперсии
			Ср.	$\delta$	Cv	Ср.	$\delta$	Cv	Стьюдента		Колмогорова-Смирнова		Фишера
									5%	10%	5%	10%	
42100	р. Волга, г. Ржев (фон. створ)	2008-2022	58.0	4.51	0.08	55.3	30.4	0.55	+	+	+	+	-
	р. Волга, г. Ржев (контр. створ)		62.8	6.69	0.11	60.2	26.9	0.45	+	+	+	+	-
42301	Иваньковское вдхр., г. Тверь (фон. створ)		57.7	8.96	0.16	46.9	31.6	0.67	+	+	+	+	-
	Иваньковское вдхр., г. Тверь (контр. створ)		64.8	6.77	0.1	57.8	31.6	0.55	+	+	+	+	-
42302	Иваньковское вдхр., д. Безбородово пов		65.3	7.33	0.11	83.2	40.4	0.49	+	+	+	+	-
42303	Иваньковское вдхр., г. Конаково		66.9	15.90	0.24	67.8	34.0	0.50	+	+	+	+	-
42305	Угличское вдхр., г. Кимры		65.6	14.90	0.23	79.3	33.4	0.42	+	+	+	+	-

Продолжение таблицы 4.7

№ пункта наблюдений	Наименование водного объекта и пункта наблюдений	Период наблюдений	Статистические характеристики						Оценка однородности				
			2008-2015			2016-2022			по среднему				по дисперсии
			Ср.	$\delta$	Cv	Ср.	$\delta$	Cv	Стьюдента		Колмогорова-Смирнова		Фишера
									5%	10%	5%	10%	5%
42101	р. Вазуза, д. Дугино		73.2	16.40	0.22	75.7	25.0	0.33	+	+	+	+	+
42104	р.Тьмака, г. Тверь		87.3	17.20	0.2	153.0	82.5	0.54	+	-	+	+	-
42105	р.Тверца, г. Тверь		95.3	20.40	0.21	63.0	35.7	0.57	+	-	+	+	+
42116	р.Молога,п.Максатиха (фон. створ)		66.0	18.30	0.28	129.0	62.2	0.48	-	-	+	+	-
	р.Молога,п.Максатиха (контр. створ)		76.5	22.50	0.29	117.0	58.3	0.50	+	+	+	+	-
42112	р.Кашинка, г. Кашин		96.1	29.20	0.3	56.2	24.0	0.43	-	-	+	+	+
42318	оз.Селигер, г.Осташков		50.5	4.90	0.1	23.8	20.1	0.85	-	-	+	-	-
42306	Угличское вдхр.,г. Калязин	2009-2022	62.1	7.58	0.12	76.5	30.7	0.40	+	+	+	+	-
42103	р. Тьма, д. Новинки		80.0	17.50	0.22	69.0	28.6	0.41	+	+	+	+	+
42117	р.Остречина,г.Бежецк		72.1	13.20	0.18	125.0	102.0	0.82	+	+	+	+	-

Продолжение таблицы 4.7

№ пункта наблюдений	Наименование водного объекта и пункта наблюдений	Период наблюдений	Статистические характеристики						Оценка однородности				
			2008-2015			2016-2022			по среднему				по дисперсии
			Ср.	$\delta$	Cv	Ср.	$\delta$	Cv	Стьюдента		Колмогорова-Смирнова		Фишера
									5%	10%	5%	10%	5%
42111	р. Медведица, д. Семеновское	2011-2022	71.0	23.90	0.34	72.3	45.7	0.63	+	+	+	+	+
42106	р. Шоша, с. Микулино		78.6	8.32	0.11	77.1	24.8	0.32	+	+	+	+	-
42300	оз. Стерж, с. Коковкино		47.1	20.30	0.43	46.8	39.2	0.84	+	+	+	+	+
42001	р. Цна, г. Вышний Волочек	2012-2022	72.3	8.75	0.12	114.0	42.3	0.37	+	-	+	+	-
									86%	71%	100%	95%	29%

Таблица 4.8 – Результаты оценки однородности по Cu

№ пункта наблюдений	Наименование водного объекта и пункта наблюдений	Период наблюдений	Статистические характеристики						Оценка однородности				
			2008-2015			2016-2022			по среднему				по дисперсии
			Ср.	$\delta$	Cv	Ср.	$\delta$	Cv	Стьюдента		Колмогорова-Смирнова		Фишера
									5%	10%	5%	10%	
42100	р. Волга, г. Ржев (фон. створ)	2008-2022	2.90	0.444	0.15	3.79	2.87	0.76	+	+	+	+	-
	р. Волга, г. Ржев (контр. створ)		3.42	0.800	0.23	4.64	3.53	0.76	+	+	+	+	-
42301	Иваньковское вдхр., г. Тверь (фон. створ)		2.67	0.552	0.21	3.75	2.46	0.66	+	+	+	+	-
	Иваньковское вдхр., г. Тверь (контр. створ)		3.17	0.565	0.18	4.82	3.27	0.68	+	+	+	+	-
42302	Иваньковское вдхр., д. Безбородово пов		2.93	0.691	0.24	3.17	1.56	0.49	+	+	+	+	-
42303	Иваньковское вдхр., г. Ко-наково		2.93	0.691	0.24	3.17	1.56	0.49	+	+	+	+	-

Продолжение таблицы 4.8

№ пункта наблюдений	Наименование водного объекта и пункта наблюдений	Период наблюдений	Статистические характеристики						Оценка однородности				
			2008-2015			2016-2022			по среднему				по дисперсии
			Ср.	δ	Cv	Ср.	δ	Cv	Стьюдента		Колмогорова-Смирнова		Фишера
									5%	10%	5%	10%	
42305	Угличское вдхр., г. Кимры		3.11	0.910	0.29	4.06	2.36	0.58	+	+	+	+	-
42101	р. Вазуза, д. Дугино		3.58	1.130	0.32	4.64	4.70	1.01	+	+	+	+	-
42104	р. Тьмака, г. Тверь		4.34	1.420	0.33	4.34	4.01	0.92	+	+	+	+	-
42105	р. Тверца, г. Тверь		4.36	0.976	0.22	3.89	3.22	0.83	+	+	+	-	-
42116	р. Молога, п. Максатиха (фон. створ)		2.83	0.599	0.21	2.90	1.05	0.36	+	+	+	+	+
	р. Молога, п. Максатиха (контр. створ)		3.36	0.815	0.24	2.79	1.37	0.49	+	+	+	+	+
42112	р. Кашинка, г. Кашин		4.15	0.896	0.22	3.40	2.40	0.71	+	+	+	+	-
42318	оз. Селигер, г. Осташков		3.25	1.970	0.6	3.64	3.32	0.91	+	+	+	+	+
42306	Угличское вдхр., г. Калязин		2009-2022	3.11	0.698	0.22	3.18	1.07	0.34	+	+	+	+
42103	р. Тьма, д. Новинки		3.84	1.010	0.26	4.70	6.72	1.43	+	+	+	-	-

Продолжение таблицы 4.8

№ пункта наблюдений	Наименование водного объекта и пункта наблюдений	Период наблюдений	Статистические характеристики						Оценка однородности				
			2008-2015			2016-2022			по среднему				по дисперсии
			Ср.	$\delta$	Cv	Ср.	$\delta$	Cv	Стьюдента		Колмогорова-Смирнова		Фишера
									5%	10%	5%	10%	5%
42117	р. Остречина, г. Бежецк		3.67	0.905	0.25	4.21	4.45	1.06	+	+	+	+	-
42111	р. Медведица, д. Семеновское	2011-2022	4.38	1.310	0.3	4.51	4.08	0.90	+	+	+	+	-
42106	р. Шоша, с. Микулино		3.58	1.380	0.39	3.06	2.74	0.90	+	+	+	+	+
42300	оз. Стерж, с. Коковкино		2.37	0.697	0.29	3.40	1.84	0.54	+	+	+	+	-
42001	р. Цна, г. Вышний Волочек	2012-2022	4.27	2.070	0.48	3.55	2.10	0.59	+	+	+	+	+
									100%	100%	100%	90%	28%

Таблица 4.9 – Результаты оценки однородности по Zn

№ пункта наблюдений	Наименование водного объекта и пункта наблюдений	Период наблюдений	Статистические характеристики						Оценка однородности				
			2008-2015			2016-2022			по среднему				по дисперсии
			Ср.	$\delta$	Cv	Ср.	$\delta$	Cv	Стьюдента		Колмогорова-Смирнова		Фишера
									5%	10%	5%	10%	5%
42100	р. Волга, г. Ржев (фон. створ)	2008-2022	7.51	1.32	0.18	21.50	5.96	0.28	-	-	-	-	-
	р. Волга, г. Ржев (контр. створ)		8.28	1.90	0.23	23.50	6.09	0.26	-	-	-	-	-
42301	Иваньковское вдхр., г. Тверь (фон. створ)		7.19	0.96	0.13	25.50	8.49	0.33	-	-	-	-	-
	Иваньковское вдхр., г. Тверь (контр. створ)		7.78	1.74	0.22	25.90	7.10	0.27	-	-	-	-	-
42302	Иваньковское вдхр., д. Безбородово пов		7.69	1.16	0.15	24.80	6.36	0.26	-	-	-	-	-
42303	Иваньковское вдхр., г. Конаково		7.61	1.52	0.2	23.60	5.66	0.24	-	-	-	-	-
42305	Угличское вдхр., г. Кимры		7.49	1.27	0.17	25.00	6.33	0.25	-	-	-	-	-

Продолжение таблицы 4.9

№ пункта наблюдений	Наименование водного объекта и пункта наблюдений	Период наблюдений	Статистические характеристики						Оценка однородности				
			2008-2015			2016-2022			по среднему				по дисперсии
			Ср.	$\delta$	Cv	Ср.	$\delta$	Cv	Стьюдента		Колмогорова-Смирнова		Фишера
									5%	10%	5%	10%	5%
42101	р. Вазуза, д. Дугино		8.57	1.86	0.22	23.40	6.74	0.29	-	-	-	-	-
42104	р. Тьмака, г. Тверь		9.16	2.14	0.23	26.30	4.56	0.29	-	-	-	-	-
42105	р.Тверца, г. Тверь		9.72	2.17	0.22	23.60	5.82	0.25	-	-	-	-	-
42116	р.Молога,п.Максатиха (фон. створ)		7.16	1.46	0.2	23.10	6.51	0.28	-	-	-	-	-
	р.Молога,п.Максатиха (контр. створ)		7.50	2.59	0.34	25.10	8.92	0.36	-	-	-	-	-
42112	р.Кашинка, г. Кашин		9.38	1.84	0.2	26.30	7.14	0.27	-	-	-	-	-
42318	оз.Селигер, г.Осташков		6.70	1.22	0.18	23.40	10.60	0.45	-	-	-	-	-
42306	Угличское вдхр.,г. Калязин	2009-2022	7.73	1.09	0.14	23.80	6.34	0.27	-	-	-	-	-
42103	р. Тьма, д. Новинки		9.04	1.92	0.21	22.70	5.74	0.25	-	-	-	-	-
42117	р.Остречина,г.Бежецк		8.69	2.25	0.26	27.80	8.47	0.30	-	-	-	-	-

Продолжение таблицы 4.9

№ пункта наблюдений	Наименование водного объекта и пункта наблюдений	Период наблюдений	Статистические характеристики						Оценка однородности				
			2008-2015			2016-2022			по среднему				по дисперсии
			Ср.	$\delta$	Cv	Ср.	$\delta$	Cv	Стьюдента		Колмогорова-Смирнова		Фишера
									5%	10%	5%	10%	
42111	р. Медведица, д. Семеновское	2011-2022	12.20	6.21	0.51	24.50	2.66	0.11	-	-	+	-	-
42106	р. Шоша, с. Микулино		10.00	5.40	0.54	25.70	7.59	0.29	-	-	-	-	+
42300	оз. Стерж, с. Коковкино		7.85	7.43	0.18	26.60	13.20	0.50	-	-	-	-	-
42001	р. Цна, г. Вышний Волочек	2012-2022	14.60	7.01	0.48	25.40	1.73	0.07	-	-	+	+	-
									0%	0%	9%	5%	5

В таблице 4.10 приведены результаты оценки однородности рядов никеля. По никелю по среднему неоднородны практически все ряды, по дисперсии – практически все однородны.

В таблице 4.11 приведены результаты оценки однородности рядов хрома. Для рядов наблюдений проверка на однородность показала, что по дисперсии и по среднему практически все ряды неоднородны.

В таблице 4.12 приведены результаты оценки однородности рядов свинца. На 5%-ом уровне значимости однородными оказалось 52% рядов, на 10%-ом уровне – всего 38% рядов. По дисперсии однородными оказалось всего 5% рядов.

Таблица 4.10 – Результаты оценки однородности по Ni

№ пункта наблюдений	Наименование водного объекта и пункта наблюдений	Период наблюдений	Статистические характеристики						Оценка однородности				
			2008-2015			2016-2022			по среднему				по дисперсии
			Ср.	$\delta$	Cv	Ср.	$\delta$	Cv	Стьюдента		Колмогорова-Смирнова		Фишера
									5%	10%	5%	10%	5%
42100	р. Волга, г. Ржев (фон. створ)	2008-2022	5.00	0.918	0.18	2.42	1.740	0.72	-	-	-	-	-
	р. Волга, г. Ржев (контр. створ)		5.41	1.440	0.27	2.69	2.150	0.80	-	-	-	-	+
42301	Иваньковское вдхр., г. Тверь (фон. створ)		4.63	0.782	0.17	2.44	0.978	0.40	-	-	-	-	+
	Иваньковское вдхр., г. Тверь (контр. створ)		5.28	0.997	0.19	2.49	1.110	0.45	-	-	-	-	+
42302	Иваньковское вдхр., д. Безбородово пов		4.84	0.942	0.19	2.31	0.937	0.41	-	-	-	-	+
42303	Иваньковское вдхр., г. Ко-наково		4.83	0.936	0.19	2.26	0.890	0.39	-	-	-	-	+
42305	Угличское вдхр., г. Кимры		4.65	0.735	0.16	2.51	0.958	0.38	-	-	-	-	+

Продолжение таблицы 4.10

№ пункта наблюдений	Наименование водного объекта и пункта наблюдений	Период наблюдений	Статистические характеристики						Оценка однородности				
			2008-2015			2016-2022			по среднему				по дисперсии
			Ср.	$\delta$	Cv	Ср.	$\delta$	Cv	Стьюдента		Колмогорова-Смирнова		Фишера
									5%	10%	5%	10%	
42101	р. Вазуза, д. Дугино		5.61	1.270	0.23	2.40	1.510	0.63	-	-	-	-	+
42104	р. Тьмака, г. Тверь		6.43	1.270	0.2	3.04	1.620	0.53	-	-	-	-	+
42105	р. Тверца, г. Тверь		6.74	1.150	0.17	2.84	1.610	0.57	-	-	-	-	+
42116	р. Молога, п. Максатиха (фон. створ)		5.00	1.010	0.2	2.65	1.610	0.61	-	-	-	-	+
	р. Молога, п. Максатиха (контр. створ)		5.64	1.460	0.26	2.76	2.000	0.72	-	-	-	-	+
42112	р. Кашинка, г. Кашин		6.60	1.710	0.26	2.61	1.590	0.61	-	-	-	-	+
42318	оз. Селигер, г. Осташков		3.89	0.582	0.15	2.09	0.964	0.46	-	-	-	-	+
42306	Угличское вдхр., г. Калязин	2009-2022	4.66	0.842	0.18	2.34	0.994	0.43	-	-	-	-	+
42103	р. Тьма, д. Новинки		6.21	1.520	0.24	2.60	2.160	0.83	-	-	-	-	+
42117	р. Остречина, г. Бежецк		5.80	1.220	0.21	2.91	1.640	0.56	-	-	-	-	+

Продолжение таблицы 4.10

№ пункта наблюдений	Наименование водного объекта и пункта наблюдений	Период наблюдений	Статистические характеристики						Оценка однородности				
			2008-2015			2016-2022			по среднему				по дисперсии
			Ср.	$\delta$	Cv	Ср.	$\delta$	Cv	Стьюдента		Колмогорова-Смирнова		Фишера
									5%	10%	5%	10%	5%
42111	р. Медведица, д. Семеновское	2011-2022	5.70	2.090	0.37	1.76	0.565	0.32	-	-	+	-	-
42106	р. Шоша, с. Микулино		6.45	2.360	0.37	1.80	0.424	0.24	-	-	+	-	-
42300	оз. Стерж, с. Коковкино		4.87	1.120	0.23	2.41	2.040	0.85	+	-	+	-	+
42001	р. Цна, г. Вышний Волочек	2012-2022	5.30	1.950	0.37	2.08	0.682	0.33	-	-	+	+	-
									5%	0%	19%	5%	81

Таблица 4.11 – Результаты оценки однородности по Ст

№ пункта наблюдений	Наименование водного объекта и пункта наблюдений	Период наблюдений	Статистические характеристики						Оценка однородности				
			2008-2015			2016-2022			по среднему				по дисперсии
			Ср.	$\delta$	Cv	Ср.	$\delta$	Cv	Стьюдента		Колмогорова-Смирнова		Фишера
									5%	10%	5%	10%	
42100	р. Волга, г. Ржев (фон. створ)	2008-2022	1.96	0.099	0.05	1.19	0.341	0.29	-	-	-	-	-
	р. Волга, г. Ржев (контр. створ)		1.96	0.099	0.05	1.31	0.533	0.41	-	-	-	-	-
42301	Иваньковское вдхр., г. Тверь (фон. створ)		1.98	0.066	0.03	1.16	0.502	0.43	-	-	-	-	-
	Иваньковское вдхр., г. Тверь (контр. створ)		2.01	0.105	0.05	1.26	0.515	0.41	-	-	-	-	-
42302	Иваньковское вдхр., д. Безбородово пов		1.98	0.066	0.03	1.19	0.468	0.39	-	-	-	-	-
42303	Иваньковское вдхр., г. Ко-наково		1.99	0.078	0.04	1.10	0.529	0.48	-	-	-	-	-
42305	Угличское вдхр., г. Кимры		1.99	0.078	0.04	1.27	0.574	0.45	-	-	-	-	-

