



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

“РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ”

Кафедра прикладной и системной экологии

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(Бакалаврская работа)

На тему: «Оценка экологического состояния реки Тверцы»

Исполнитель: Зверева Полина Алексеевна
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель: Доктор химических наук, профессор
(ученая степень, ученое звание)
Мансуров Марат Маруфович
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»
Заведующий кафедрой

(Подпись)

Кандидат географических наук, доцент

(ученая степень, ученое звание)

Алексеев Денис Константинович
(фамилия, имя, отчество)

« 17 » июня 2023

Санкт-Петербург
2023

Оглавление	
ВВЕДЕНИЕ	3
1. ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА БАССЕЙНА РЕКИ ТВЕРЦА	8
1.1 Геоморфология и рельеф	8
1.2 Почвы	10
1.3 Природные зоны	12
1.4 Флора и фауна бассейна реки Тверца	14
1.5 Общая характеристика фауны Тверской области	16
2. ГИДРОЛОГИЯ БАССЕЙНА РЕКИ ТВЕРЦА	20
2.1 Гидрология рек Тверской области, в частности реки Тверца	20
2.2 Климат бассейна реки Тверца	23
3.ВЛИЯНИЕ ЧЕЛОВЕЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ЭКОСИСТЕМУ РЕКИ ТВЕРЦА	25
3.1 Роль промышленности, городской застройки, сельского хозяйства и других факторов в изменении экологического состояния реки Тверца	25
3.2 Промышленность на реке Тверца	26
3.3 Негативные последствия человеческой деятельности	27
4. МЕТОДЫ ОЦЕНКИ РЕЗУЛЬТАТОВ НАБЛЮДЕНИЙ	29
4.1 Комплексная оценка степени загрязнённости воды р. Тверцы с помощью удельного комбинаторного индекса загрязнённости воды	29
4.2 Методика расчета	30
4.3 Результаты наблюдения, анализ и оценка качества вод реки Тверца.	35
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	51
ВЫВОДЫ	54
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	55

ВВЕДЕНИЕ

Вода - беспроигрышный вариант политического давления и защиты национальных интересов и один из главнейших стратегических ресурсов любого государства. Насущной проблемой современности стало ухудшение состояния водных систем и качества природных вод в результате возросшей деятельности человека. Рассеяние и накопление веществ антропогенного происхождения по всей планете не обошли стороной пресноводные экосистемы, в которых качество воды существенно изменилось за последние десятилетия. Считается, что деятельность промышленных предприятий, которые направляют свои сбросы в реки и океаны, вносят определяющую роль в загрязнение водной экосистемы. Современное сельское хозяйство вкладывает не меньший вклад в загрязнение водной среды с его интенсивным внесением удобрений, использованием средств защиты растений и массовым развитием животноводства. Также определенную роль в формировании качественного и количественного состава поверхностных вод играют и сбросы коммунально-бытовых вод [27].

В России сосредоточено более чем 20% мировых запасов пресных подземных и поверхностных вод. РФ несёт большую ответственность за их рациональное использование перед мировым сообществом. Но это вовсе не означает, что эта вода - качественная. Каждый год в мире умирает более 5 млн. человек от болезней, которые вызваны непригодной для питья водой.

В России каждый третий житель вынужден пить воду, санитарно-химические и микробиологические параметры которой не отвечают гигиеническим нормативам. В настоящее время особо значимое место стала занимать проблема негативного воздействия на водный бассейн России в районах, где интенсивно развита современная промышленность. Напрямую с вопросом экологической защиты поверхностных вод связан вопрос загрязнения водной части биосферы. Под поверхностными водами понимают воды, находящиеся и формирующиеся на поверхности земной

оболочки. К ним относятся ручьи, реки, озера, моря, океаны и другие водоемы. Мониторинг всех компонентов экосистемы, в частности мониторинг водных объектов, является неотъемлемым этапом экологической безопасности [29].

Тверца - это река, которая расположена в Тверской области России. Она имеет длину 188 км, а площадь ее бассейна составляет 6510 км² и включает в себя 269 озер и водохранилища общей площадью 13,6 км². Также Тверца является левым притоком Волги, в которую впадает в городе Тверь, протекая через различные районы и города, включая Вышневолоцкий, Спировский, Торжокский и Калининский. Река относится к Верхневолжскому бассейновому округу, входит в состав Вышневолоцкой водной системы и частично является судоходной. В истории реки в районе Вышнего Волочка присутствуют древние истоки, которые к настоящему времени были осушены и заблаговременно застроены, и сейчас река начинается с выхода из Старотверецкого канала. Вдоль берегов Тверцы находится множество памятников архитектуры и археологии. [6]

Проблема загрязнения реки Тверца является актуальной и требует незамедлительных мер для ее решения. На протяжении многих десятилетий река сталкивается с различными источниками загрязнения, такие как сельскохозяйственные стоки, промышленные выбросы, бытовые отходы и другие формы антропогенного воздействия, что приводит к ухудшению нарушению экосистемы, качества воды и угрозе здоровью людей и животных, зависящих от реки Тверца [29].

Одна из основных причин загрязнения реки Тверца- промышленная деятельность. Выбросы промышленных предприятий, таких как фабрики, заводы и предприятия по переработке сырья, могут содержать различные химические вещества и токсины, которые в свою очередь попадают в реку через прямые сбросы или сточные воды. Это включает в себя отходы химической промышленности, нефтепереработки, металлургических

производств и других отраслей. Существуют и другие причины загрязнения реки Тверца. Далее будет представлена их краткая характеристика:

Сельское хозяйство: использование удобрений, пестицидов и других химических веществ в сельском хозяйстве может приводить к загрязнению реки Тверца. Сельскохозяйственные стоки, которые содержат нитраты, фосфаты и пестициды, могут попадать в реку, особенно во время полива полей и дождей.

Бытовые стоки: выбросы бытовых отходов, включая сточные воды из канализационных систем и домашних хозяйств, также являются причиной загрязнения реки Тверца. Это включает в себя необработанные стоки, которые содержат пластик, органические вещества, лекарства и другие загрязнители.

Несанкционированная свалка отходов: незаконная свалка промышленных и бытовых отходов вблизи реки может приводить к проникновению токсичных веществ в почву и воду, которые затем могут попасть в реку через намыв или стоки.

Эрозия почвы: неправильное использование земель, вырубка лесов и неподходящие методы земледелия способствуют эрозии почвы, что приводит к попаданию большого количества почвенных частиц, удобрений и пестицидов в реку во время дождей и таяния снега.

Крупные населенные пункты: большие города и населенные пункты, расположенные на берегах реки Тверца, могут быть источниками загрязнения через промышленные выбросы, сточные воды, отходы и другие формы антропогенного воздействия.[24]

В совокупности все эти факторы вместе способствуют загрязнению реки Тверца и создают угрозу ее экологическому состоянию, биоразнообразию и здоровью человека.

Река Тверца является важным водным ресурсом и экосистемой, которая поддерживает разнообразие жизни, в том числе животных, растений

микроорганизмы. Загрязнение реки приводит к нарушению экологического баланса и угрожает жизни водных организмов. Далее приведены отрицательные последствия загрязнения реки Тверца [23]:

Ухудшение качества воды: загрязненная вода в реке Тверца несет угрозу жизни множества видов растений, рыб и других организмов, что приводит к снижению биоразнообразия и нарушению экосистемы реки. Нарушение экологического равновесия и пищевой цепи может оказывать долгосрочное влияние на экосистему реки.

Влияние на здоровье человека: загрязненная вода реки Тверца может содержать токсичные вещества, которые, в свою очередь, могут использоваться для сельскохозяйственного орошения и попадать в питьевую воду. Это может вызывать серьезные заболевания у людей, такие как проблемы с пищеварительной системой и отравления. Также выбросы вредных веществ из загрязненной воды могут негативно влиять на качество воздуха [14].

Экономические последствия: река Тверца играет важную роль в промышленности, сельском хозяйстве и туризме региона. Загрязнение реки может привести к ухудшению состояния рыбных ресурсов, сокращению урожайности сельскохозяйственных угодий и снижению привлекательности для развития туристической инфраструктуры, что может вызвать экономические потери и, следовательно, снижение уровня жизни в регионе.

В целом, загрязнение вод реки Тверца имеет серьезные последствия для экосистемы, здоровья населения и экономики региона. Следовательно, проблема загрязнения реки Тверца остается актуальной и требует срочных мер для восстановления ее экологического состояния и охраны, а также для развития устойчивой экономики и защиты здоровья населения [16].

Данная работа посвящена сравнительному анализу степени загрязненности в верховье и низовье р. Тверца, исследованию ее

гидрохимических показателей и определению удельного комбинаторного индекса загрязненности вод Тверцы.

Предмет исследования: ряды концентраций тяжёлых металлов в период с 2018 по 2021 гг.

Объект исследования: бассейн реки Тверца (ПН г. Вышний Волочек; ПН г. Торжок (ниже города); ПН г. Торжок (выше города); ПН г. Тверь)

Цель работы состояла в изучении степени загрязненности и оценке качества вод бассейна реки Тверца.

Для достижения поставленной цели в работе решаются следующие задачи:

1. Изучить проблемы водных ресурсов реки Тверца.
2. Предоставить физико-географическую характеристику рассматриваемого водного объекта и региона исследования в целом.
3. По архивным данным оценить загрязнённость вод бассейна реки Тверца на следующих створах: ПН г. Вышний Волочек; ПН г. Торжок (ниже города); ПН г. Торжок (выше города); ПН г. Тверь
4. Классифицировать воду по степени загрязненности с помощью удельного комбинаторного индекса загрязненности вод (УКИЗВ), который позволяет оценить загрязненность воды по перечню показателей качества и ингредиентов.

1. ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА БАССЕЙНА РЕКИ ТВЕРЦА

1.1 Геоморфология и рельеф

Река Тверца — это река, протекающая в западной части России через Тверскую область и является левым притоком реки Волги. Общая длина реки Тверца составляет около 188 километров.

Река берет свое начало на восточном склоне Валдайской возвышенности на высоте около 300 метров над уровнем моря. Исток реки находится в окрестностях поселка Волковское. Оттуда она течет на северо-запад через различные районы Тверской области, включая города Вышний Волочек, Кимры, Торжок и впадает в Волгу в районе города Твери.

Водосборная площадь реки Тверца составляет приблизительно 14,400 километров квадратных. Эта площадь охватывает территории нескольких регионов, включая Московскую, Смоленскую и Тверскую области. Река Тверца впадает в Волгу и является ее левым притоком. Карта бассейна реки представлена на рисунке 1.

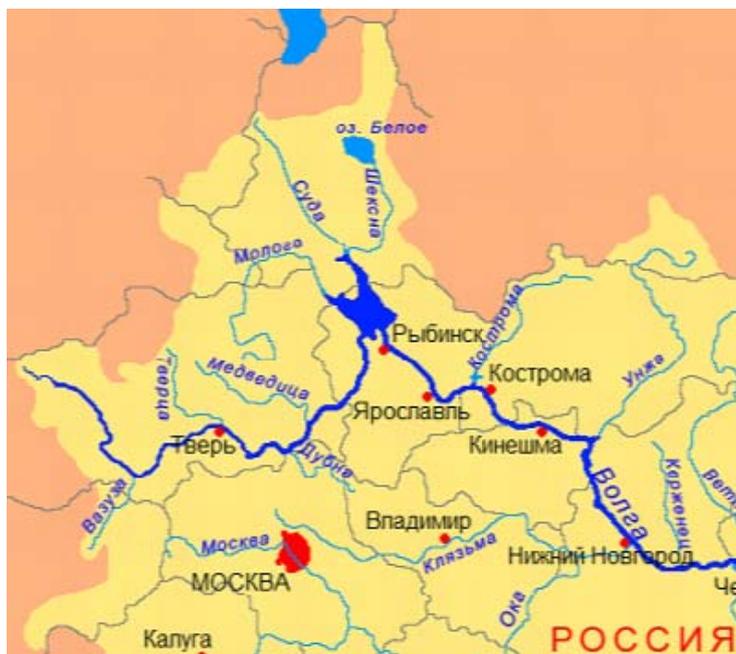


Рисунок 1. Физико-географическое расположение бассейна р. Тверца [5]

Бассейн реки Тверца расположен на северо-западе Восточно-Европейской (Русской) равнины, для которой характерно чередование возвышенностей и низменностей. Большая часть территории области представляет собой равнинный рельеф, с холмами, возвышенными участками и низинами.[5]