Продолжениетаблицы4.11

№ пункта наблюдений	Наименование водного объектаипунктанаблюдений	Период наблюдений	Статистическиехарактеристики						Оценкаоднородности				
			2008-2015			2016-2022			по среднему				по дисперсии
			Ср.	$\delta$	Cv	Ср.	$\delta$	Cv	Стьюдента		Колмогорова-Смирнова		Фишера
									5%	10%	5%	10%	
42101	р. Вазуза, д. Дугино		1.96	0.099	0.05	0.99	0.446	0.45	-	-	-	-	-
42104	р. Тьмака, г. Тверь		2.06	0.122	0.06	1.32	0.680	0.51	-	-	-	-	-
42105	р. Тверца, г. Тверь		2.13	0.171	0.08	1.33	0.561	0.42	-	-	-	-	-
42116	р.Молога,п.Максатиха (фон. створ)		1.99	0.033	0.02	1.44	0.559	0.39	-	-	+	+	-
	р.Молога,п.Максатиха (контр. створ)		1.98	0.109	0.06	1.19	0.454	0.38	-	-	-	-	-
42112	р.Кашинка, г. Кашин		2.10	0.206	0.1	1.15	0.610	0.53	-	-	-	-	-
42318	оз.Селигер, г.Осташков		1.91	0.136	0.07	1.13	0.452	0.40	-	-	-	-	-
42306	Угличскоевдхр.,г. Калязин	2009-2022	1.99	0.083	0.04	1.24	0.634	0.51	-	-	+	+	-
42103	р. Тьма, д. Новинки		1.97	0.116	0.06	1.16	0.589	0.51	-	-	+	-	-
42117	р.Остречина,г.Бежецк		2.00	0.053	0.03	1.35	0.592	0.44	-	-	-	-	-

Продолжениетаблицы4.11

№ пункта наблюдений	Наименование водного объектаипунктанаблюдений	Период наблюдений	Статистическиехарактеристики						Оценкаоднородности				
			2008-2015			2016-2022			по среднему				по дисперсии
			Ср.	$\delta$	Cv	Ср.	$\delta$	Cv	Стьюдента		Колмогорова-Смирнова		Фишера
									5%	10%	5%	10%	5%
42111	р.Медведица,д.Семеновское	2011-2022	1.97	0.047	0.02	0.99	0.559	0.57	-	-	-	-	-
42106	р. Шоша, с. Микулино		1.98	0.273	0.14	1.07	0.599	0.56	-	-	+	+	-
42300	оз. Стерж, с. Коковкино		1.90	0.224	0.12	0.94	0.440	0.47	-	-	-	-	+
42001	р.Цна,г.ВышнийВолочек	2012-2022	1.63	0.450	0.28	1.13	0.537	0.47	+	+	+	+	+
									5	5	24	14	5

Таблица 4.12 – Результаты оценки однородности по Рв

№ пункта наблюдений	Наименование водного объекта и пункта наблюдений	Период наблюдений	Статистические характеристики						Оценка однородности				
			2008-2015			2016-2022			по среднему				по дисперсии
			Ср.	δ	Cv	Ср.	δ	Cv	Стьюдента		Колмогорова-Смирнова		Фишера
									5%	10%	5%	10%	5%
42100	р. Волга, г. Ржев (фон. створ)	2008-2022	1.98	0.109	0.06	2.60	0.943	0.36	+	+	+	+	-
	р. Волга, г. Ржев (контр. створ)		1.98	0.109	0.06	2.71	0.966	0.36	+	-	+	+	-
42301	Иваньковское вдхр., г. Тверь (фон. створ)		1.98	0.066	0.03	2.75	0.781	0.28	-	-	+	-	-
	Иваньковское вдхр., г. Тверь (контр. створ)		1.98	0.066	0.03	3.01	0.851	0.28	-	-	+	-	-
42302	Иваньковское вдхр., д. Безбородово пов		1.99	0.078	0.04	3.16	1.210	0.38	-	-	+	-	-
42303	Иваньковское вдхр., г. Ко-наково		1.99	0.078	0.04	1.10	0.529	0.48	-	-	-	-	-

Продолжениетаблицы4.12

№ пункта наблюдений	Наименование водного объектаипунктанаблюдений	Период наблюдений	Статистическиехарактеристики						Оценкаоднородности				
			2008-2015			2016-2022			по среднему				по дисперсии
			Ср.	$\delta$	Cv	Ср.	$\delta$	Cv	Стьюдента		Колмогорова-Смирнова		Фишера
									5%	10%	5%	10%	5%
42305	Угличское вдхр., г.Кимры		1.98	0.066	0.03	2.95	0.844	0.29	-	-	+	-	-
42101	р. Вазуза, д. Дугино		1.96	0.099	0.05	2.60	0.939	0.36	+	+	+	+	-
42104	р.Тьмака, г. Тверь		2.03	0.171	0.08	2.74	0.929	0.34	+	-	+	+	-
42105	р.Тверца, г. Тверь		2.05	0.122	0.06	2.84	0.820	0.29	-	-	+	+	-
42116	р.Молога,п.Максатиха (фон. створ)		1.96	0.099	0.05	2.68	0.533	0.20	-	-	-	-	-
	р.Молога,п.Максатиха (контр. створ)		1.96	0.099	0.05	2.88	0.928	0.32	-	-	+	-	-
42112	р.Кашинка, г.Кашин		0.05	0.122	0.06	2.84	1.020	0.36	+	-	+	+	-
42318	оз.Селигер, г.Осташков		1.96	0.070	0.04	2.33	0.864	0.37	+	+	+	+	-

Продолжениетаблицы4.12

№ пункта наблюдений	Наименование водного объектаипунктанаблюдений	Период наблюдений	Статистическиехарактеристики						Оценкаоднородности				
			2008-2015			2016-2022			по среднему				по дисперсии
			Ср.	$\delta$	Cv	Ср.	$\delta$	Cv	Стьюдента		Колмогорова-Смирнова		Фишера
									5%	10%	5%	10%	
42306	Угличскоевдхр.,г. Калязин	2009-2022	1.97	0.070	0.04	2.97	0.884	0.30	-	-	+	-	-
42103	р. Тьма, д. Новинки		1.96	0.105	0.05	2.54	0.847	0.33	+	+	+	+	-
42117	р.Остречина,г.Бежецк		1.96	0.105	0.05	2.70	0.702	0.26	-	-	+	-	-
42111	р.Медведица,д. Семёновское	2011-2022	1.92	0.121	0.06	2.63	0.900	0.34	+	+	+	+	-
42106	р. Шоша, с. Микулино		1.95	0.126	0.06	2.97	1.290	0.43	+	+	+	+	-
42300	оз. Стерж, с. Коковкино		1.93	0.149	0.08	2.59	0.973	0.38	+	+	+	+	-
42001	р.Цна,г.ВышнийВолочек	2012-2022	2.17	0.562	0.26	2.58	0.699	0.27	+	+	+	+	+
									52%	38%	90%	57%	5%

## 5 Оценка трендов

Для оценки временной динамики все ряды были проверены на наличие трендов. Результаты оценки трендов представлены в Приложении Б. На графиках (Приложение А) представлены значения коэффициентов детерминации и линии тренда. Для проверки значимости трендов были рассчитаны коэффициенты детерминации, коэффициенты корреляции, а также среднеквадратическая ошибка его определения

$$\sigma_R = \sqrt{\frac{(1-R^2)}{n-2}} \quad (5.1)$$

где  $n$  – продолжительность ряда наблюдений;

$R^2$  – значение коэффициента детерминации.

На следующем этапе рассчитывались значения статистики Стюдента. Тренд считался незначимым если выполнялось условие  $|R| < t_{2\alpha} \cdot \sigma_R$ , где  $t_{2\alpha}$  – статистика Стюдента при уровне значимости  $2\alpha$  (5%),  $R$  – коэффициент корреляции,  $\sigma_R$  – стандартная ошибка коэффициента корреляции.

Результаты анализа наличия трендов представлены в Приложении Б. В таблице 5 представлены сводные результаты оценки.

Анализ результатов оценки трендов позволил сделать следующие выводы. По параметру БПК<sub>5</sub> практически во всех рядах выявлены значимые тренды на увеличение, за исключением значений на Иваньковском вдхр (42302), нар. Тьма (42103), реке Кашинка (42112), р. Остречина (42117), р. Цна (42001), озере Селигер (4231) и озере Стерж (42300).

В рядах наблюдений за соединениями азота трендов практически не наблюдается. Лишь в 14% рядов выявлены статистически значимые тренды на повышение концентраций (Иваньковское и Угличское водохранилища – по  $\text{NNO}_2$ ; Иваньковское вдхр., реки Цна и Тьмака)

Таблица 5.1 – Сводные результаты оценки наличия трендов

Показатель	Наличие тренда	Направление тренда
NH <sub>4</sub>	0%	-
NO <sub>3</sub>	14%	повышение
NO <sub>2</sub>	14%	повышение
БПК <sub>5</sub>	67%	повышение
P	71%	понижение
НП	71%	понижение
Mn	23%	понижение
Cu	5%	повышение
Zn	100%	повышение
Ni	95%	понижение
Cr	90%	понижение
Pb	24%	повышение

В рядах наблюдений за минеральным фосфором в большинстве водных объектов (71%) наблюдается понижение концентраций минерального фосфора. Аналогичная картина наблюдается и по нефтепродуктам.

По марганцу тренды на понижение выявлены в 23% рядов.

По меди большинство рядов не имеют значимых трендов. Исключение составляет Иваньковское водохранилище, где зафиксировано повышение.

По цинку на всех водных объектах выявлено повышение концентрации цинка.

По никелю и хромупрактически на всех водных объектах выявлено статистически значимое снижение концентраций

По свинцу почти в четверти исследованных рядов наблюдается повышение концентраций (Угличское и Иваньковское вдхр.).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы были

- собраны исходные материалы наблюдений за загрязненностью воды;
- проведен анализ многолетних рядов наблюдений на однородность и стационарность;
- проведен анализ трендов в многолетних рядах наблюдений за загрязненностью воды;
- выполнен анализ результатов и оценка уровня динамики загрязненности водных объектов.

Полученные результаты позволили сделать следующие выводы.

1) По параметру БПК<sub>5</sub>, условно характеризующему загрязнение природных вод, наблюдается неоднородность в рядах наблюдений практически в 50% рассмотренных пунктов наблюдений. При этом в 2/3 рядов выявлены статистически значимые тренды на повышение. Указанные изменения выявлены в пунктах наблюдений, расположенных на Иваньковском и Угличском водохранилищах, а также река Молога и Остречина. Вода этих водохранилищ на протяжении многих лет оценивалась 3-м классом качества ("загрязненная" и "очень загрязненная"). Согласно данным ежегодника [16] за 2021 год на отдельных участках Угличского водохранилища качество воды ухудшилось до 4-го класса («грязная» вода).

2) На всей рассматриваемой территории в течение рассмотренного периода наблюдается устойчивые концентрации аммонийного азота, не превышающие ПДК. По нитратному и нитритному азоту для большинства водных объектов также не наблюдается существенных изменений.

3) Практически на всех водных объектах наблюдается тенденция к снижению концентраций минерального фосфора, нефтепродуктов, марганца, никеля и хрома.

4) На всех водных объектах выявлена тенденция повышения концентрации меди. Например, в 2021 году средний и максимальный уровень загрязненности воды р. Остречина соединениями меди составил 4 и 11 ПДК, соответственно, а в воде Угличского водохранилища в черте г. Кимры концентрации достигали 16 ПДК.

5) Для водохранилищ области характерен высокий уровень загрязненности воды соединениями двухвалентного марганца, доходящие в среднем до 5 – 9 ПДК [16]. В 2021 г. были зарегистрированы случаи высокого загрязнения воды в придонном слое Иваньковского водохранилища соединениями марганца: в черте д. Безбородово до 45 ПДК, г. Конаково 35 ПДК. Следует отметить, что более чем на четверти пунктов наблюдений наблюдается статистически значимое уменьшение концентраций.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что наиболее напряженная экологическая ситуация, связанная с загрязнением поверхностных вод Тверской области, наблюдается на Иваньковском и Угличском водохранилищах, а также реках Молога и Остречина. Данные водные объекты используются для водоснабжения крупных населенных пунктов, в связи с чем можно рекомендовать увеличить периодичность контроля параметров природных вод.

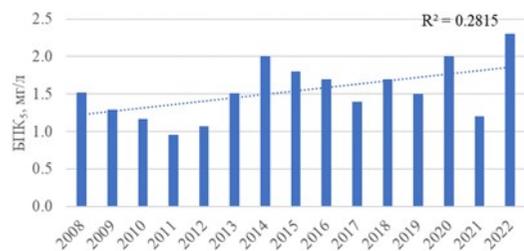
## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Методические рекомендации по оценке однородности гидрологических характеристик и определению их расчетных значений по неоднородным данным. СПб, Нестор-История, 2010.
2. Р 52.08.872. Оперативный учет стока на водотоках. Методы обработки наблюдений за уровнями и расходами воды
3. Р 52.24.755. Методы прогнозирования изменения содержания загрязняющих веществ в водных объектах во времени по результатам систематических гидрохимических наблюдений
4. РД 52.24.377-2021. Массовая концентрация алюминия, бериллия, ванадия, железа, кадмия, кобальта, марганца, меди, молибдена, никеля, свинца, серебра, хрома и цинка в водах. Методика измерений атомно-абсорбционным методом с электротермической атомизацией проб
5. РД 52.24.380-20107. Массовая концентрация нитратного азота в водах. Методика измерений фотометрическим методом
6. РД 52.24.381-2017. Массовая концентрация нитритного азота в водах. Методика измерений фотометрическим методом с реактивом Грисса
7. РД 52.24.382-2019. Массовая концентрация фосфатного фосфора в водах. Методика измерений фотометрическим методом
8. РД 52.24.383-2018. Массовая концентрация аммонийного азота в водах. Методика измерений фотометрическим методом
9. РД 52.24.420-2019. Биохимическое потребление кислорода в водах. Методика измерений титриметрическим и амперометрическим методами
10. РД 52.24.514. Методика расчёта суммарной молярной (массовой) концентрации ионов натрия и калия, суммарной массовой концентрации ионов в водах
11. РД 52.24.643-2002. Метод комплексной оценки степени загрязнённости поверхностных вод по гидрохимическим показателям.

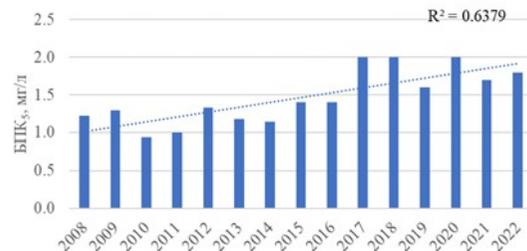
12. Сайт Тверского ЦГМС <http://tvermeteo.ru/>
13. Сайт Центрального ЦГМС <http://www.meteorf.ru/>
14. Сикан А.В. Методы статистической обработки гидрометеорологической информации. – СПб, изд. РГГМУ. 2007. – 279 с.
15. ПНДФ 14.1:2:4.128-98. Количественный химический анализ вод. методика выполнения измерений массовой концентрации нефтепродуктов в пробах природных, питьевых, сточных вод флуориметрическим методом на анализаторе жидкости "Флюорат-02"
16. Качество поверхностных вод Российской Федерации. Ежегодник. 2021 г. – Ростов-на-Дону, 2022.

Хронологические графики гидрохимических показателей

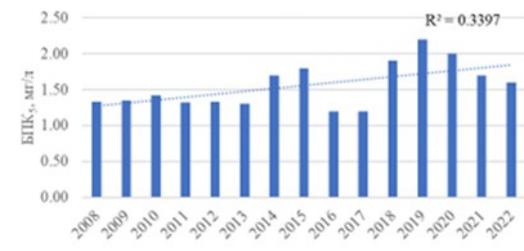
1)



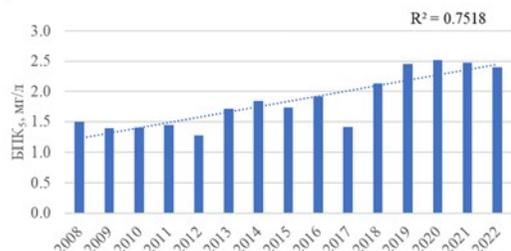
2)



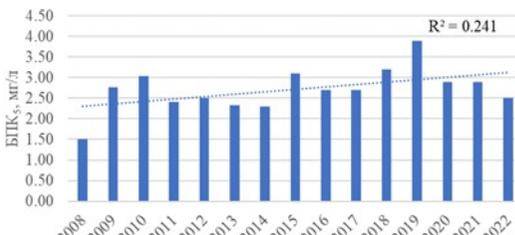
3)



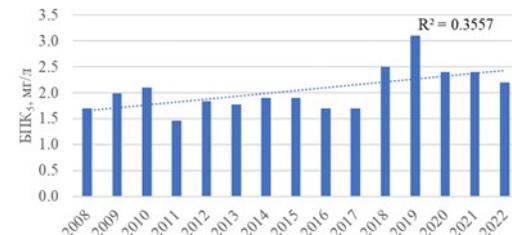
4)



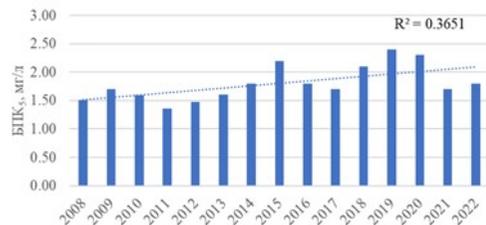
5)



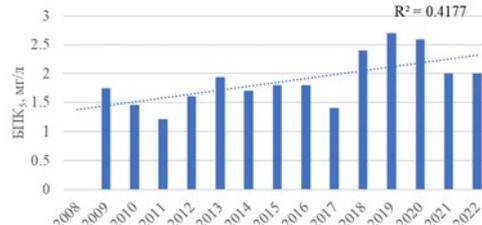
6)



7)



8)



9)

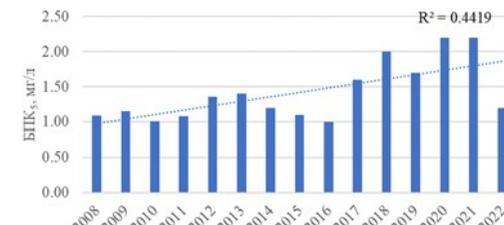
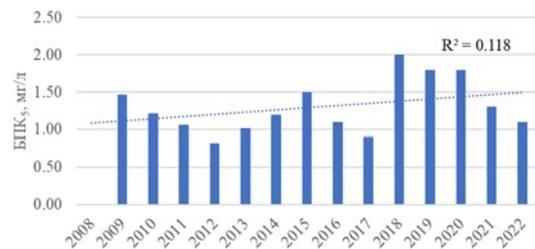
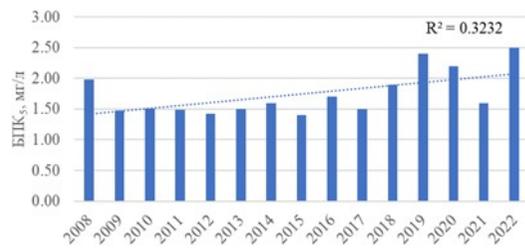


Рисунок А.1 – Хронологические графики БПК<sub>5</sub> (1 – пост 42100, 2 – пост 42100-2, 3 – пост 42301, 4 – пост 42301-2, 5 – пост 42302, 6 – пост 42303, 7 – пост 42305, 8 – пост 42306, 9 – пост 42101)

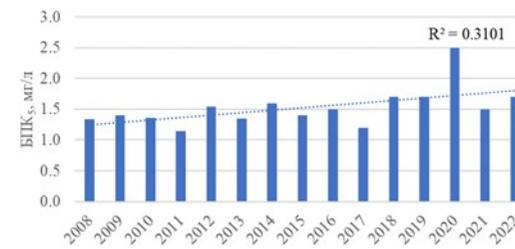
10)



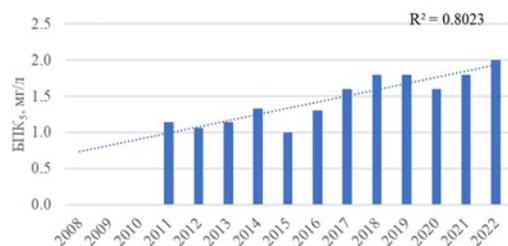
11)



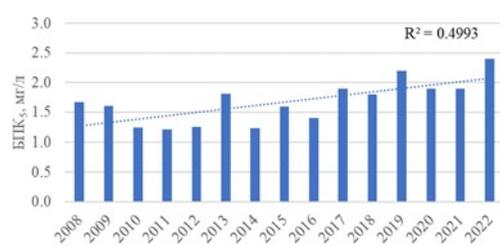
12)



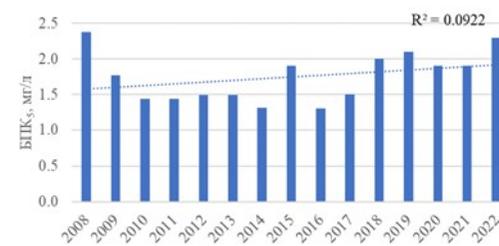
13)



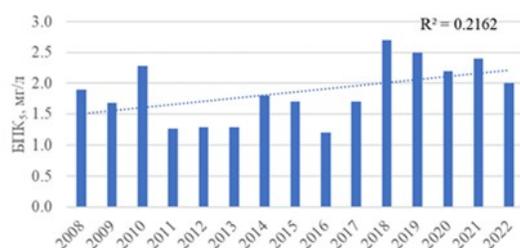
14)



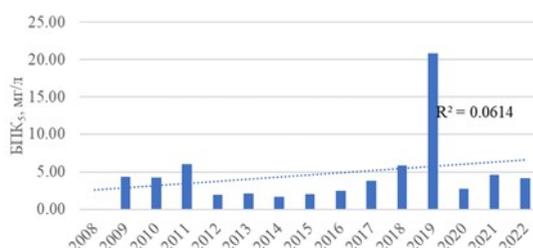
15)



16)



17)



18)

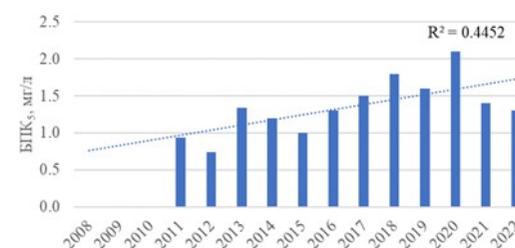
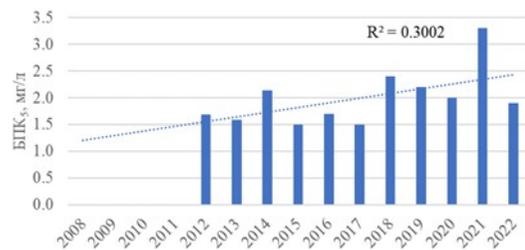
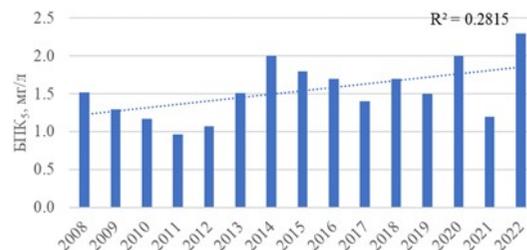


Рисунок А.1 – Хронологические графики БПК<sub>5</sub> (10 – пост 42103, 11 – пост 42104, 12 – пост 42105, 13 – пост 42111, 14 – пост 42116, 15 – пост 42116-2, 16 – пост 42112, 17 – пост 42117, 18 – пост 42106)

19)



20)



21)

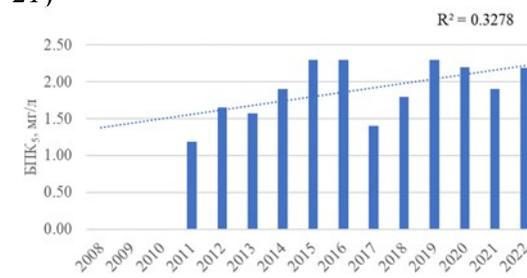


Рисунок А.1 – Хронологические графики БПК<sub>5</sub> (19 – пост 42001, 20 – пост 42318, 21 – пост 42300)

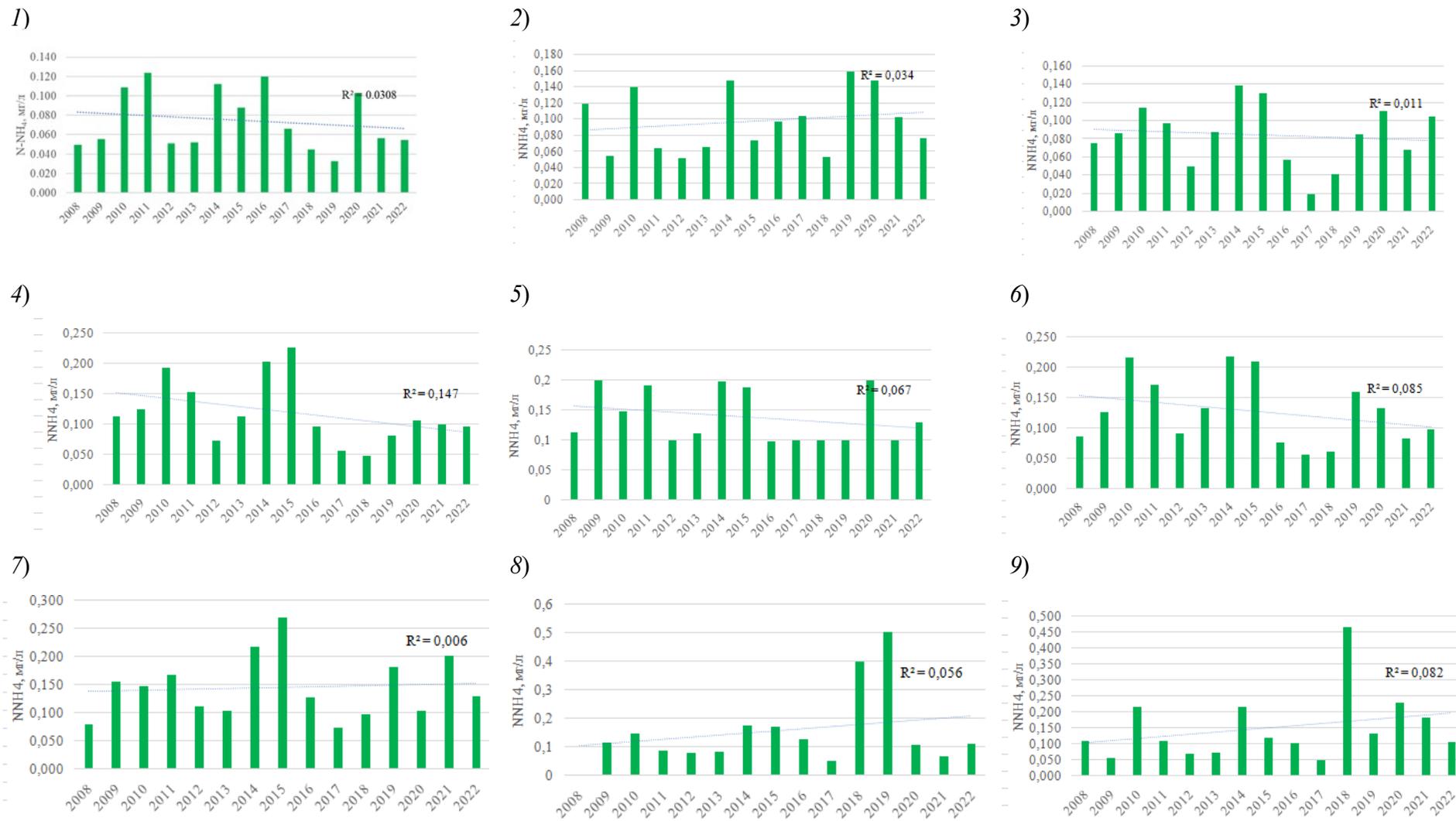


Рисунок А.2 – Хронологические графики концентрации  $N-NH_4$  (1 – пост 42100, 2 – пост 42100-2, 3 – пост 42301, 4 – пост 42301-2, 5 – пост 42302, 6 – пост 42303, 7 – пост 42305, 8 – пост 42306, 9 – пост 42101)

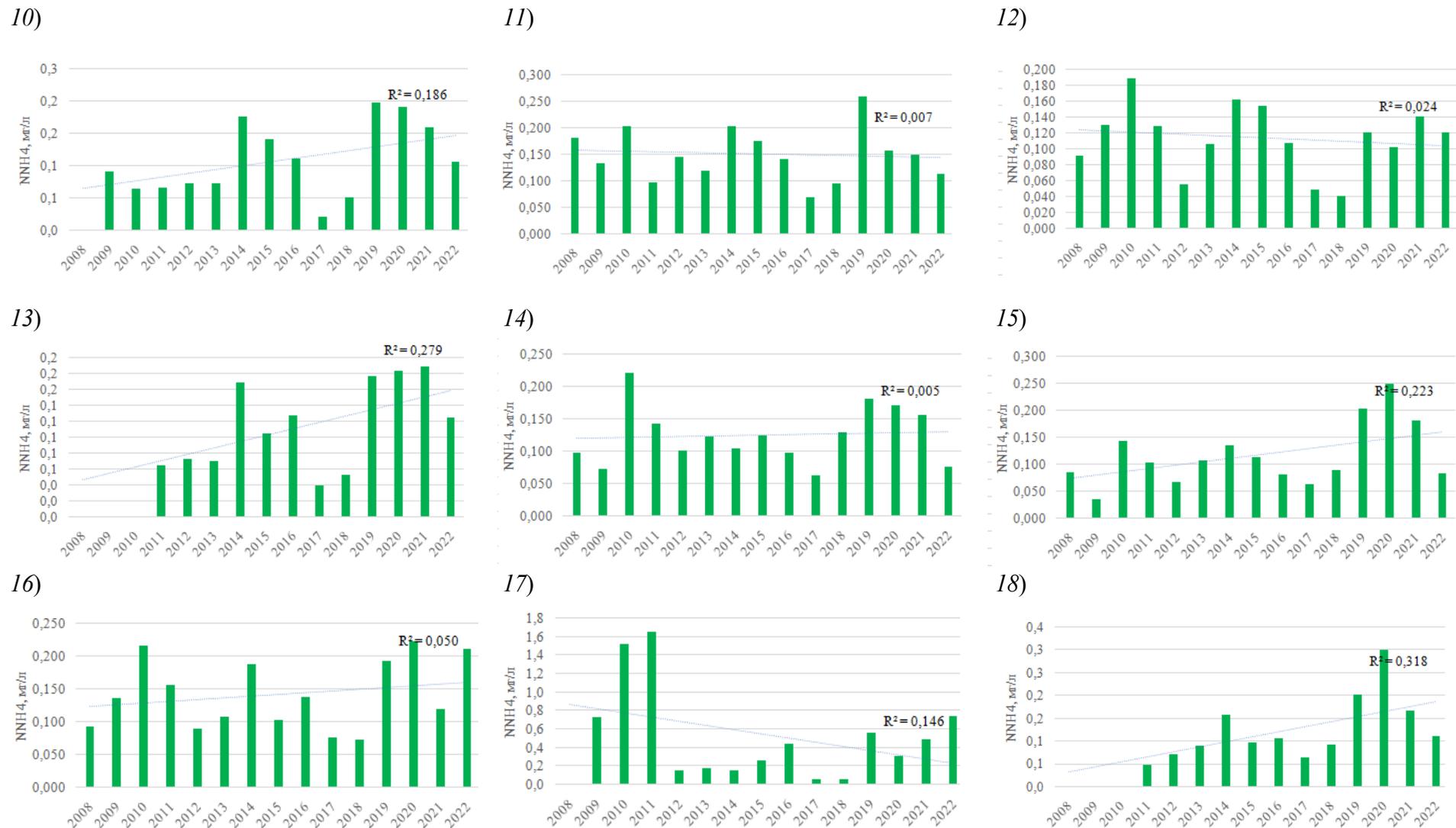


Рисунок А.2 – Хронологические графики концентрации N-NH<sub>4</sub> (10 – пост 42103, 11 – пост 42104, 12 – пост 42105, 13 – пост 42111, 14 – пост 42116, 15 – пост 42116-2, 16 – пост 42112, 17 – пост 42117, 18 – пост 42106)



Рисунок А.2 – Хронологические графики концентрации N-NH<sub>4</sub> (19 – пост 42001, 20 – пост 42318, 21 – пост 42300)

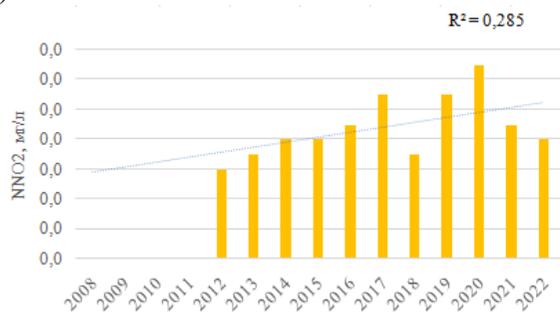


Рисунок А.3–Хронологические графики концентрации N-NO<sub>2</sub> (1–пост 42100, 2–пост 42100-2, 3–пост 42301, 4–пост 42301-2, 5–пост 42302, 6–пост 42303, 7–пост 42305, 8–пост 42306, 9–пост 42101)

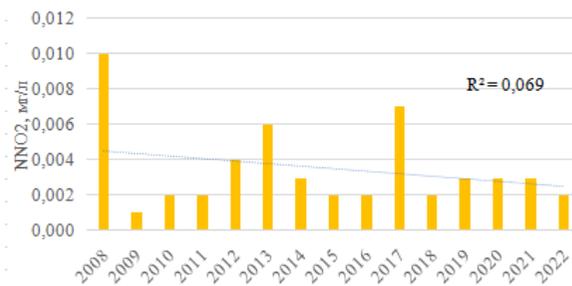


Рисунок А.3—Хронологические графики концентрации N-NO<sub>2</sub> (10—пост 42103, 11—пост 42104, 12—пост 42105, 13—пост 42111, 14—пост 42116, 15—пост 42116-2, 16—пост 42112, 17—пост 42117, 18—пост 42106)

19)



20)



21)

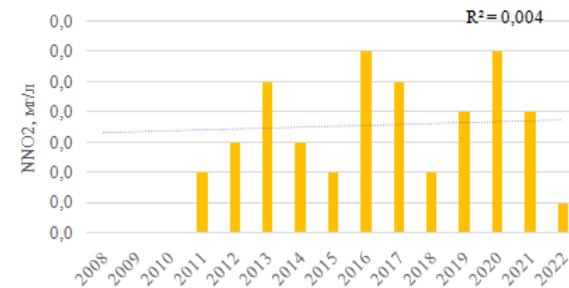


Рисунок А.3—Хронологические графики концентрации N-NO<sub>2</sub> (19—пост 42001, 20—пост 42318, 21—пост 42300)

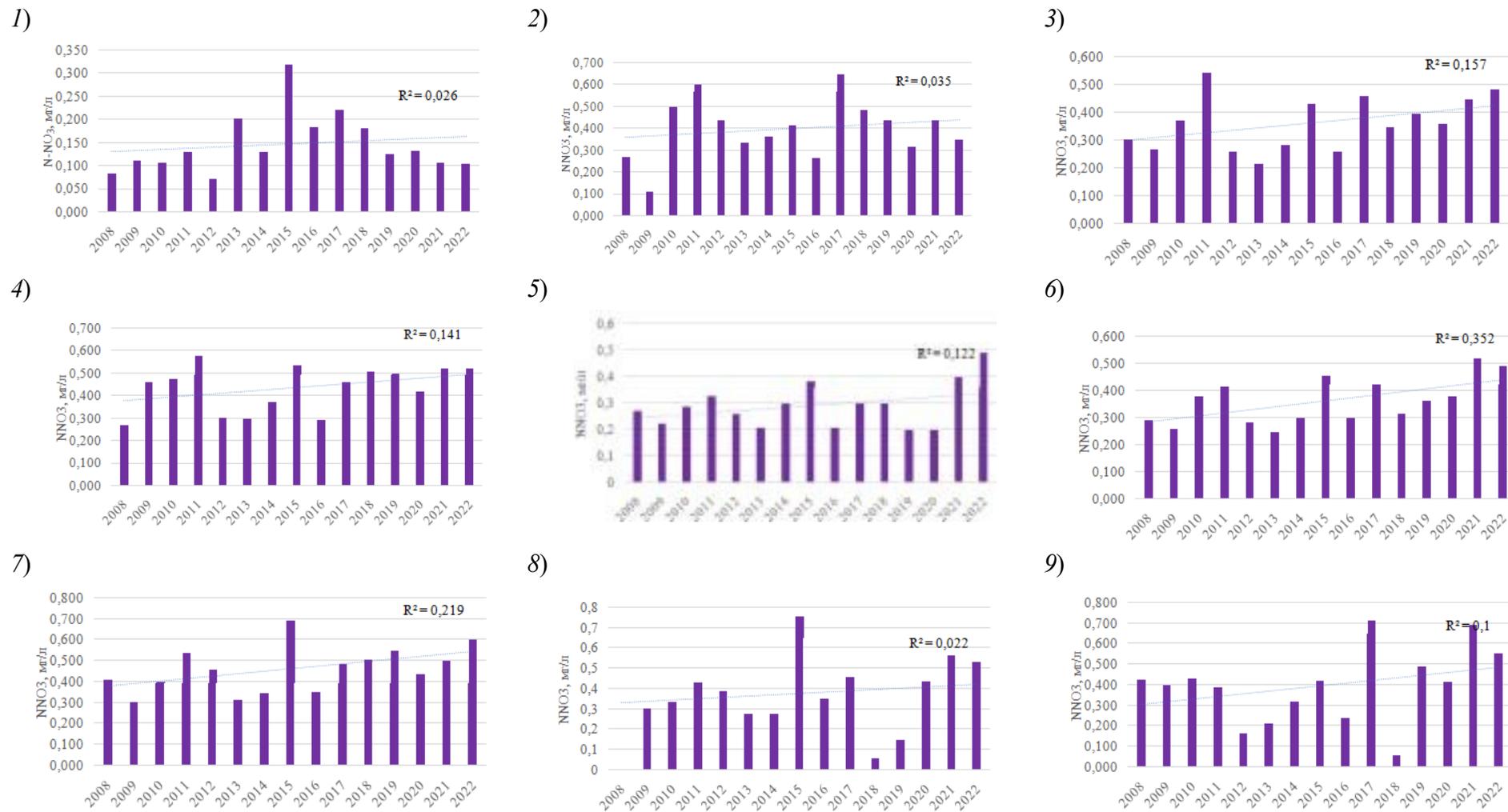
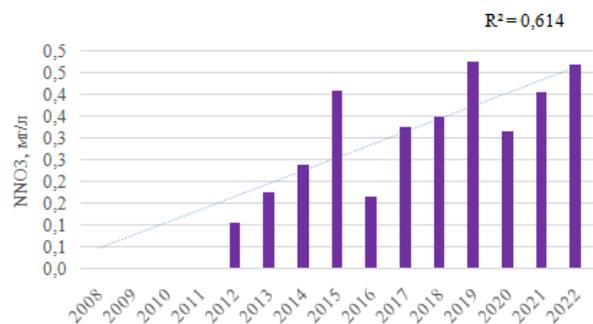