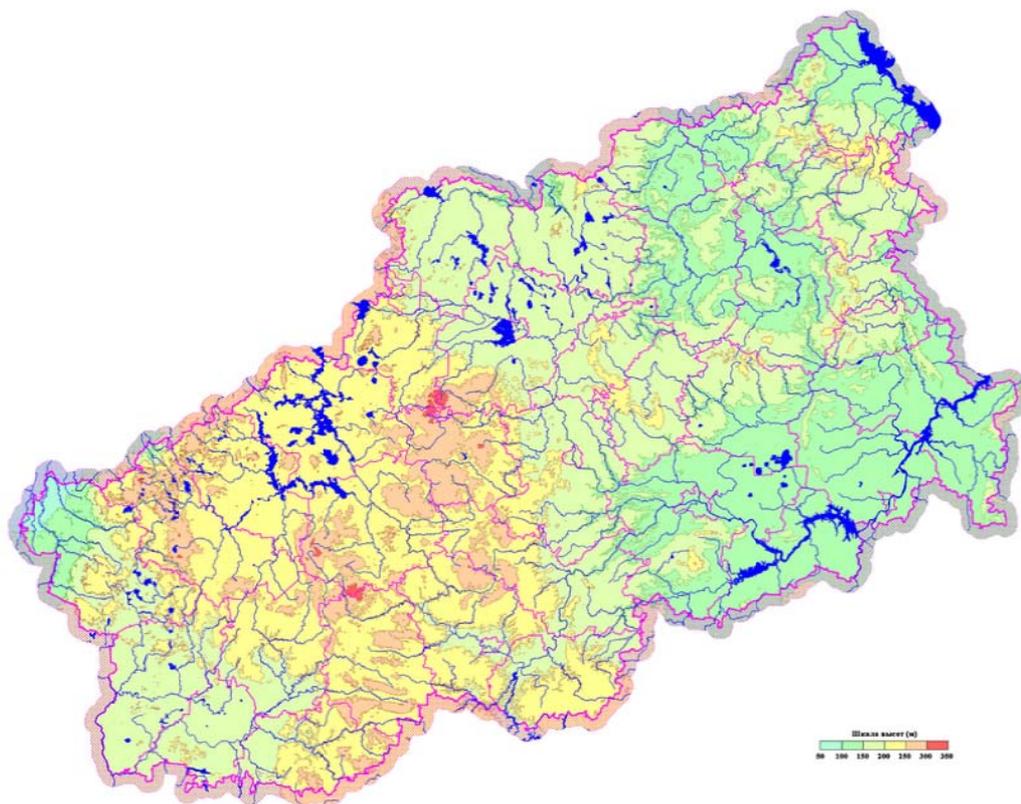


Рисунок 2. Схема рельефа Тверской области [8]

Валдайская возвышенность занимает значительную часть области и состоит из различных гряд и поднятий. Некоторые из них включают Ильинские горы, Цнинскую возвышенность, Оковский Лес, Свиные горы, Бельскую возвышенность и другие. Эти поднятия достигают высоты более 300 метров.

Также на территории бассейна присутствуют другие возвышенности, такие как Овинищенская возвышенность, Карамышевские и гряды Покров-Коноплянские, Лесная гряда, Бежецкий Верх, Лихославльская и

Торжковская гряды. Данные формы рельефа обычно представлены холмистыми участками [10].

Низины и низменности занимают значительную часть территории данной области. Наиболее крупные из них включают Молого-Шекснинскую низину, Верхневолжскую, Средне- и Верхнемоложские низины, , Западно-Двинскую низину Вышневолоцкую низину и Плоскошскую низину.

Для рельефа Тверской области характерны низкие уклоны и углы наклона, главным образом менее 1° . Общий уклон поверхности имеет направление с запада на восток, а также некоторые второстепенные уклоны на север и юго-запад.

В процессе формирования рельефа бассейна реки Тверца играют роль поверхностный смыв, карстовые процессы, оползни и оврагообразование. Также значительное влияние на рельеф и формирование ландшафтов оказывает развитая речная сеть.

Рельеф области оказывает влияние на гидрографическую сеть, микроклиматические условия, грунтовые воды, растительный покров в регионе и почвообразование [9].

1.2 Почвы

Для бассейна реки Тверца характерно разнообразие почвенных типов, которые зависят от геологических условий и рельефа. Наиболее распространены такие типы почв как:

- Подзолистые почвы: занимают около 61,5% площади и образуются под лиственно-хвойными и хвойными лесами с травяным или моховым покровом. Эти почвы обычно имеют подзолистый горизонт, малую мощность гумусового горизонта и кислые на протяжении всего профиля, что делает их малопродуктивными.

- Болотно-подзолистые почвы: составляют около 22,5% почвенного покрова. Они образуются на недренированных участках с высоким уровнем грунтовых вод. Подзолистый процесс сочетается с

образованием сизых оглеенных горизонтов и прожилок, что указывает на переувлажнение почвы. Эти почвы часто встречаются под влажными лугами и смешанными лесами.[3]

- Болотные почвы: занимают около 11% площади Тверской области. Они образуются в условиях застойного увлажнения грунтовыми, атмосферными и смешанными водами. В зависимости от мощности торфяного горизонта выделяются различные типы болотных почв, включая торфяные развитые и торфяно-глеевые почвы.

- Аллювиальные дерновые и луговые почвы: встречаются в пойменных зонах ручьев и рек и составляют около 2,5% почвенного покрова Тверской области. Данный тип почв имеют высокую биогенность и формируется благодаря отложению свежего аллювия при паводках. Аллювиальные дерновые почвы содержат меньше органического вещества и более легкосуглинистые, в то время как в аллювиальных луговых почвах содержится мощный гумусовый горизонт.[3]

- Дерново-карбонатные почвы: составляют всего 0,1% площади и встречаются в небольших массивах. Они формируются на почвообразующих породах, которые богаты карбонатами. Эти почвы отличаются наличием подзолистого горизонта, хорошей водопроницаемостью и высокой плодородностью.[3]



Рисунок 3. Структура почвенного покрова Тверской области

Итак, структура почвенного покрова бассейна реки Тверца характеризуется мелкоконтурностью и мозаичностью, а почвенные типы различаются по своим особенностям, таким как гумусовый горизонт, кислотность, плодородность и наличие подзола.