Рисунок А.4–Хронологические графики концентрации N-NO<sub>3</sub> (1–пост 42100, 2–пост 42100-2, 3–пост 42301, 4–пост 42301-2, 5–пост 42302, 6–пост 42303, 7–пост 42305, 8–пост 42306, 9–пост 42101)

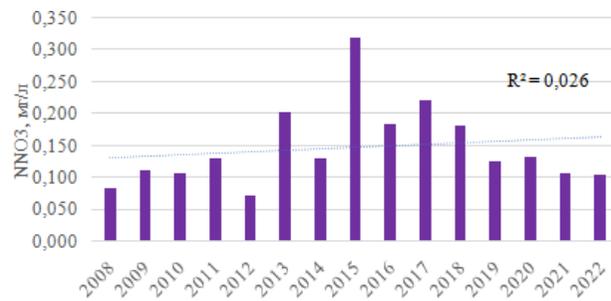


Рисунок А.4—Хронологические графики концентрации N-NO<sub>3</sub> (10—пост42103, 11—пост42104, 12—пост42105, 13—пост42111, 14—пост42116, 15—пост42116-2, 16—пост42112, 17—пост42117, 18—пост42106)

19)



20)



21)

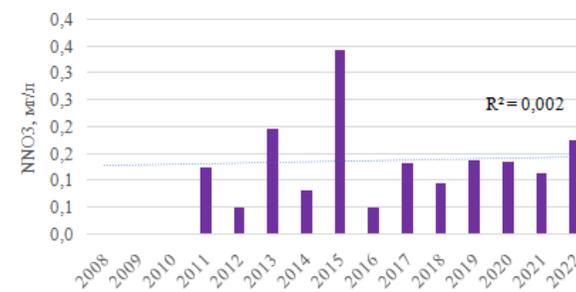


Рисунок А.4—Хронологические графики концентрации N-NO<sub>3</sub> (19—пост 42001, 20—пост 42318, 21—пост 42300)



Рисунок А.5—Хронологически е графика на концентрациите Р (1—пост 42100, 2—пост 42100-2, 3—пост 42301, 4—пост 42301-2, 5—пост 42302, 6—пост 42303, 7—пост 42305, 8—пост 42306, 9—пост 42101)

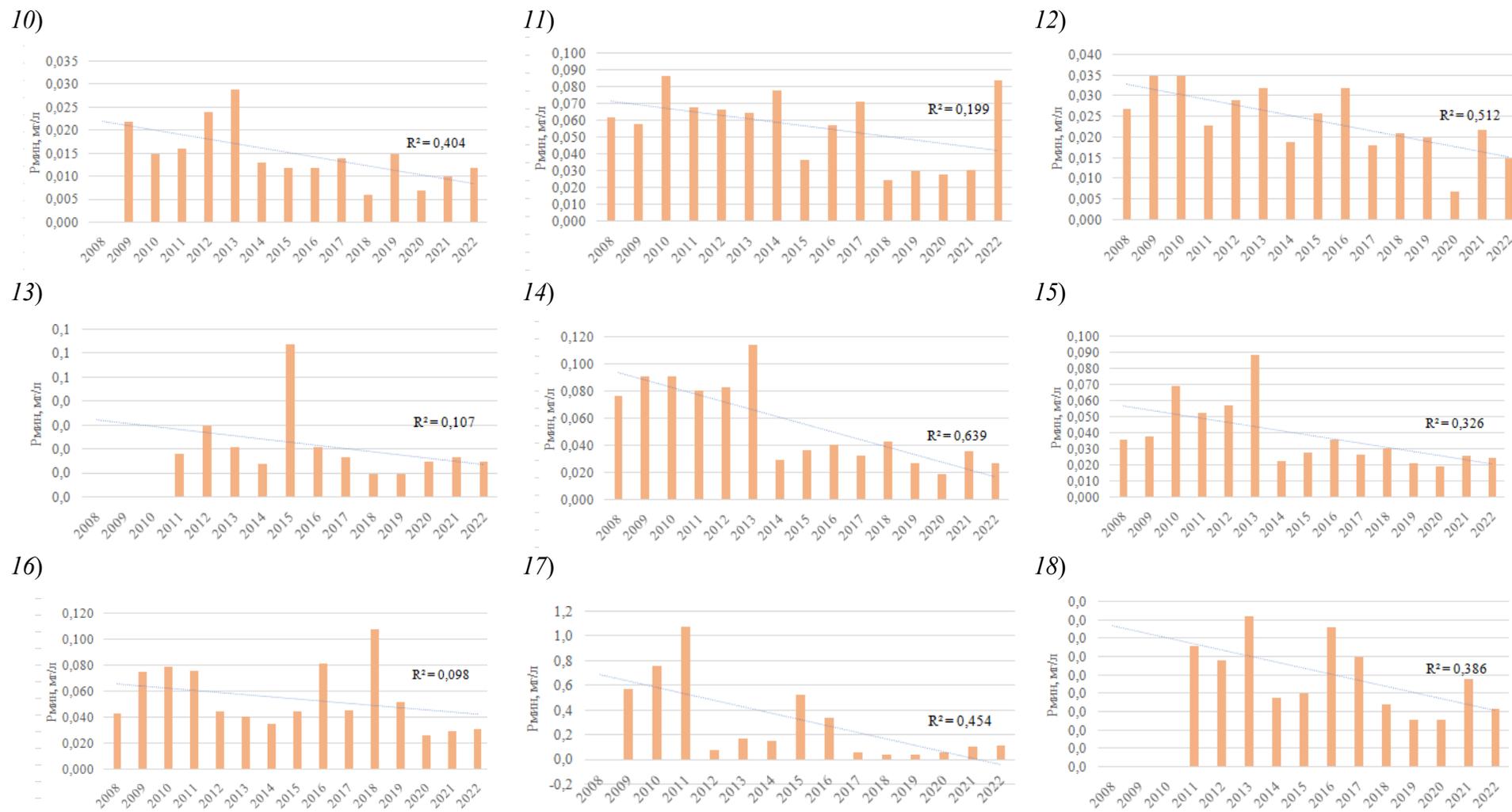
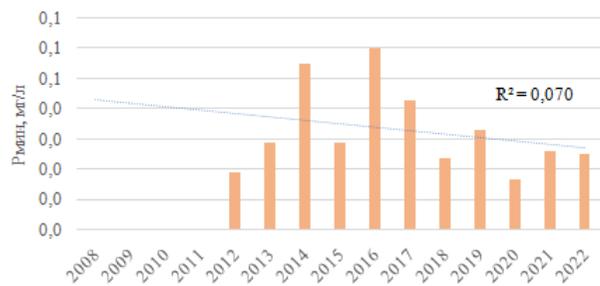
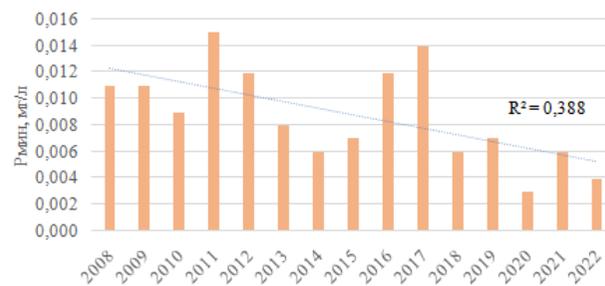


Рисунок А.5–Хронологически е графика на концентрациите P (10–пост 42103, 11–пост 42104, 12–пост 42105, 13–пост 42111, 14–пост 42116, 15–пост 42116-2, 16–пост 42112, 17–пост 42117, 18–пост 42106)

19)



20)



21)

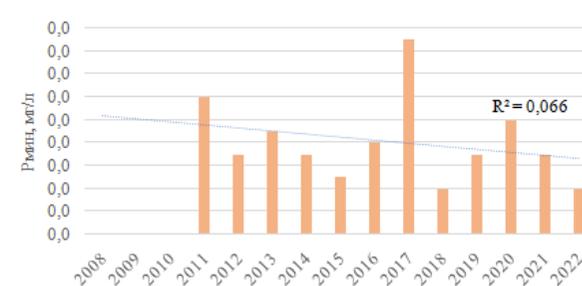


Рисунок А.5—Хронологически е графика на концентрациите Р (19—пост 42001, 20—пост 42318, 21—пост 42300)

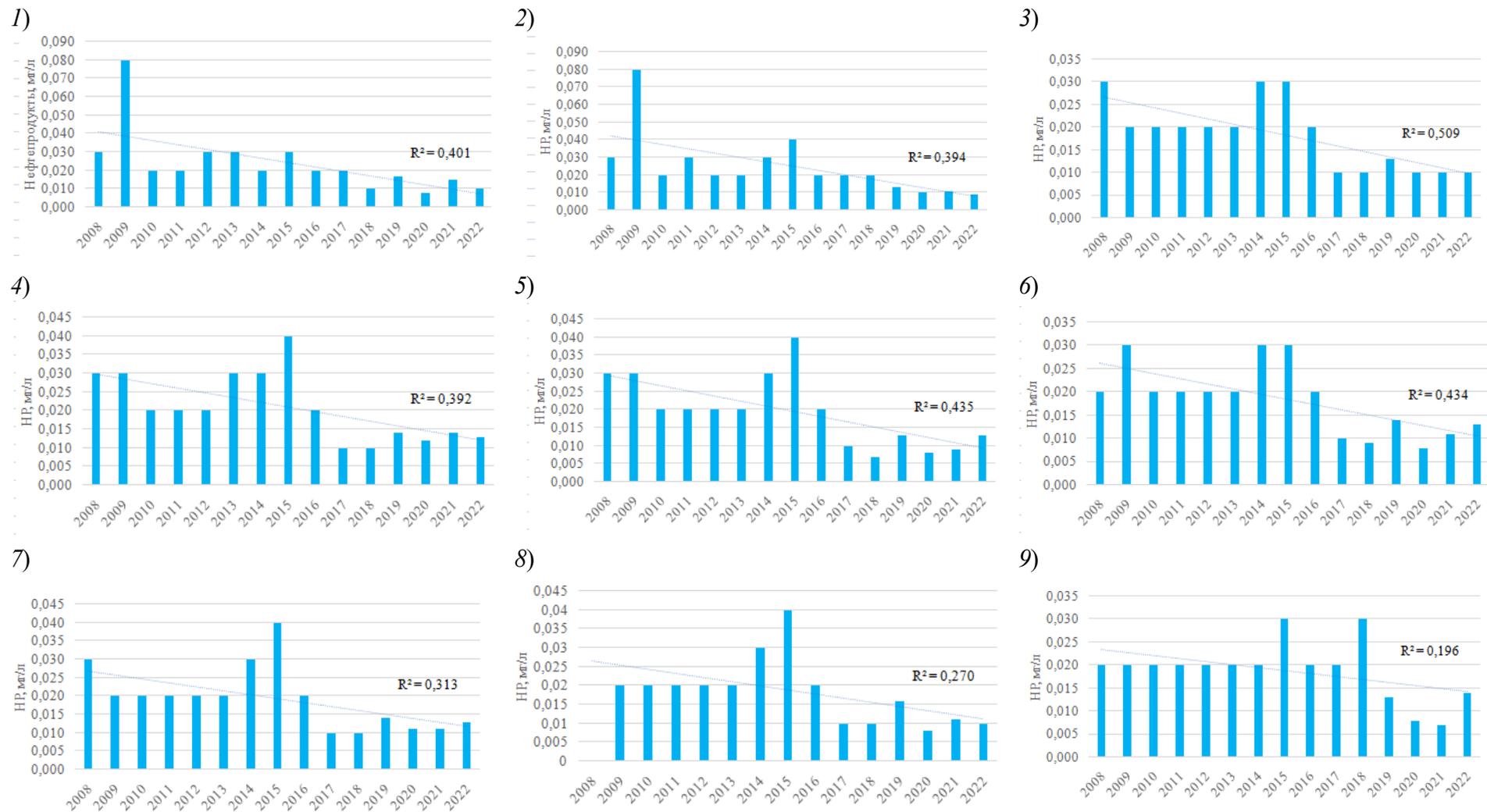


Рисунок А.6 – Хронологические графики концентрации НП (1 – пост 42100, 2 – пост 42100-2, 3 – пост 42301, 4 – пост 42301-2, 5 – пост 42302, 6 – пост 42303, 7 – пост 42305, 8 – пост 42306, 9 – пост 42101)

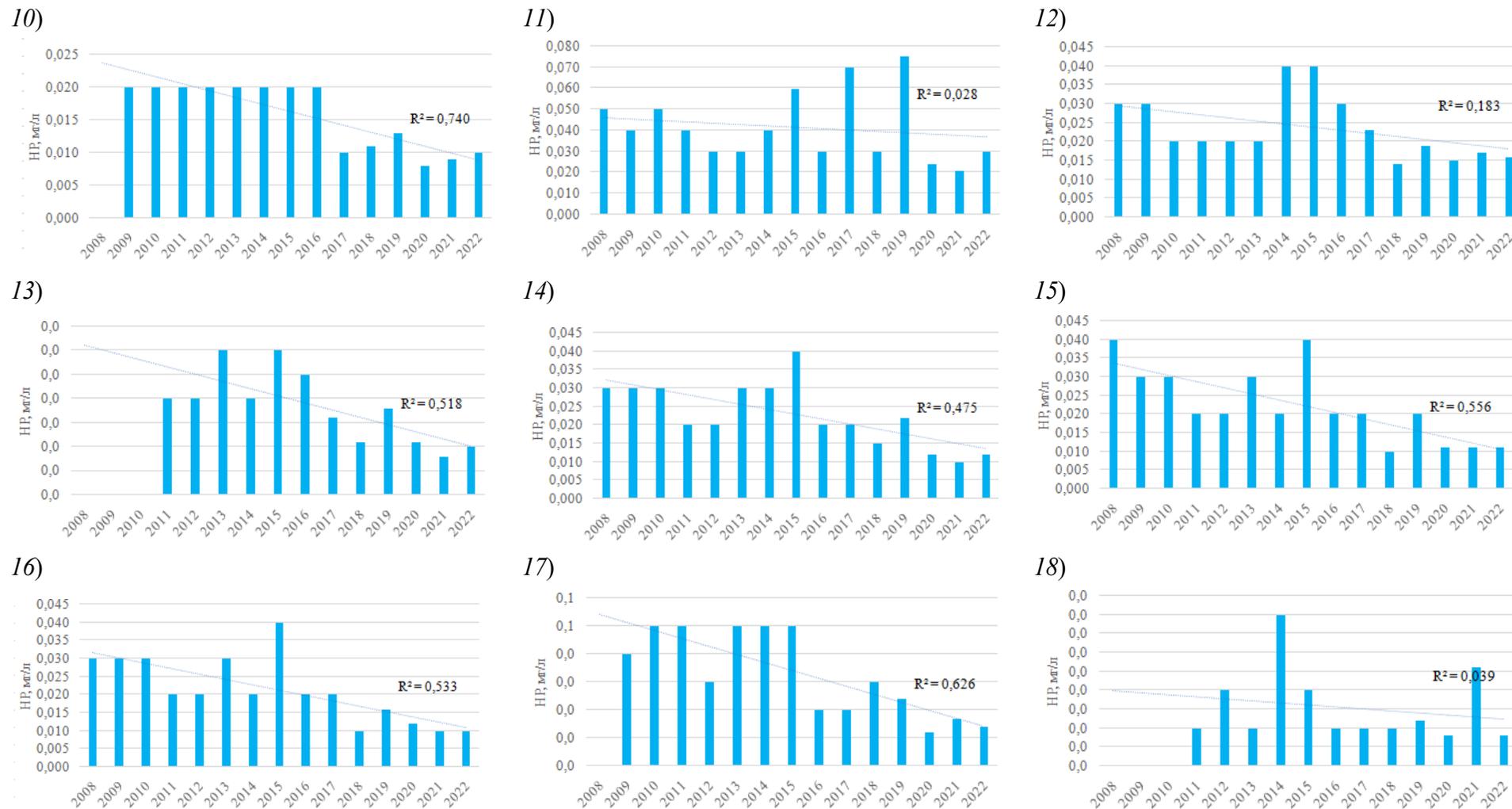


Рисунок А.6–Хронологические графики концентрации НП (10–пост 42103, 11–пост 42104, 12–пост 42105, 13–пост 42111, 14–пост 42116, 15–пост 42116-2, 16–пост 42112, 17–пост 42117, 18–пост 42106)

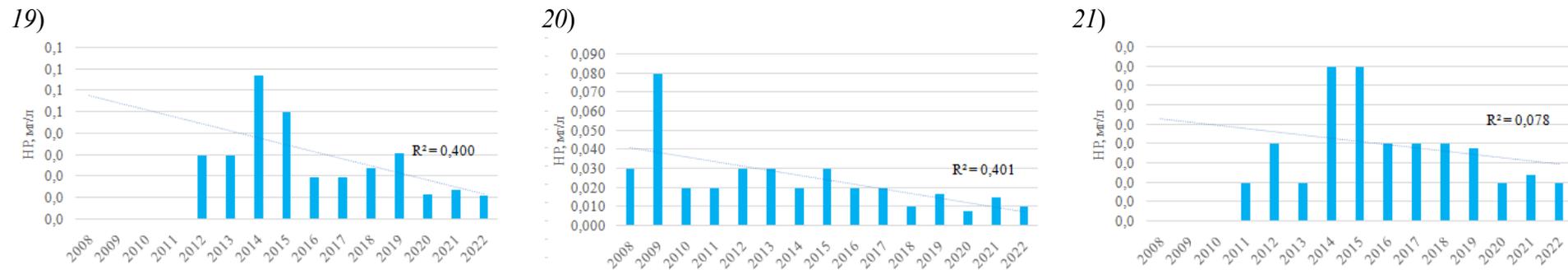


Рисунок А.6–Хронологические графики концентрации НП (19–пост 42001, 20–пост 42318, 21–пост 42300)

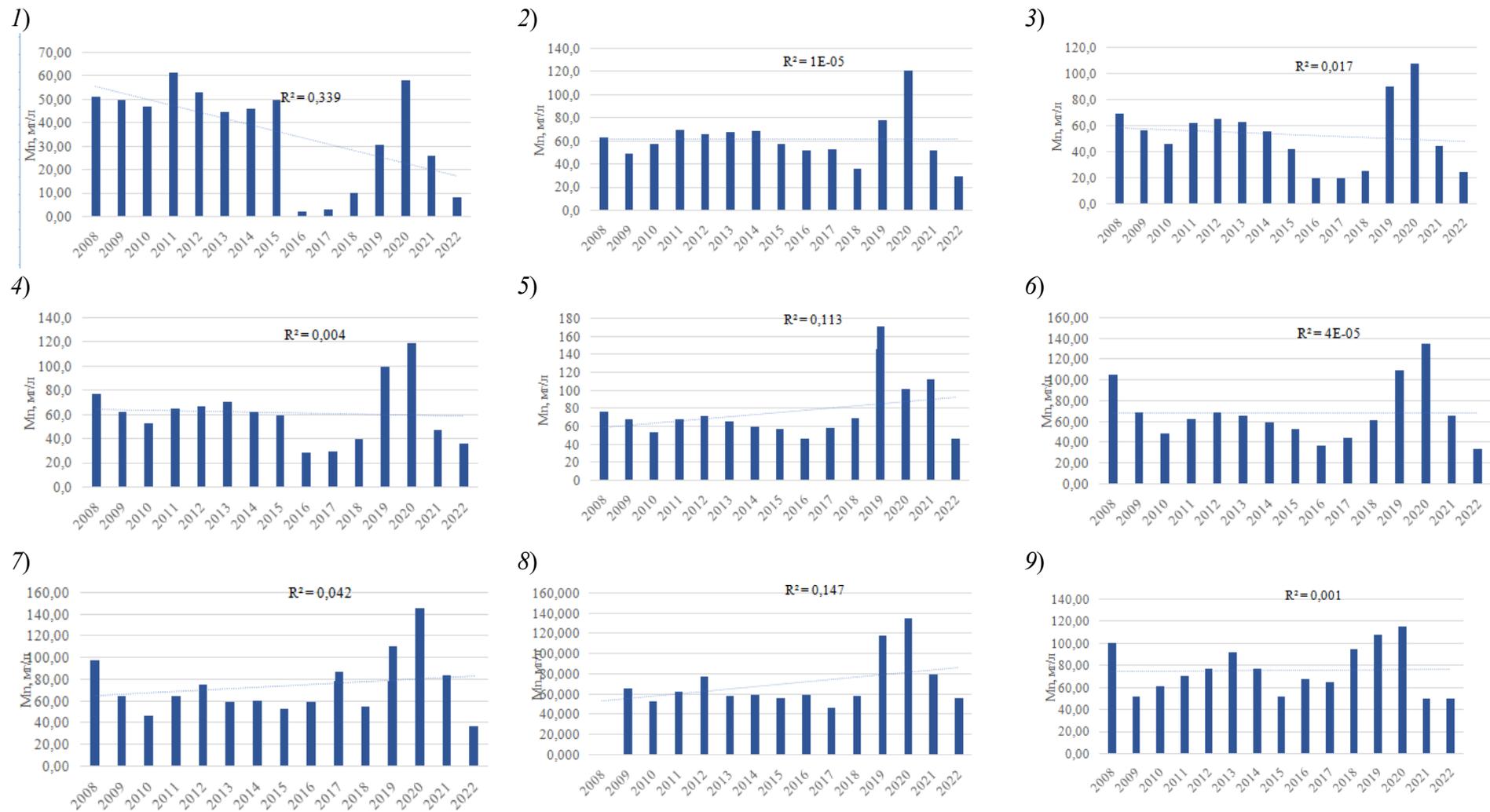


Рисунок А.7 – Хронологические графики концентрации Mn (1 – пост 42100, 2 – пост 42100-2, 3 – пост 42301, 4 – пост 42301-2, 5 – пост 42302, 6 – пост 42303, 7 – пост 42305, 8 – пост 42306, 9 – пост 42101)

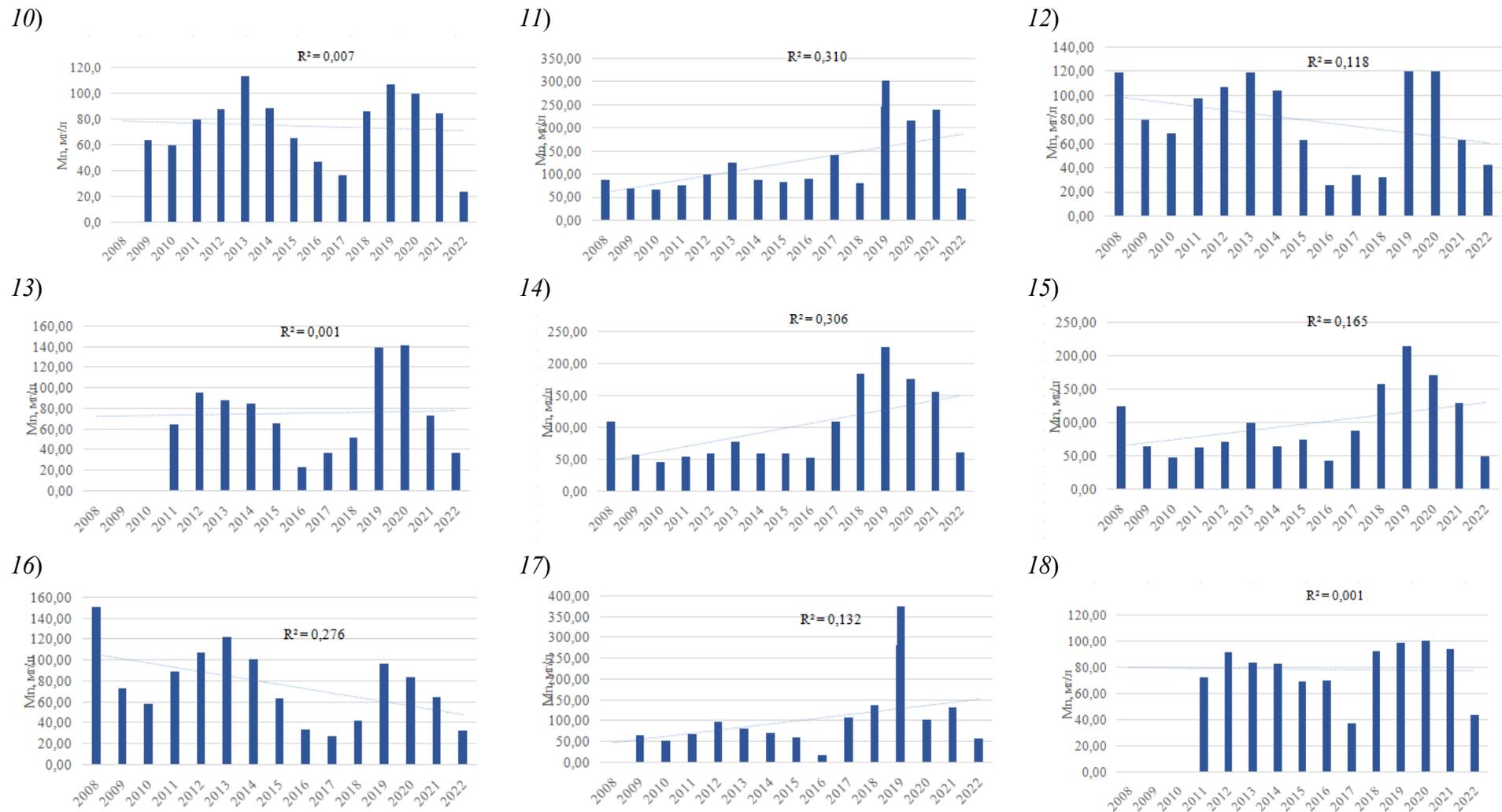
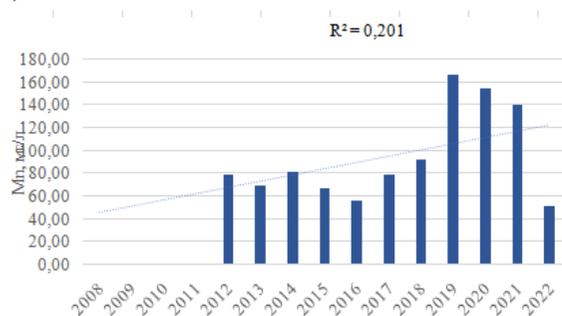
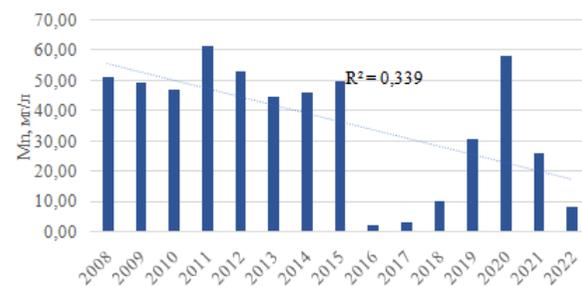


Рисунок А.7 – Хронологические графики концентрации Mn (10 – пост 42103, 11 – пост 42104, 12 – пост 42105, 13 – пост 42111, 14 – пост 42116, 15 – пост 42116-2, 16 – пост 42112, 17 – пост 42117, 18 – пост 42106)

19)



20)



21)

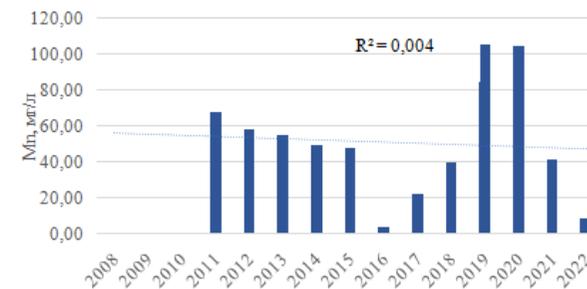


Рисунок А.7 – Хронологические графики концентрации Mn (19 – пост 42001, 20 – пост 42318, 21 – пост 42300)

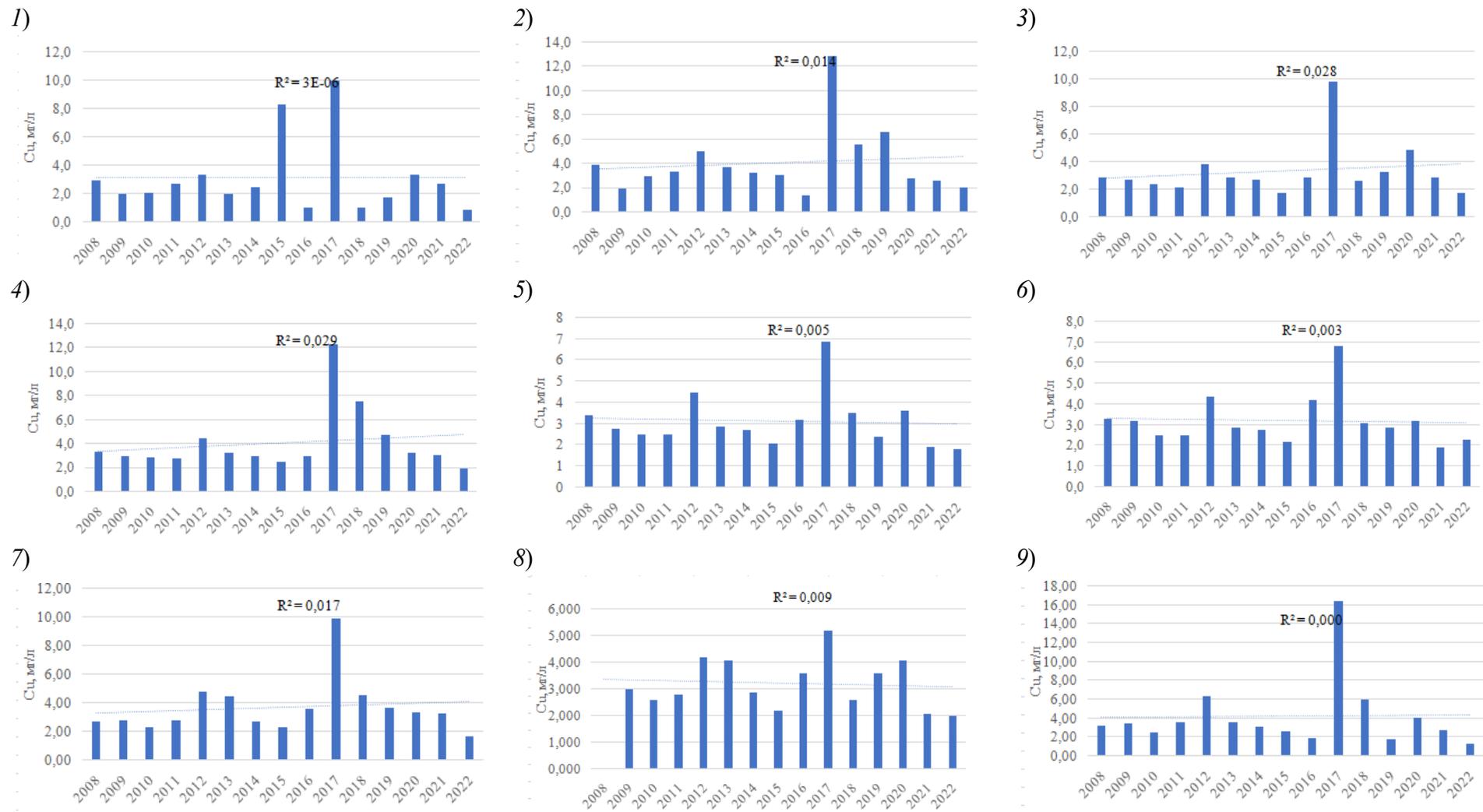


Рисунок А.8 – Хронологические графики концентрации Cu (1 – пост 42100, 2 – пост 42100-2, 3 – пост 42301, 4 – пост 42301-2, 5 – пост 42302, 6 – пост 42303, 7 – пост 42305, 8 – пост 42306, 9 – пост 42101)

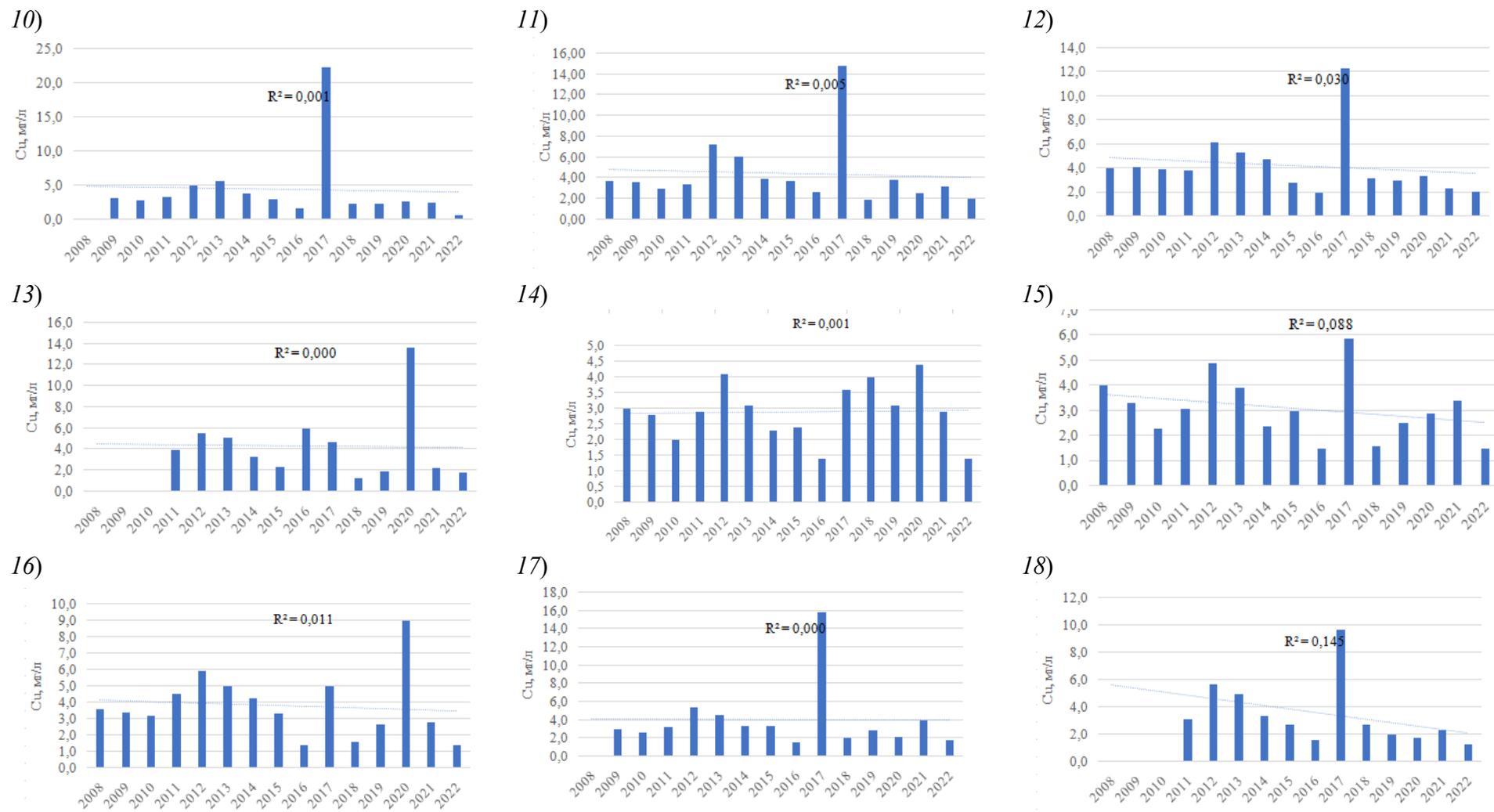


Рисунок А.8—Хронологические графики концентрации Cu (10—пост 42103, 11—пост 42104, 12—пост 42105, 13—пост 42111, 14—пост 42116, 15—пост 42116-2, 16—пост 42112, 17—пост 42117, 18—пост 42106)

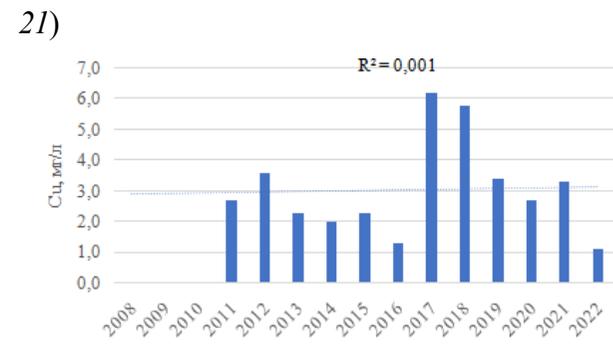
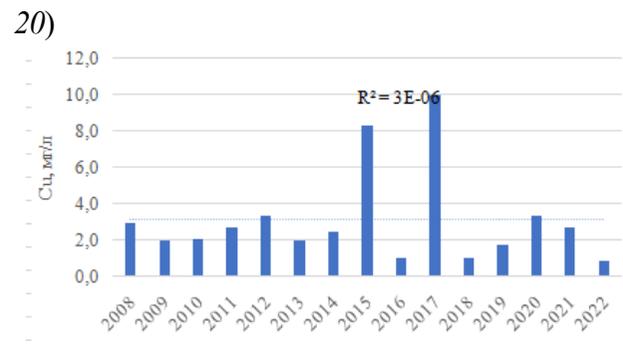
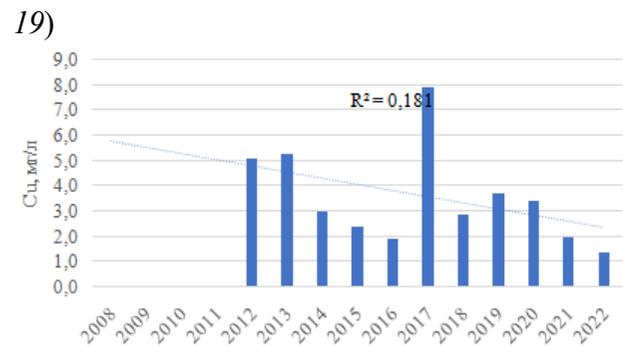