1.3 Природные зоны

Тверская область находится в западной части Центральной России и включает в себя несколько природных зон, которые варьируются по ландшафтам, климату, растительному и животному миру. В бассейне реки Тверца можно выделить следующие природные зоны:

Лесостепная зона: расположена в южной части области и характеризуется смешением лесной и степной растительности. Здесь встречаются лесные массивы, которые состоят из бука, дуба, осины, ели и сосны, а также степные луга и кустарники [26].

Лесная зона: простирается от лесостепной зоны на север. Здесь можно выделить разнообразные лесные массивы. Встречаются сосновые,

лиственные и смешанные леса, где растут такие деревья, как ель, сосна, дуб, береза, липа и другие [8].

Северная тайга: расположена в северной части Тверской области и характеризуется более суровым, холодным климатом. В этой зоне преобладают лиственные и сосновые леса, а также тундровые участки и болота.

Водные экосистемы: Тверская область богата водными ресурсами. Она включает в себя множество рек, озер и болот. Река Волга является важнейшей водной артерией региона. На берегах рек и озер образуются водные угодья и поймы с характерной для них флорой и фауной.

Антропогенные ландшафты: в области также встречаются ландшафты, измененные деятельностью человека, такие как поселения, промышленные зоны, сельскохозяйственные поля и транспортные магистрали[9].

На рисунке 4 представлена схематичная карта лесного покрова Тверской области:

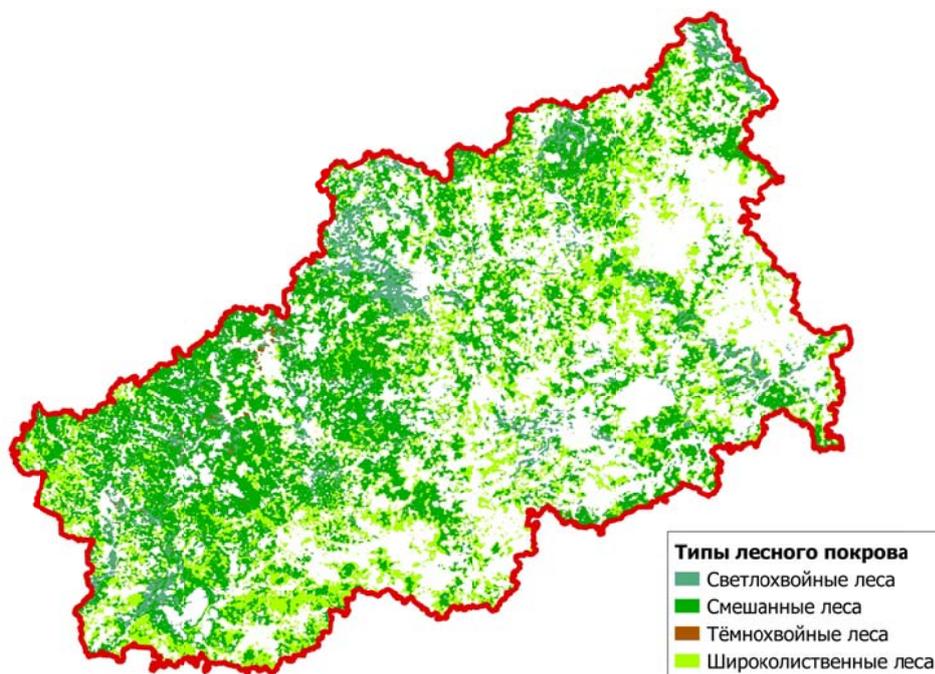


Рисунок 4. Схематичная карта лесного покрова Тверской области [11]

1.4 Флора и фауна бассейна реки Тверца

Среди центральных областей России Тверская область играет важную хозяйственную роль. Здесь присутствует богатое разнообразие лесных угодий с хвойно-лиственным и хвойным древостоем в сочетании с открытыми пространствами, озерами, болотами и водотоками. Все это является залогом высокой продуктивности охотничьей фауны.

Общая характеристика лесного фонда Тверской области

Тверская область практически на 60% своей территории покрыта лесами, которые являются важнейшим экономическим и природным потенциалом и стабилизирующим компонентом окружающей среды региона.

Площадь земель лесного фонда по Тверской области составляет 4 934,75 тыс. га, в том числе лесные земли – 4 537,1 тыс. га, покрыты лесом из них – 4 387,7 тыс. га, общий запас древесины – 715,91 млн. м³, общий средний прирост – 14,73 млн. м³. [1]

В соответствии с социальным, экономическим и экологическим значением лесного фонда леса области отнесены к эксплуатационным и защитным лесам.

Эксплуатационные леса подлежат освоению в целях максимально эффективного, устойчивого получения высококачественной древесины и других лесных ресурсов, продуктов их переработки с обеспечением сохранения полезных функций лесов. Также они имеют существенное промышленное значение. Площадь эксплуатационных лесов области составляет 59,8% (2 922,5 тыс. га). [1]

Защитные леса предназначены для сохранения водоохранных, санитарногигиенических, средообразующих, оздоровительных и иных полезных функций лесов. Площадь защитных лесов области составляет 40,2% (1 959,5 тыс. га).

Главные лесообразующие породы - береза, ель, сосна, ольха, осина, дуб [26]. Основные древесные породы: хвойные - сосна и ель; мягколиственные -

берёза пушистая и бородавчатая, ольха, осина, рябина, черемуха и ивовые - ветла, бредина, ракита; широколиственные - клён, летний дуб, вяз, липа, ясень. [11]

Информация о распределении площади лесных насаждений по породам представлена на рисунке 5.



Рисунок 5. Распределение площади лесных насаждений по породам в 2021 году (тыс. га)

Лесистость Тверской области неодинакова в отдельных ее частях. Наиболее лесистые районы - северные и северо-западные районы области, в которых леса занимают от 30 до 50% площади. К ним относятся Осташковский, Лесной, Фировский, Вышневолоцкий, Сандовский, Максатихинский районы. Сильно обезлесенный район расположен в восточной части области, где лесами покрыто только около 10% площади. Ржевско-Старицкое Поволжье - еще более обезлесенной часть Тверской области. [1]

Распределение разных типов лесов по всему региону очень неравномерно. Это связано с хозяйственной деятельностью человека и различными природными условиями.