Рисунок А.8—Хронологические графики концентрации Cu (19—пост 42001, 20—пост 42318, 21—пост 42300)

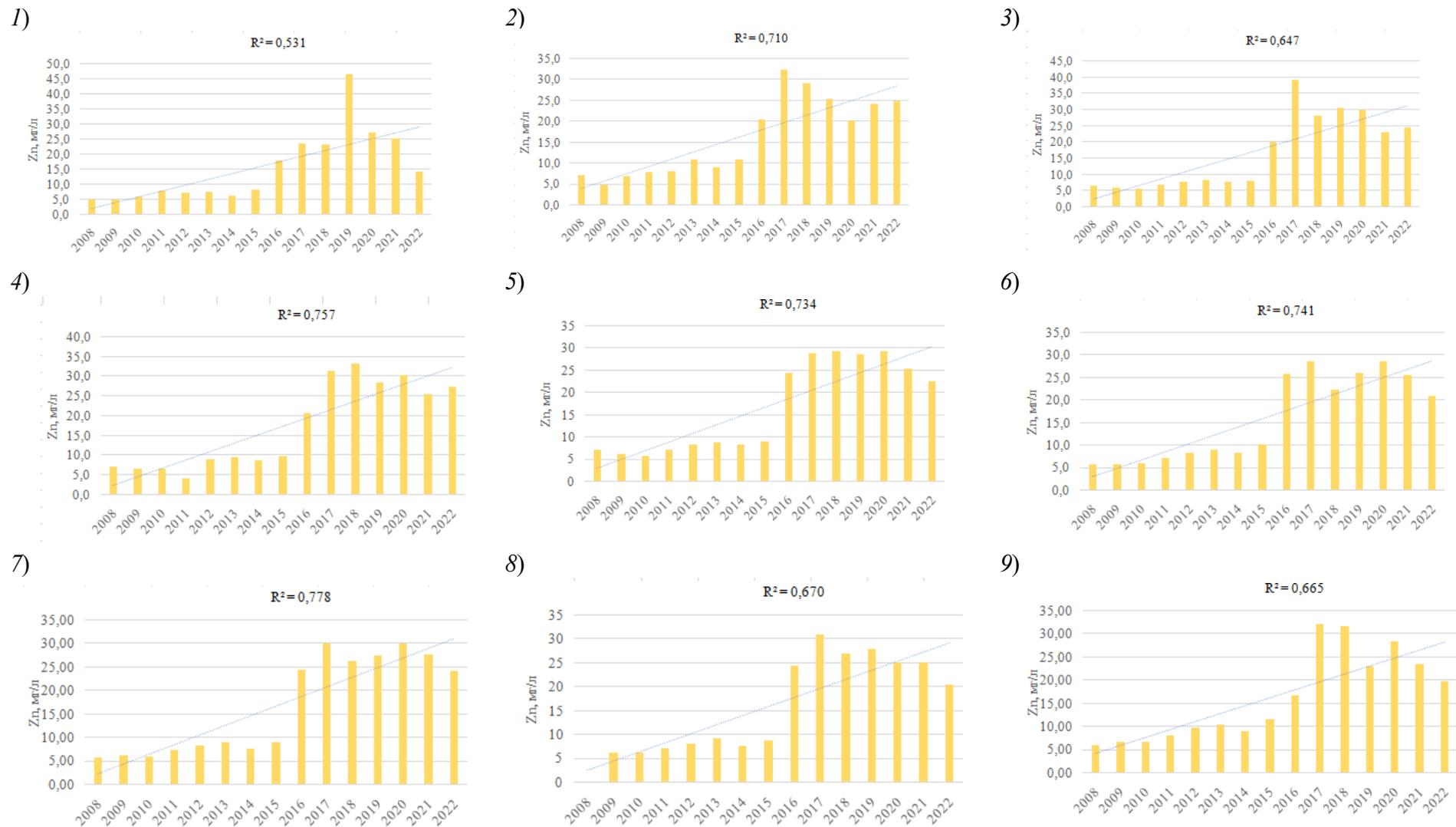


Рисунок А.9—Хронологические графики концентрации Zn (1—пост 42100, 2—пост 42100-2, 3—пост 42301, 4—пост 42301-2, 5—пост 42302, 6—пост 42303, 7—пост 42305, 8—пост 42306, 9—пост 42101)

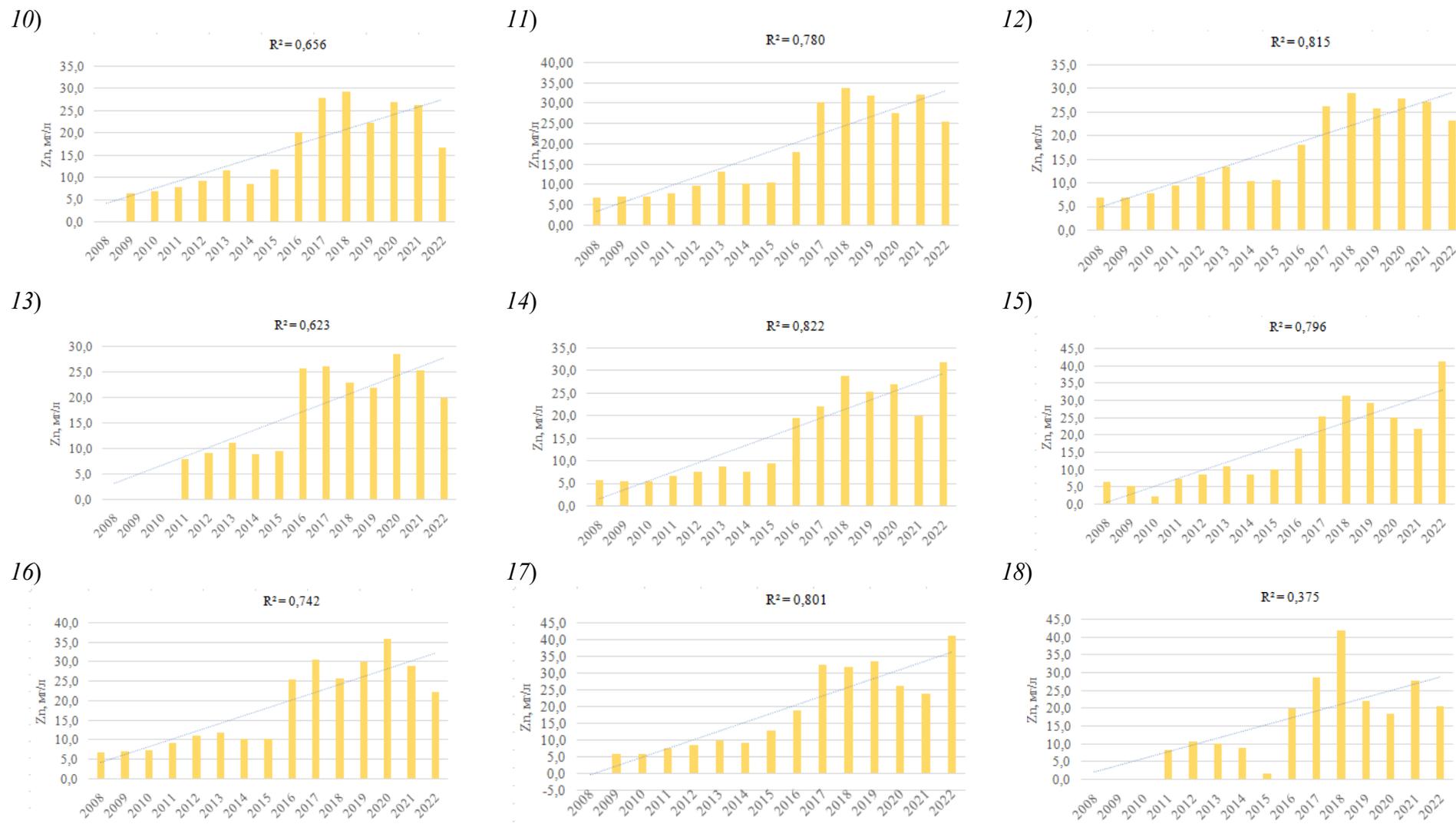


Рисунок А.9 – Хронологические графики концентрации Zn (10 – пост 42103, 11 – пост 42104, 12 – пост 42105, 13 – пост 42111, 14 – пост 42116, 15 – пост 42116-2, 16 – пост 42112, 17 – пост 42117, 18 – пост 42106)

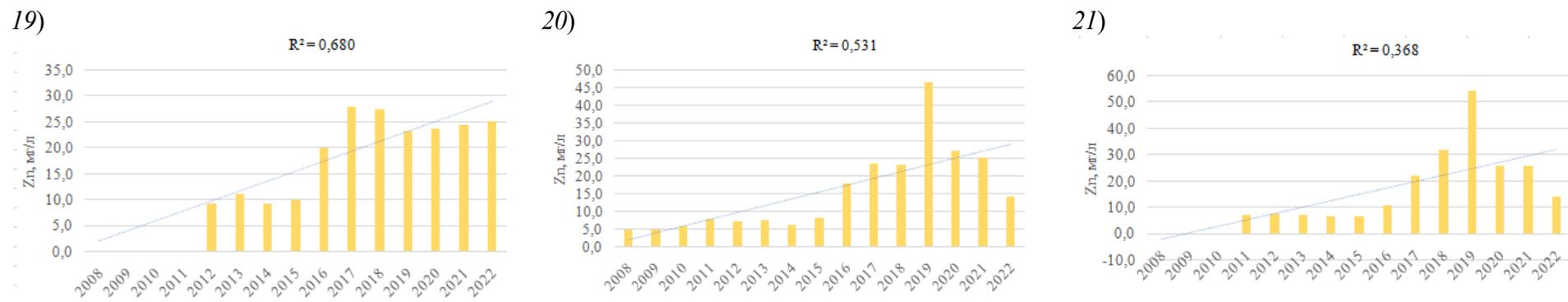


Рисунок А.9—Хронологические графики концентрации Zn (19—пост 42001, 20—пост 42318, 21—пост 42300)

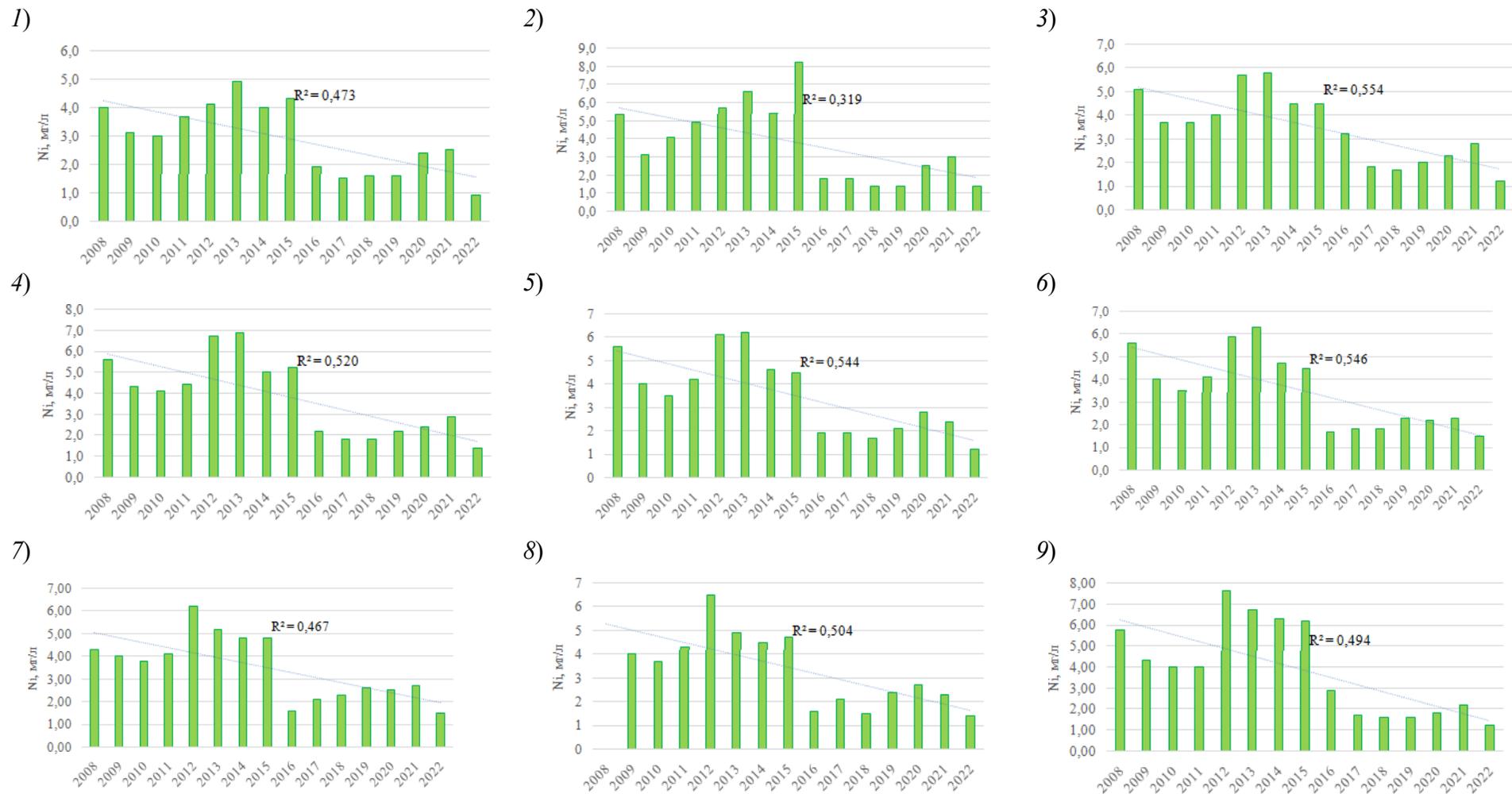
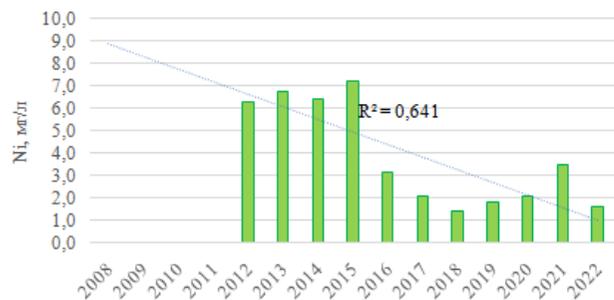


Рисунок А.10–Хронологические графики концентрации Ni (1–пост 42100, 2–пост 42100-2, 3–пост 42301, 4–пост 42301-2, 5–пост 42302, 6–пост 42303, 7–пост 42305, 8–пост 42306, 9–пост 42101)

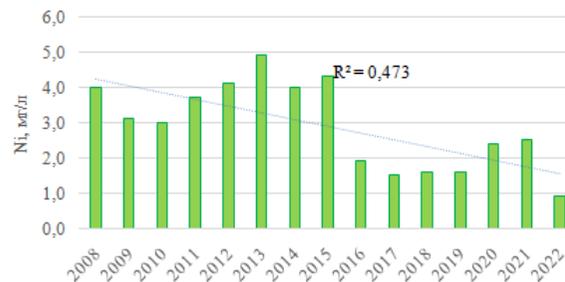


Рисунок А.10–Хронологические графики концентрации Ni (10–пост 42103, 11–пост 42104, 12–пост 42105, 13–пост 42111, 14–пост 42116, 15–пост 42116-2, 16–пост 42112, 17–пост 42117, 18–пост 42106)

19)



20)



21)

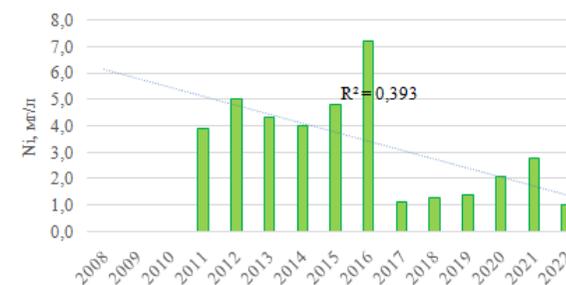


Рисунок А.10–Хронологические графики концентрации Ni (19–пост 42001, 20–пост 42318, 21–пост 42300)



Рисунок А.11 – Хронологические графики концентрации Cr (1 – пост 42100, 2 – пост 42100-2, 3 – пост 42301, 4 – пост 42301-2, 5 – пост 42302, 6 – пост 42303, 7 – пост 42305, 8 – пост 42306, 9 – пост 42101)