1.5 Общая характеристика фауны Тверской области

В настоящее время на территории Тверской области зарегистрировано 392 вида позвоночных животных (в том числе акклиматизированные виды), из них: птиц - 258 видов, млекопитающих - 66, рыб - 52, земноводных - 10, пресмыкающихся - 6 соответственно.

Формирование и развитие фауны Тверской области тесно связано с европейскими сосновыми южно-таежными и широколиственно-еловыми лесами, которые во многом определили современный облик местной фауны.

Запасы различных экологических групп охотничьей фауны находятся в соответствии с распределением угодий. Наиболее популярные объекты животного мира, которые отнесены к объектам охоты в Тверской области: бурый медведь, дикие копытные, пушные виды, водоплавающая и боровая дичь [11].

Основные виды охотничьих ресурсов Тверской области: лось, пятнистый олень, благородный олень, бурый медведь, косуля, заяц-беляк, заяц-русак, рысь.

Лоси - самый крупный представитель семейства оленевых, традиционный объект охотничьего промысла и любительской охоты. Зимой предпочитает молодые сосняки и ельники с густым подлеском, летом — лиственные леса с высокотравьем..

Олень благородный обитает в светлых широколиственных лесах, реже в смешанных, где перелески чередуются спольнами.

Олень пятнистый обитает в смешанных пойменных и разреженных широколиственных лесах.

Косуля европейская обитает в зарослях кустарника с высокотравьем, в смешанных и редкостойных лиственных лесах [10].

На бурого медведя легко наткнуться в зарослях высокой травы. Наиболее предпочтительной средой обитания для данного вида являются сплошные лесные массивы с буреломом.

Заяц-беляк отдаёт предпочтение редколесью, зарастающим вырубкам и гарям, селится по перелескам и опушкам.

Заяц-русак обитает в лесостепях и на открытых пространствах лесной зоны: луга, вырубки, опушки, гари, поляны.

Фауна млекопитающих Тверской области своеобразна и неоднородна по своему составу. Её объединённый «лесной» фаунистический комплекс включает в себя:

а) аazonальные и полизональные виды, такие как волк, ласка, лисица, водяная полёвка, горностай;

б) широко распространённые лесные виды, такие как лось, медведь, белка, заяц-беляк, водяная нощница, обыкновенная бурозубка, лесная мышшь;

в) восточноевропейские виды, такие как куница, орешниковая соня, европейская косуля, лесная европейская норка, желтогорлая мышшь [11].

Два других комплекса определяют переходный характер фауны региона:

1 — обитатели открытых остепнённых пространств, такие как хомяк, заяц-русак, полевая мышшь.

2 — обитатели тайги, такие как медведь, росомаха, рысь, красная полёвка;

Всего на территории Тверской области насчитывается 73 вида из 6-ти отрядов и 18-ти семейств, из них 26 видов из отряда Грызуны, 14 видов из отряда Рукокрылые, 15 видов из отряда Хищные, 8 видов из отряда Насекомоядные, 7 видов из отряда Парнокопытные и 3 вида из отряда Зайцеобразные.

Основными в современной фауне Тверской области являются широко распространённые таежные виды: глухарь, трехпалый и чёрный дятлы,

тетерев, мохноногий сыч, рябчик, бородатая неясыть, снегирь, щур, ястребиная сова, клесты (еловик, белокрылый), рысь, лесная куница, заяц-беляк, волк, лось, бурый медведь, лисица, барсук, енотовидная собака, европейская норка [8].

Типичными представителями арктической фауны в Тверской области являются некоторые виды бабочек, такие как голубянка болотная, сенница болотная, желтушка торфяниковая, некоторые перламутровки, жук-жужелица блестящая [9]. Из позвоночных животных к этой группе относятся белая полярная сова (вид, который встречается во время сезонных кочевок), красная полевка, куропатка. Практически все виды этого комплекса редки и составляют лишь малую часть фауны Тверской области.

Также в Тверской области сохранились некоторые элементы дубравной фауны. Из беспозвоночных животных - это сливовый коконопряд, буковый вилухвост, орешниковая и зеленая совки, ленточник Камилла. Из позвоночных - зеленый дятел, черный хорь, орешниковая соня, зеленушка, желтогорлая мышь, зеленая жаба. Большинство видов животных дубравного комплекса, в особенности насекомые, чаще встречаются в западных районах Тверской области, где сохранились фрагменты естественных дубрав: Жарковском, Западновинском, Бельском, Торопецком [10].

За последние десятилетия природные комплексы Тверского региона были сильно видоизменены деятельностью человека. Широкомасштабное сведение лесов, образование пастбищ, лугов, полей, а впоследствии и городов, промышленных объектов, дорог, способствовало проникновению с юга степных и лесостепных животных. Одни из них встречаются спорадически (удод, сизоворонка, медведка), другие - широко распространились по территории области и стали обычными видами (грач, серая куропатка, заяц-русак) [8]. Ряд видов птиц, в особенности хищных, стали малочисленны или находятся на грани полного исчезновения.

Тверская область богата также водными биологическими ресурсами. В водохранилищах, реках и озерах обитают различные виды рыб. Пресноводные рыбы являются объектами любительского рыболовства и промысла. Из них наиболее большое значение имеют следующие виды рыб: окуневые, карповые и щуковые [25].

2. ГИДРОЛОГИЯ БАССЕЙНА РЕКИ ТВЕРЦА

2.1 Гидрология рек Тверской области, в частности реки Тверца

Тверская область расположена на территории, где протекает более 850 рек и ручьев, общая протяженность которых составляет около 17 тысяч километров. Из них только 21 река имеют длину более 100 километров. Волга - наиболее крупная река в области, протекающая по территории области на протяжении 685 километров. Она имеет более 150 притоков в пределах области, включая реку Тверца. Бассейн реки Волга, общая площадь которого составляет 59 650 квадратных километров, занимает более 2/3 всей территории Тверской области [29]. На территории области также располагаются истоки и верхнее течение реки Волги, а также рек Западная Двина (Даугава) и Днепр.

Тверская область принадлежит в основном к бассейну Каспийского моря, за исключением северо-западных и западных районов, которые относятся к бассейну Балтийского моря.