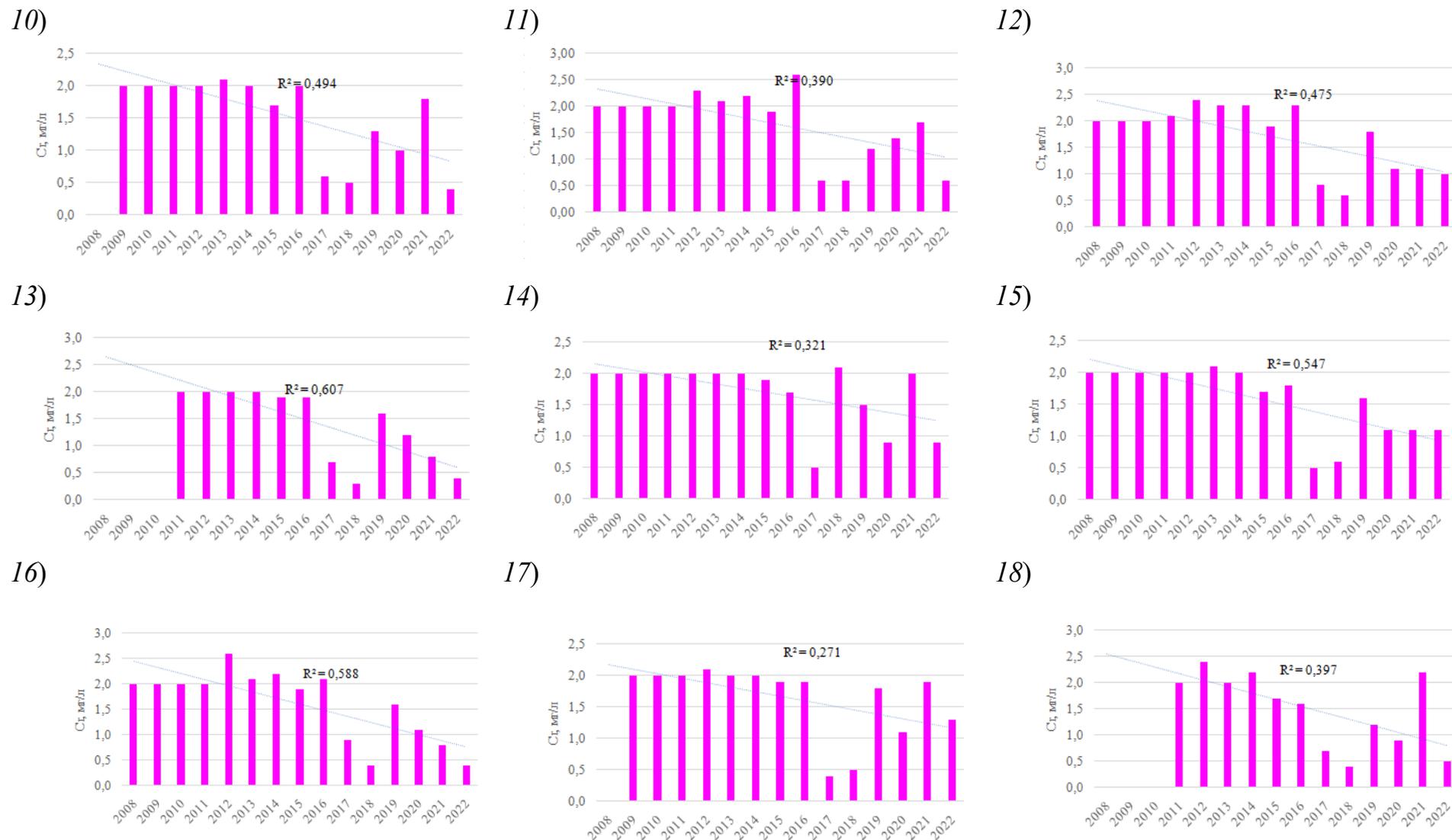
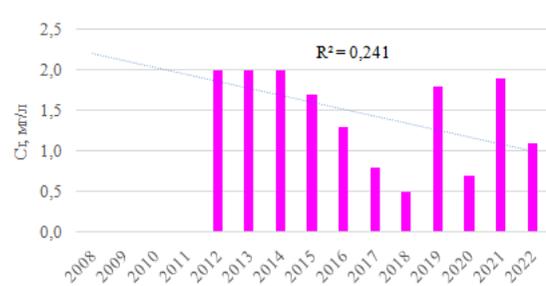
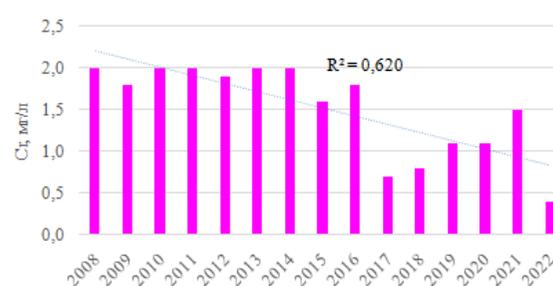


Рисунок А.11 – Хронологические графики концентрации Cr (10 – пост 42103, 11 – пост 42104, 12 – пост 42105, 13 – пост 42111, 14 – пост 42116, 15 – пост 42116-2, 16 – пост 42112, 17 – пост 42117, 18 – пост 42106)

19)



20)



21)

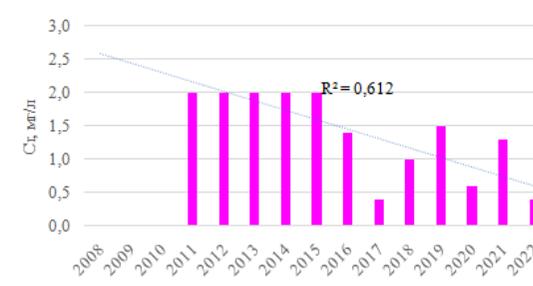


Рисунок А.11 – Хронологические графики концентрации Cr (19 – пост 42001, 20 – пост 42318, 21 – пост 42300)

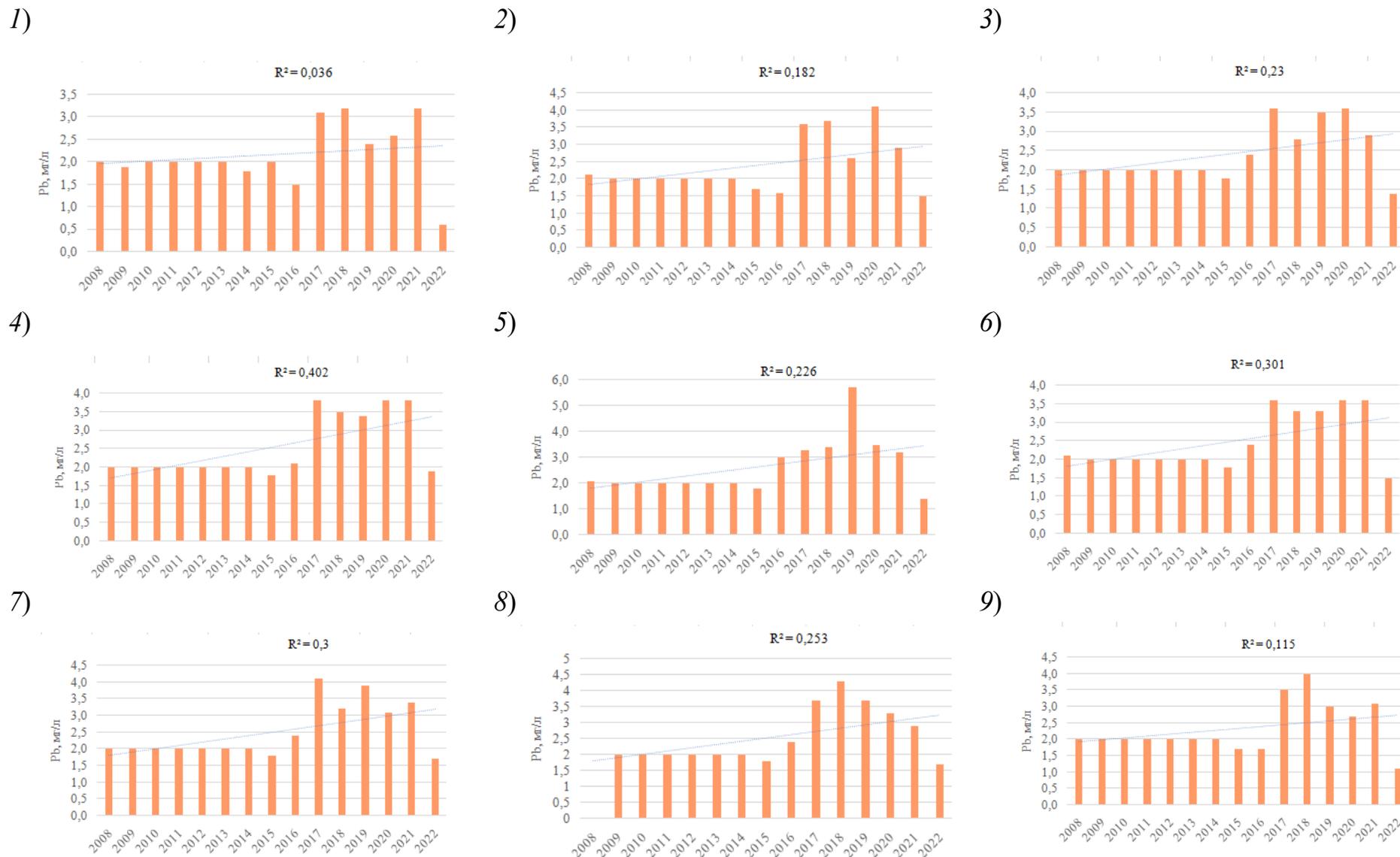


Рисунок А.12–Хронологические графики концентрации Pb (1–пост 42100, 2–пост 42100-2, 3–пост 42301, 4–пост 42301-2, 5–пост 42302, 6–пост 42303, 7–пост 42305, 8–пост 42306, 9–пост 42101)

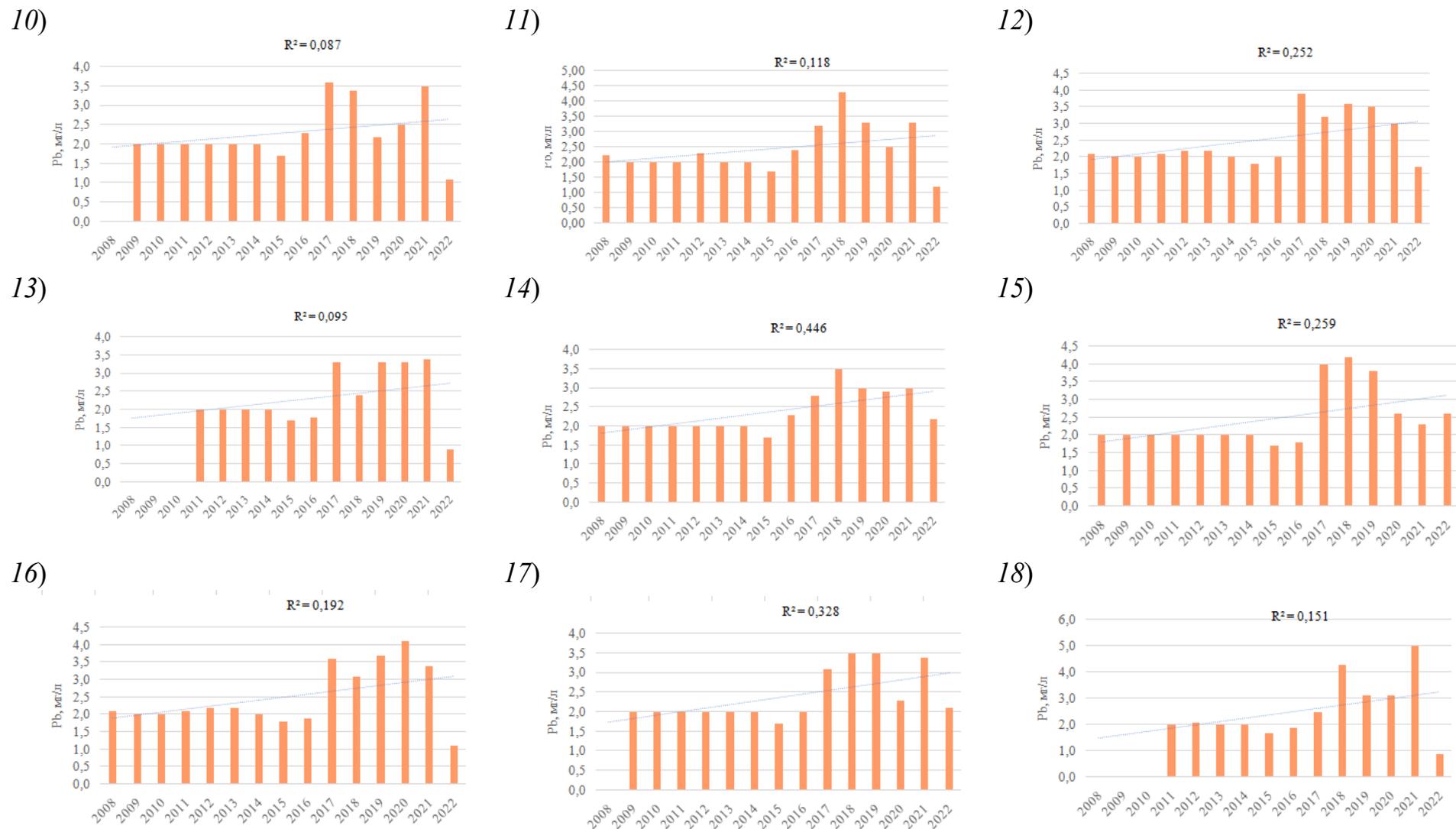
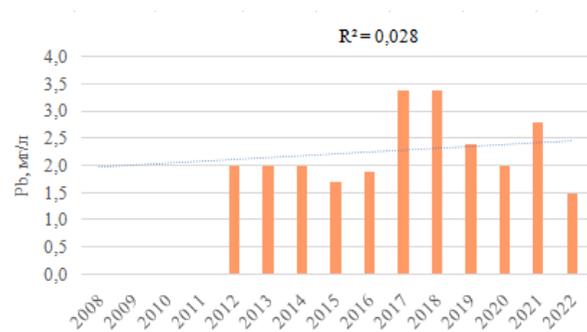
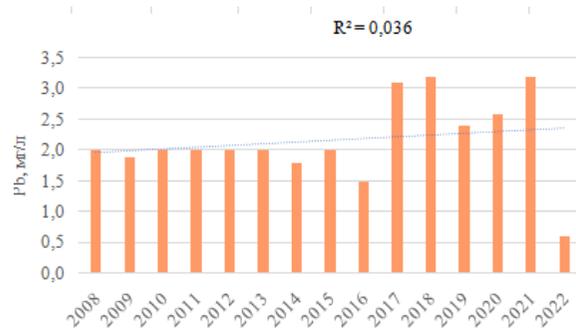


Рисунок А.12 – Хронологические графики концентрации Рb (10 – пост 42103, 11 – пост 42104, 12 – пост 42105, 13 – пост 42111, 14 – пост 42116, 15 – пост 42116-2, 16 – пост 42112, 17 – пост 42117, 18 – пост 42106)

19)



20)



21)

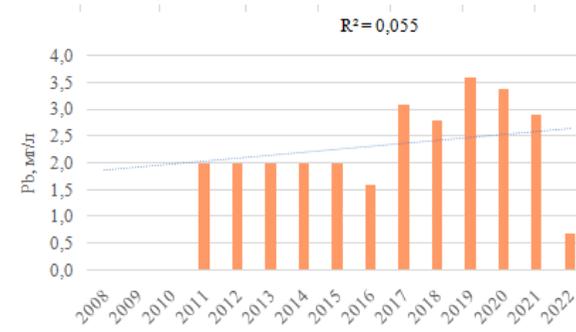


Рисунок А.12–Хронологически графика концентрации Рb(19–пост42001,20–пост42318,21–пост42300)

ПриложениеБ.

Оценкатрендовврядахнаблюдений

№поста	Длинаряда	$R_2$	$\sigma_R$	$t_{2\alpha}$	$R$	$R/\sigma_R$	Оценказначимости $R/\sigma_R > t_{2\alpha}$	Направле- ниетренда
БПК <sub>5</sub> ,мг/л								
42100	15	0.28	0.24	2.16	0.53	2.25	значим	+
42100-2	15	0.64	0.17	2.16	0.80	4.78	значим	+
42301	15	0.34	0.23	2.16	0.58	2.58	значим	+
42301-2	15	0.75	0.14	2.16	0.87	6.26	значим	+
42302	15	0.24	0.24	2.16	0.49	2.03	незначим	
42303	15	0.36	0.22	2.16	0.60	2.67	значим	+
42305	15	0.37	0.22	2.16	0.60	2.73	значим	+
42306	14	0.42	0.22	2.18	0.65	2.93	значим	+
42101	15	0.44	0.21	2.16	0.66	3.20	значим	+
42103	14	0.12	0.27	2.18	0.34	1.27	незначим	
42104	15	0.32	0.23	2.16	0.57	2.49	значим	+
42105	15	0.31	0.23	2.16	0.56	2.42	значим	+
42111	12	0.80	0.14	2.23	0.90	6.36	значим	+
42116	15	0.50	0.20	2.16	0.71	3.60	значим	+

Продолжение приложения Б

№ поста	Длина ряда	$R_2$	$\sigma_R$	$t_{2\alpha}$	$R$	$R/\sigma_R$	Оценка значимости $R/\sigma_R > t_{2\alpha}$	Направление и тренда
42116-2	15	0.09	0.26	2.16	0.30	1.15	незначим	
42112	15	0.22	0.25	2.16	0.46	1.89	незначим	
42117	14	0.06	0.28	2.18	0.25	0.88	незначим	
42106	12	0.45	0.24	2.23	0.67	2.83	значим	+
42001	11	0.30	0.28	2.26	0.55	1.96	незначим	
42318	15	0.28	0.24	2.16	0.53	2.25	значим	+
42300	12	0.33	0.26	2.23	0.57	2.20	незначим	
N-NH <sub>4</sub> , мг/л								
42100	15	0.03	0.27	2.16	0.17	0.63	незначим	
42100-2	15	0.03	0.27	2.16	0.18	0.68	незначим	
42301	15	0.01	0.28	2.16	0.10	0.38	незначим	
42301-2	15	0.15	0.26	2.16	0.38	1.50	незначим	
42302	15	0.07	0.27	2.16	0.26	0.97	незначим	
42303	15	0.09	0.27	2.16	0.29	1.10	незначим	
42305	15	0.01	0.28	2.16	0.08	0.28	незначим	

Продолжение приложения Б

№ поста	Длина ряда	$R_2$	$\sigma_R$	$t_{2\alpha}$	$R$	$R/\sigma_R$	Оценка значимости $R/\sigma_R > t_{2\alpha}$	Направление и тренда
42306	14	0.06	0.28	2.18	0.24	0.84	незначим	
42101	15	0.08	0.27	2.16	0.29	1.08	незначим	
42103	14	0.19	0.26	2.18	0.43	1.66	незначим	
42104	15	0.01	0.28	2.16	0.08	0.30	незначим	
42105	15	0.02	0.27	2.16	0.15	0.57	незначим	
42111	12	0.28	0.27	2.23	0.53	1.97	незначим	
42116	15	0.01	0.28	2.16	0.07	0.26	незначим	
42116-2	15	0.22	0.24	2.16	0.47	1.93	незначим	
42112	15	0.05	0.27	2.16	0.22	0.83	незначим	
42117	14	0.15	0.27	2.18	0.38	1.43	незначим	
42106	12	0.32	0.26	2.23	0.56	2.16	незначим	
42001	11	0.02	0.33	2.26	0.15	0.46	незначим	
42318	15	0.03	0.27	2.16	0.17	0.63	незначим	
42300	12	0.13	0.30	2.23	0.36	1.21	незначим	