На территории области насчитывается около 1770 озер площадью более 1 гектара, что составляет 1,4% от всей площади области. Только лишь 19 озер имеют площадь более 10 квадратных километров. Озера в области разнообразны по происхождению: некоторые являются карстовыми озерами, которые образовались в пустотах и провалах в известняковых породах, некоторые из них образовались в результате деятельности талых вод и ледников, например, озера Селигер и Кафтино [29].

Также на реках Тверской области расположены водохранилища, такие как Угличское, Иваньковское и Рыбинское на реке Волге, а также Вышневолоцкое на реке Цна и Вазузское на реке Вазузе. В общей сложности в области находится 9 крупных водохранилищ.

Геолого-геоморфологические и климатические факторы обуславливают относительно слабое развитие речной и овражно-балочной сети на территории области.

Речная долина реки Тверца имеет разнообразный характер. Она слабо террасирована и имеют ровную поверхность, однако на некоторых участках заболочена и изрезана староречьями.

Ширина русла реки составляет примерно 5 метров, глубина на плесах - около 1-2 метров, а на перекатах - от 0,3 до 1,0 метра. Берег реки низкий, имеет умеренно-крутой склон и часто заросли кустарников. Высота его составляет 1-2 метра [12]. Река питается дождевыми, талыми и подземными водами. Основной элемент речного стока - это талая вода, которая составляет до 92% годового стока. Подземное и дождевое питание формируют соответственно около 3% стока.

Средний модуль подземного стока составляет приблизительно 2,5-3,0 литра в секунду на километр квадратный. Подземные воды являются основным источником питания реки в летний и зимний периоды года. Осенью начинает возрастать роль дождевых осадков. Снеготаяние имеет наибольшее значение в период половодья.

Уровень воды в реке имеет выравненный режим, связанный с поступлением воды определенного генезиса. Зимой уровень воды низкий, а летом он немного повышается за счет подземного питания. В летне-осенний сезон в периоды осадков формируются паводки. Весеннее снеготаяние вызывает значительное повышение уровня воды в реке. Половодье обычно начинается в начале апреля и длится около 20-30 дней. В это время уровень воды может подниматься с большой интенсивностью, достигая до 110 см в сутки. Средняя интенсивность повышения уровней воды составляет от 20 до 40 см в сутки. Во второй декаде апреля обычно наблюдаются наивысшие уровни [14].

Иногда на реке Тверца возникают зажоры и заторы, что способствует повышению уровня воды. Заторы чаще всего происходят в осенний период и могут вызывать подъем уровня воды от нескольких сантиметров до 3 метров. Заторы зачастую совпадают с периодом половодья. Кроме заторов на реке

также происходят дождевые паводки. Они обычно продолжаются не более 2 недель и характеризуются интенсивностью подъема уровня воды, которая близка к интенсивности их спада [14]. Приблизительно каждые 10 лет возникают паводки с расходом воды, который превышает норму стока. И примерно раз в 20-30 лет формируются паводки, при которых расход воды превышает норму стока в 5-7 раз.

У речных долинв Тверской области разнообразные характеристики. Большую часть годового стока рек составляет весеннее половодье, примерно 82,2%. Около 13,3% стока формируетлетне-осенняя межень, а зимний сток составляет приблизительно 4,5% годового объема стока. В период максимального стока происходит выход воды на пойму, и уровень воды в реках значительно повышаются.

Глубина водотоков в паводочный период может колебаться от 0,6 до 1,3 метров, а ширина реки изменяется от 0,5 до 4 метров.

Серьезной проблемой в Тверской области является загрязнение рек. Лесные пожары, нерациональное лесопользование и неправильная застройка в поймах рек вызывают усиление эрозии и загрязнение малых рек [16]. В настоящее время остро стоит вопрос загрязнения рек Тверцы, Волги и других рек Тверской области сточными водами хозяйственно-бытового назначения и канализации, что представляет угрозу для питьевого водоснабжения, так как данные реки - это источники питьевой воды для нескольких населенных пунктов.

С учетом вышеизложенной информации можно сделать вывод, что речная долина реки Тверца имеет разнообразные характеристики, сток реки обусловлен в большинстве своем талыми водами, а загрязнение рек в регионе является серьезной проблемой, которая требует незамедлительного принятия мер для сохранения водных ресурсов и обеспечения их чистоты [19]. На рисунке 6 представлен средний расход воды (m^3/c) реки Тверца по месяцам и за годв период с 2018 по 2021 гг.

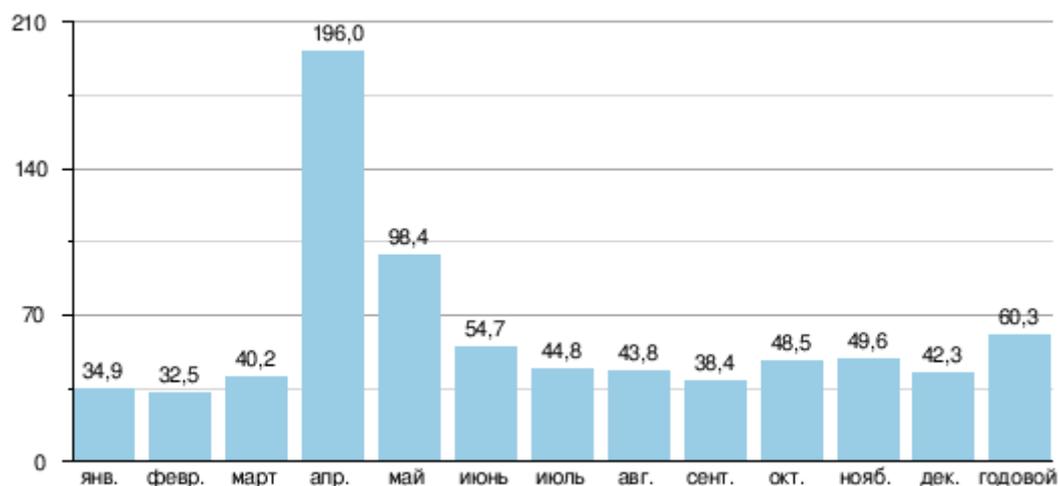


Рисунок 6. Средний расход воды (м³/с) реки Тверцы по месяцам и за год в период с 2018 по 2021 гг.

2.2 Климат бассейна реки Тверца

Климатические условия в бассейне реки Тверца соответствуют субконтинентальному климату, который характерен для большинства регионов Европейской части России.