Продолжение приложения Б

№ поста	Длина ряда	$R_2$	$\sigma_R$	$t_{2\alpha}$	$R$	$R/\sigma_R$	Оценка значимости $R/\sigma_R > t_{2\alpha}$	Направление тренда
N-NO <sub>2</sub> , мг/л								
42100	15	0.07	0.27	2.16	0.26	0.98	незначим	
42100-2	15	0.06	0.27	2.16	0.25	0.92	незначим	
42301	15	0.00	0.28	2.16	0.03	0.11	незначим	
42301-2	15	0.06	0.27	2.16	0.25	0.94	незначим	
42302	15	0.36	0.22	2.16	0.60	2.70	значим	-
42303	15	0.15	0.26	2.16	0.38	1.49	незначим	
42305	15	0.44	0.21	2.16	0.66	3.20	значим	+
42306	14	0.43	0.22	2.18	0.66	3.02	значим	+
42101	15	0.00	0.28	2.16	0.06	0.23	незначим	
42103	14	0.04	0.28	2.18	0.21	0.73	незначим	
42104	15	0.01	0.28	2.16	0.10	0.38	незначим	
42105	15	0.15	0.26	2.16	0.39	1.54	незначим	
42111	12	0.08	0.30	2.23	0.28	0.94	незначим	
42116	15	0.06	0.27	2.16	0.25	0.92	незначим	

Продолжение приложения Б

№ поста	Длина ряда	$R_2$	$\sigma_R$	$t_{2\alpha}$	$R$	$R/\sigma_R$	Оценка значимости $R/\sigma_R > t_{2\alpha}$	Направление и тренда
42116-2	15	0.06	0.27	2.16	0.24	0.89	незначим	
42112	15	0.03	0.27	2.16	0.16	0.59	незначим	
42117	14	0.16	0.26	2.18	0.40	1.53	незначим	
42106	12	0.02	0.31	2.23	0.13	0.40	незначим	
42001	11	0.29	0.28	2.26	0.53	1.89	незначим	
42318	15	0.07	0.27	2.16	0.26	0.98	незначим	
42300	12	0.00	0.32	2.23	0.06	0.20	незначим	
N-NO <sub>3</sub> , мг/л								
42100	15	0.03	0.27	2.16	0.16	0.59	незначим	
42100-2	15	0.04	0.27	2.16	0.19	0.69	незначим	
42301	15	0.16	0.25	2.16	0.40	1.56	незначим	
42301-2	15	0.14	0.26	2.16	0.38	1.46	незначим	
42302	15	0.12	0.26	2.16	0.35	1.34	незначим	
42303	15	0.35	0.22	2.16	0.59	2.66	значим	+
42305	15	0.22	0.25	2.16	0.47	1.91	незначим	

Продолжение приложения Б

№ поста	Длина ряда	$R_2$	$\sigma_R$	$t_{2\alpha}$	$R$	$R/\sigma_R$	Оценка значимости $R/\sigma_R > t_{2\alpha}$	Направление тренда
42306	14	0.02	0.29	2.18	0.15	0.52	незначим	
42101	15	0.10	0.26	2.16	0.32	1.20	незначим	
42103	14	0.00	0.29	2.18	0.06	0.22	незначим	
42104	15	0.28	0.23	2.16	0.53	2.27	значим	+
42105	15	0.08	0.27	2.16	0.27	1.03	незначим	
42111	12	0.03	0.31	2.23	0.18	0.59	незначим	
42116	15	0.00	0.28	2.16	0.00	0.00	незначим	
42116-2	15	0.02	0.27	2.16	0.14	0.53	незначим	
42112	15	0.23	0.24	2.16	0.48	1.99	незначим	
42117	14	0.01	0.29	2.18	0.09	0.33	незначим	
42106	12	0.01	0.32	2.23	0.08	0.27	незначим	
42001	11	0.61	0.21	2.26	0.78	3.78	значим	+
42318	15	0.03	0.27	2.16	0.16	0.59	незначим	
42300	12	0.00	0.32	2.23	0.04	0.14	незначим	

Продолжение приложения Б

№ поста	Длина ряда	$R_2$	$\sigma_R$	$t_{2\alpha}$	$R$	$R/\sigma_R$	Оценка значимости $R/\sigma_R > t_{2\alpha}$	Направление тренда
Р <sub>мин</sub> , мг/л								
42100	15	0.39	0.22	2.16	0.62	2.87	значим	-
42100-2	15	0.04	0.27	2.16	0.19	0.72	незначим	
42301	15	0.66	0.16	2.16	0.81	5.03	значим	-
42301-2	15	0.65	0.16	2.16	0.81	4.92	значим	-
42302	15	0.31	0.23	2.16	0.56	2.43	значим	-
42303	15	0.42	0.21	2.16	0.65	3.05	значим	-
42305	15	0.38	0.22	2.16	0.62	2.85	значим	-
42306	14	0.42	0.22	2.18	0.65	2.95	значим	-
42101	15	0.56	0.18	2.16	0.75	4.06	значим	-
42103	14	0.40	0.22	2.18	0.64	2.85	значим	-
42104	15	0.20	0.25	2.16	0.45	1.80	незначим	
42105	15	0.51	0.19	2.16	0.72	3.69	значим	-
42111	12	0.11	0.30	2.23	0.33	1.09	незначим	
42116	15	0.64	0.17	2.16	0.80	4.80	значим	-

Продолжение приложения Б

№ поста	Длина ряда	$R_2$	$\sigma_R$	$t_{2\alpha}$	$R$	$R/\sigma_R$	Оценка значимости $R/\sigma_R > t_{2\alpha}$	Направление тренда
42116-2	15	0.33	0.23	2.16	0.57	2.51	значим	-
42112	15	0.10	0.26	2.16	0.31	1.19	незначим	
42117	14	0.45	0.21	2.18	0.67	3.16	значим	-
42106	12	0.39	0.25	2.23	0.62	2.51	значим	-
42001	11	0.07	0.32	2.26	0.26	0.82	незначим	
42318	15	0.39	0.22	2.16	0.62	2.87	значим	-
42300	12	0.07	0.31	2.23	0.26	0.84	незначим	
Нефтепродукты, мг/л								
42100	15	0.40	0.21	2.16	0.63	2.95	значим	-
42100-2	15	0.39	0.22	2.16	0.63	2.91	значим	-
42301	15	0.51	0.19	2.16	0.71	3.67	значим	-
42301-2	15	0.39	0.22	2.16	0.63	2.90	значим	-
42302	15	0.44	0.21	2.16	0.66	3.16	значим	-
42303	15	0.43	0.21	2.16	0.66	3.16	значим	-
42305	15	0.31	0.23	2.16	0.56	2.43	значим	-

Продолжение приложения Б

№ поста	Длина ряда	$R_2$	$\sigma_R$	$t_{2\alpha}$	$R$	$R/\sigma_R$	Оценка значимости $R/\sigma_R > t_{2\alpha}$	Направление тренда
42306	14	0.27	0.25	2.18	0.52	2.11	незначим	
42101	15	0.20	0.25	2.16	0.44	1.78	незначим	
42103	14	0.74	0.15	2.18	0.86	5.84	значим	-
42104	15	0.03	0.27	2.16	0.17	0.61	незначим	
42105	15	0.18	0.25	2.16	0.43	1.71	незначим	
42111	12	0.52	0.22	2.23	0.72	3.28	значим	-
42116	15	0.48	0.20	2.16	0.69	3.43	значим	-
42116-2	15	0.56	0.18	2.16	0.75	4.03	значим	-
42112	15	0.53	0.19	2.16	0.73	3.85	значим	-
42117	14	0.63	0.18	2.18	0.79	4.48	значим	-
42106	12	0.04	0.31	2.23	0.20	0.64	незначим	
42001	11	0.40	0.26	2.26	0.63	2.45	значим	-
42318	15	0.40	0.21	2.16	0.63	2.95	значим	-
42300	12	0.08	0.30	2.23	0.28	0.92	незначим	

Продолжение приложения Б

№ поста	Длина ряда	$R_2$	$\sigma_R$	$t_{2\alpha}$	$R$	$R/\sigma_R$	Оценка значимости $R/\sigma_R > t_{2\alpha}$	Направление тренда
Mn, мкг/л								
42100	15	0.34	0.23	2.16	0.58	2.58	значим	-
42100-2	15	0.00	0.28	2.16	0.00	0.01	незначим	
42301	15	0.02	0.27	2.16	0.13	0.47	незначим	
42301-2	15	0.00	0.28	2.16	0.06	0.23	незначим	
42302	15	0.11	0.26	2.16	0.34	1.29	незначим	
42303	15	0.00	0.28	2.16	0.01	0.02	незначим	
42305	15	0.04	0.27	2.16	0.20	0.75	незначим	
42306	14	0.15	0.27	2.18	0.38	1.44	незначим	
42101	15	0.00	0.28	2.16	0.03	0.11	незначим	
42103	14	0.01	0.29	2.18	0.08	0.29	незначим	
42104	15	0.31	0.23	2.16	0.56	2.42	значим	+
42105	15	0.12	0.26	2.16	0.34	1.32	незначим	
42111	12	0.00	0.32	2.23	0.03	0.10	незначим	
42116	15	0.31	0.23	2.16	0.55	2.39	значим	+

Продолжение приложения Б

№ поста	Длина ряда	$R_2$	$\sigma_R$	$t_{2\alpha}$	$R$	$R/\sigma_R$	Оценка значимости $R/\sigma_R > t_{2\alpha}$	Направление и тренда
42116-2	15	0.17	0.25	2.16	0.41	1.60	незначим	
42112	15	0.28	0.24	2.16	0.53	2.23	значим	-
42117	14	0.13	0.27	2.18	0.36	1.35	незначим	
42106	12	0.00	0.32	2.23	0.03	0.10	незначим	
42001	11	0.20	0.30	2.26	0.45	1.50	незначим	
42318	15	0.34	0.23	2.16	0.58	2.58	значим	-
42300	12	0.00	0.32	2.23	0.06	0.20	незначим	
Cu, мкг/л								
42100	15	0.00	0.28	2.16	0.00	0.01	незначим	
42100-2	15	0.01	0.28	2.16	0.12	0.43	незначим	
42301	15	0.66	0.16	2.16	0.81	5.03	значим	+
42301-2	15	0.03	0.27	2.16	0.17	0.62	незначим	
42302	15	0.01	0.28	2.16	0.07	0.26	незначим	
42303	15	0.00	0.28	2.16	0.05	0.20	незначим	
42305	15	0.02	0.27	2.16	0.13	0.47	незначим	

Продолжение приложения Б

№ поста	Длина ряда	$R_2$	$\sigma_R$	$t_{2\alpha}$	$R$	$R/\sigma_R$	Оценка значимости $R/\sigma_R > t_{2\alpha}$	Направление тренда
42306	14	0.01	0.29	2.18	0.09	0.33	незначим	
42101	15	0.00	0.28	2.16	0.00	0.00	незначим	
42103	14	0.00	0.29	2.18	0.03	0.11	незначим	
42104	15	0.01	0.28	2.16	0.07	0.26	незначим	
42105	15	0.03	0.27	2.16	0.17	0.63	незначим	
42111	12	0.00	0.32	2.23	0.00	0.00	незначим	
42116	15	0.00	0.28	2.16	0.03	0.11	незначим	
42116-2	15	0.09	0.26	2.16	0.30	1.12	незначим	
42112	15	0.01	0.28	2.16	0.10	0.38	незначим	
42117	14	0.00	0.29	2.18	0.00	0.00	незначим	
42106	12	0.15	0.29	2.23	0.38	1.30	незначим	
42001	11	0.18	0.30	2.26	0.43	1.41	незначим	
42318	15	0.00	0.28	2.16	0.00	0.01	незначим	
42300	12	0.00	0.32	2.23	0.03	0.10	незначим	

Продолжение приложения Б

№ поста	Длина ряда	$R_2$	$\sigma_R$	$t_{2\alpha}$	$R$	$R/\sigma_R$	Оценка значимости $R/\sigma_R > t_{2\alpha}$	Направление тренда
$Zn, \text{мкг/л}$								
42100	15	0.53	0.19	2.16	0.73	3.84	значим	+
42100-2	15	0.71	0.15	2.16	0.84	5.64	значим	+
42301	15	0.51	0.19	2.16	0.71	3.67	значим	+
42301-2	15	0.76	0.14	2.16	0.87	6.36	значим	+
42302	15	0.73	0.14	2.16	0.86	5.99	значим	+
42303	15	0.74	0.14	2.16	0.86	6.10	значим	+
42305	15	0.78	0.13	2.16	0.88	6.75	значим	+
42306	14	0.67	0.17	2.18	0.82	4.94	значим	+
42101	15	0.67	0.16	2.16	0.82	5.08	значим	+
42103	14	0.66	0.17	2.18	0.81	4.78	значим	+
42104	15	0.78	0.13	2.16	0.88	6.79	значим	+
42105	15	0.82	0.12	2.16	0.90	7.57	значим	+
42111	12	0.62	0.19	2.23	0.79	4.07	значим	+
42116	15	0.82	0.12	2.16	0.91	7.75	значим	+

Продолжение приложения Б

№ поста	Длина ряда	$R_2$	$\sigma_R$	$t_{2\alpha}$	$R$	$R/\sigma_R$	Оценка значимости $R/\sigma_R > t_{2\alpha}$	Направление и тренда
42116-2	15	0.80	0.13	2.16	0.89	7.12	значим	+
42112	15	0.74	0.14	2.16	0.86	6.11	значим	+
42117	14	0.80	0.13	2.18	0.89	6.95	значим	+
42106	12	0.38	0.25	2.23	0.61	2.45	значим	+
42001	11	0.68	0.19	2.26	0.82	4.37	значим	+
42318	15	0.53	0.19	2.16	0.73	3.84	значим	+
42300	12	0.37	0.25	2.23	0.61	2.41	значим	+
$N_i, \text{мкг/л}$								
42100	15	0.47	0.20	2.16	0.69	3.42	значим	-
42100-2	15	0.32	0.23	2.16	0.56	2.47	значим	-
42301	15	0.02	0.27	2.16	0.13	0.47	незначим	
42301-2	15	0.52	0.19	2.16	0.72	3.75	значим	-
42302	15	0.54	0.19	2.16	0.74	3.94	значим	-
42303	15	0.55	0.19	2.16	0.74	3.95	значим	-
42305	15	0.47	0.20	2.16	0.68	3.37	значим	-

Продолжение приложения Б

№ поста	Длина ряда	$R_2$	$\sigma_R$	$t_{2\alpha}$	$R$	$R/\sigma_R$	Оценка значимости $R/\sigma_R > t_{2\alpha}$	Направление тренда
42306	14	0.50	0.20	2.18	0.71	3.49	значим	-
42101	15	0.49	0.20	2.16	0.70	3.56	значим	-
42103	14	0.39	0.23	2.18	0.62	2.74	значим	-
42104	15	0.50	0.20	2.16	0.71	3.63	значим	-
42105	15	0.47	0.20	2.16	0.69	3.41	значим	-
42111	12	0.58	0.21	2.23	0.76	3.70	значим	-
42116	15	0.46	0.20	2.16	0.68	3.30	значим	-
42116-2	15	0.43	0.21	2.16	0.65	3.11	значим	-
42112	15	0.42	0.21	2.16	0.65	3.06	значим	-
42117	14	0.38	0.23	2.18	0.61	2.68	значим	-
42106	12	0.67	0.18	2.23	0.82	4.54	значим	-
42001	11	0.64	0.20	2.26	0.80	4.01	значим	-
42318	15	0.47	0.20	2.16	0.69	3.42	значим	-
42300	12	0.39	0.25	2.23	0.63	2.54	значим	-

Продолжение приложения Б

№ поста	Длина ряда	$R_2$	$\sigma_R$	$t_{2\alpha}$	$R$	$R/\sigma_R$	Оценка значимости $R/\sigma_R > t_{2\alpha}$	Направление тренда
Сг, мкг/л								
42100	15	0.62	0.17	2.16	0.79	4.61	значим	-
42100-2	15	0.50	0.20	2.16	0.71	3.61	значим	-
42301	15	0.63	0.17	2.16	0.80	4.75	значим	-
42301-2	15	0.48	0.20	2.16	0.70	3.49	значим	-
42302	15	0.64	0.17	2.16	0.80	4.82	значим	-
42303	15	0.57	0.18	2.16	0.76	4.16	значим	-
42305	15	0.50	0.20	2.16	0.70	3.57	значим	-
42306	14	0.47	0.21	2.18	0.68	3.23	значим	-
42101	15	0.71	0.15	2.16	0.84	5.68	значим	-
42103	14	0.49	0.21	2.18	0.70	3.42	значим	-
42104	15	0.39	0.22	2.16	0.62	2.88	значим	-
42105	15	0.48	0.20	2.16	0.69	3.43	значим	-
42111	12	0.61	0.20	2.23	0.78	3.93	значим	-
42116	15	0.32	0.23	2.16	0.57	2.48	значим	-

Продолжение приложения Б

№ поста	Длина ряда	$R_2$	$\sigma_R$	$t_{2\alpha}$	$R$	$R/\sigma_R$	Оценка значимости $R/\sigma_R > t_{2\alpha}$	Направление и тренда
42116-2	15	0.55	0.19	2.16	0.74	3.96	значим	-
42112	15	0.59	0.18	2.16	0.77	4.31	значим	-
42117	14	0.27	0.25	2.18	0.52	2.11	незначим	
42106	12	0.40	0.25	2.23	0.63	2.57	значим	-
42001	11	0.24	0.29	2.26	0.49	1.69	незначим	
42318	15	0.62	0.17	2.16	0.79	4.61	значим	-
42300	12	0.61	0.20	2.23	0.78	3.97	значим	-
Рb, мкг/л								
42100	15	0.04	0.27	2.16	0.19	0.70	незначим	
42100-2	15	0.18	0.25	2.16	0.43	1.70	незначим	
42301	15	0.23	0.24	2.16	0.48	1.97	незначим	
42301-2	15	0.40	0.21	2.16	0.63	2.96	значим	+
42302	15	0.23	0.24	2.16	0.48	1.95	незначим	
42303	15	0.30	0.23	2.16	0.55	2.37	значим	+
42305	15	0.30	0.23	2.16	0.55	2.36	значим	+

Продолжение приложения Б

№ поста	Длина ряда	$R_2$	$\sigma_R$	$t_{2\alpha}$	$R$	$R/\sigma_R$	Оценка значимости $R/\sigma_R > t_{2\alpha}$	Направление и тренда
42306	14	0.25	0.25	2.18	0.50	2.02	незначим	
42101	15	0.12	0.26	2.16	0.34	1.30	незначим	
42103	14	0.09	0.28	2.18	0.29	1.07	незначим	
42104	15	0.12	0.26	2.16	0.34	1.32	незначим	
42105	15	0.25	0.24	2.16	0.50	2.09	незначим	
42111	12	0.10	0.30	2.23	0.31	1.02	незначим	
42116	15	0.45	0.21	2.16	0.67	3.24	значим	+
42116-2	15	0.26	0.24	2.16	0.51	2.13	незначим	
42112	15	0.19	0.25	2.16	0.44	1.76	незначим	
42117	14	0.33	0.24	2.18	0.57	2.42	значим	+
42106	12	0.15	0.29	2.23	0.39	1.33	незначим	
42001	11	0.03	0.33	2.26	0.17	0.51	незначим	
42318	15	0.04	0.27	2.16	0.19	0.70	незначим	
42300	12	0.06	0.31	2.23	0.23	0.76	незначим	