Далее будут представлены основные особенности климата в этой области:

Умеренная континентальность: для региона характерны заметные сезонные изменения температуры и ярко выраженные зима и лето.

Холодная зима: в зимний период в бассейне реки Тверца достаточно холодно. Средняя температура в январе достигает -10°C и ниже. Также возможны периоды сильных морозов, когда температура может опускаться до -30°C и ниже.

Теплое лето: лето в Тверской области относительно теплое, средняя температура в июле составляет примерно 20°C . Возможны периоды с высокими температурами, которые превышают 30°C .

Умеренное количество осадков: самый влажный период в данном регионе - лето и начало осени, когда часто идут дожди и грозы, а зимой и весной количество осадков обычно уменьшается [25].

Снежный покров: зимой в Тверской области выпадает довольно значительное количество осадков, и снежный покров может сохраняться в течение длительного времени. Это является важным источником воды для реки Тверца весной, когда тает снег.

Ветры: в регионе могут дуть ветры различных направлений, включая западные и восточные. Зимой ветры приносят холодный и сухой воздух, а летом – более теплый и влажный.

Эти климатические условия оказывают влияние на режим реки Тверца, в том числе формирование стока, периоды засухи и половодья [25].

3. ВЛИЯНИЕ ЧЕЛОВЕЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ЭКОСИСТЕМУ РЕКИ ТВЕРЦА

3.1 Роль промышленности, городской застройки, сельского хозяйства и других факторов в изменении экологического состояния реки Тверца

Промышленность, городская застройка, сельское хозяйство и другие факторы имеют большое значение в изменении экологического состояния реки Тверца.

Приведу некоторые конкретные аспекты:

Промышленность: промышленные предприятия, такие как заводы и фабрики по переработке ресурсов, могут являться источниками загрязнения вод реки Тверца. Выбросы вредных веществ, отходы промышленности и необработанные сточные воды могут попадать в водоем, оказывая этим пагубное воздействие на водные организмы и экосистему в целом.

Сельское хозяйство: использование удобрений, пестицидов, гербицидов и других химических веществ в сельском хозяйстве также может приводить к загрязнению реки [24]. Сбросы фосфатов, нитратов и других агрохимикатов из ферм и полей могут причинять вред водным экосистемам, вызывая ухудшение качества воды и угрозу для живых организмов.

Городская застройка: развитие населенных пунктов и городов в бассейне реки Тверца приводит к увеличению сточных вод, включая различные отходы, которые попадают в реку. Это могут быть бытовые стоки, промышленные сточные воды, выбросы от автомобилей и другие источники загрязнения. Некачественная очистка сточных вод городов может нанести ущерб реке и ее экосистеме.

Изменение природного рельефа: строительство дорог, каналов, плотин, дамб и других инженерных сооружений в бассейне реки Тверца может привести к изменению естественного гидрологического режима и рельефа [24]. Это может повлиять на трансформацию течения реки, нарушение

миграции рыб и других животных, уничтожение природных биотопов и затопление береговых территорий.

Потребление водных ресурсов: водоизъемные сооружения, такие как насосные станции и скважины, которые используются для обеспечения сельскохозяйственных, промышленных и коммерческих нужд, могут вызывать уменьшение расхода воды в реке, что может негативно сказываться на экосистеме реки и ухудшать ее состояние.

Для уменьшения отрицательного влияния этих факторов на экологическое состояние реки Тверца необходимо сбалансированное использование водных ресурсов, проведение строгого контроля и надлежащей очистки сточных вод, принятие мер по охране биологического разнообразия и сохранению природных биотопов, а также использование устойчивых методов сельского хозяйства.

3.2 Промышленность на реке Тверца

На реке Тверца расположено несколько предприятий различных отраслей. Вдоль ее русла находятся такие промышленные предприятия, как металлургические комбинаты, заводы по производству строительных материалов, компании по производству химических веществ и другие. Они могут иметь потенциальное воздействие на экологическое состояние Тверцы через выбросы промышленных отходов и загрязнение воды.

В бассейне реки Тверца также расположены сельскохозяйственные предприятия, включая сельскохозяйственные угодья, пастбища и фермы. Использование удобрений, пестицидов и других агрохимикатов может приводить к загрязнению водоема в результате смыва этих веществ в водоток.

На реке Тверца расположены гидроэлектростанции и другие энергетические сооружения, которые тоже могут оказывать влияние на ее

экологическую систему через изменение потока воды гидрологического режима.

Различные города и населенные пункты, построенные на берегах реки Тверца, также оказывают негативное воздействие на экологическую систему. Это может быть связано с использованием реки для питьевого водоснабжения, со сбросом сточных вод и другими факторами, имеющими отношение к городской застройке и инфраструктуре.

Необходимо подчеркнуть, что воздействие вышеперечисленных объектов на реку Тверца может быть различным и зависит от соблюдения экологических стандартов и мер по защите окружающей среды [28]. Помочь минимизировать отрицательное влияние на экосистему реки могут контроль над загрязнением воды и выбросами, а также реализация устойчивых практик использования ресурсов.

3.3 Негативные последствия человеческой деятельности

Промышленные выбросы, сбросы сточных вод из населенных пунктов и сельскохозяйственные отходы могут содержать вредные химические вещества и загрязнять воду реки. Это может приводить к снижению качества воды и угрозе для рыб и других водных организмов, а также для людей, пользующихся рекой для питьевого водоснабжения.

Разрушение природных биотопов и изменение речного русла в результате строительства плотин, дамб, каналов и других инженерных сооружений приводит к утрате местообитаний для многих видов растений и животных [11]. Это может привести к сокращению популяции и даже исчезновению некоторых видов, что нарушает экосистему реки и ее биологическое равновесие.

Строительство плотин и других гидротехнических сооружений может привести к изменению естественного потока реки. Это может вызывать

затопление береговых зон, изменение водных режимов, снижение уровня грунтовых вод и изменение условий для живых организмов.

Неконтролируемое использование сельскохозяйственных практик, таких как неправильное обращение с почвой и неправильное использование удобрений, может привести к эрозии почвы и смыву пестицидов и удобрений в реку[9]. Это может вызывать ухудшение качества воды, потерю плодородных почв и ухудшение условий для растений и животных.

Использование воды для промышленных и сельскохозяйственных нужд, а также для городского водоснабжения, может привести к перегрузке водных ресурсов реки Тверца. Это может привести к исчерпанию водных запасов, снижению уровня воды и ухудшению условий для живых организмов.

В целом, негативные последствия человеческой деятельности на реку Тверца приводят к деградации ее экосистемы, угрозе биологического разнообразия и снижению качества воды. Для снижения негативного влияния необходимо принимать меры по контролю загрязнения, устойчивому использованию ресурсов и сохранению природных биотопов [10].

4. МЕТОДЫ ОЦЕНКИ РЕЗУЛЬТАТОВ НАБЛЮДЕНИЙ

4.1 Комплексная оценка степени загрязнённости воды р. Тверцы с помощью удельного комбинаторного индекса загрязнённости воды

В последнее десятилетие в системе Росгидромета и других службах широкое практическое использование получил удельный комбинаторный индекс загрязнённости воды (УКИЗВ), который применяется наряду с индексом загрязнённости воды (ИЗВ). УКИЗВ является комплексным относительным показателем степени загрязнённости поверхностных вод. Благодаря ему можно оценить долю загрязняющего эффекта, которая вносится в среднем одним из показателей качества воды, в общую загрязнённость воды, и которая обусловлена одновременно наличием ряда загрязняющих веществ [22]. Такой метод комплексной оценки дает возможность объективно оценить загрязнённость воды одновременно по широкому реестру показателей качества воды и ингредиентов, подготовить аналитическую информацию для представления заинтересованным организациям и государственным органам в научно обоснованной, удобной и доступной для понимания форме, классифицировать воду по степени загрязнённости.

При расчете УКИЗВ применяют только нормируемые ингредиенты и показатели свойств и состава воды водного объекта. В качестве норматива используют ПДК вредных веществ для водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования воды, а также рыбохозяйственных водоёмов [23].

Проведенная на основе значений УКИЗВ, классификация качества воды дает возможность разделять поверхностные воды на 5 классов в зависимости от степени их загрязненности. Показатель УКИЗВ в водах различной степени загрязненности может варьироваться от 1 до 16. Худшее качество воды соответствует большему значению индекса. В настоящее время расчеты данных показателей качества воды играют первостепенную

роль при оценке степени загрязненности, т.е. качества вод, поскольку в отличие от ИЗВ включают определение повторяемости случаев превышения нормативных значений, КИЗВ и УКИЗВ, как более точно отражающие ситуацию с качеством воды, а не только определение кратности превышения ПДК. При этом учитываются только гидрохимические показатели, как и при расчете ИЗВ [22].

4.2 Методика расчета.

Исходная информация.

По результатам химического анализа воды реки Тверцы в четырех створах за период с 2018г. по 2021г. необходимо дать комплексную оценку степени ее загрязненности.

По исходным данным рассчитать удельный комбинаторный индекс загрязненности воды (УКИЗВ), дать оценку классу качества воды на основе числа критических показателей загрязненности воды (КПЗ) и удельного комбинаторного индекса загрязненности воды.

Для этого были составлены выборочные таблицы исходных данных, в которые занесли результаты анализа за весь рассматриваемый период (таблица 3).

Выборку делают только по тем ингредиентам, которые должны учитываться в комплексной оценке. Во всех 4-х створах $NA = 15$.

По результатам химического анализа каждой пробы воды рассчитывается коэффициент комплексности загрязненности воды K . Полученные при этом вариационные ряды значений K характеризуют исследуемый период наблюдений за состоянием загрязненности воды водного объекта в конкретном пункте наблюдений.

Для каждой пробы воды определяют число ингредиентов из суммы всех учитываемых, по которым есть данные. За период с 2018г. по 2021г. в пробах воды из реки Тверцы в каждом из 4-х пунктов наблюдения было

определено содержание 15 веществ. Опытным путем было установлено, что для соотношения результатов анализа различие по числу учитываемых при расчете К ингредиентов не должно превышать 30 %. В данной работе разность между количеством определенных и учитываемых ингредиентов во всех пробах воды из всех створов не превышает 30 %, что позволило перейти непосредственно к расчету коэффициента комплексности К [13].

Расчёт значения коэффициента комплексности загрязнённости воды К проводится сначала для каждого результата анализа по формуле:

$$K_{fj} = (N'_{fj} / N_{fj}) \cdot 100 \%, \quad (1)$$

где K_{fj} – коэффициент загрязнённости воды в f-м результате анализа для j-го створа;

N'_{fj} – количество нормируемых показателей качества воды и ингредиентов, значение или содержание которых превышает соответствующие им ПДК в f-м результате анализа для j-го створа;

N_{fj} – общее количество нормируемых показателей качества воды и ингредиентов, определённых в f-м результате анализа для j-го створа.

В графу 2 заносят количество ингредиентов по числу определений n_i . В графу 3 помещают данные по числу определений, которые превышают ПДК n'_i .

На основании данных второй и третьей граф рассчитывается повторяемость случаев превышения α_i . По таблице 1 вносим значение частного оценочного балла S_{α} в таблицу 3, который учитывает число случаев превышения ПДК. («Приложение Е» РД 52.24.643-2002)

Таблица 1. Классификация водных объектов по повторяемости случаев загрязнённости [22].

Повторяемость, %	Характеристика загрязнённости воды	Частный оценочный балл по повторяемости S_{ai}	Доля частного оценочного балла, приходящаяся на 1% повторяемости
$[1^2; 10)^1$	Единичная	[1; 2)	0,11
[10; 30)	Неустойчивая	[2; 3)	0,05
[30; 50)	Характерная	[3; 4)	0,05
[50; 100)	Характерная	4	-

Примечания

- Здесь и далее интервалы обозначают следующим образом: число слева – начало интервала; число справа – конец интервала; круглая скобка показывает, что стоящее при ней значение в интервал не входит; квадратная скобка – значение входит.
- При значениях повторяемости меньше единицы принимаем $S_{ai} = 0$

Рассчитываем кратность превышения ПДК каждого ингредиента ($\Sigma\beta_i$) по следующей формуле:

$$\Sigma\beta_i = \Sigma C_i / \text{ПДК}_i \quad (2)$$

где C_i — концентрация i -го ингредиента (загрязняющего вещества), мг/л.

Затем находим сумму кратностей превышения ПДК по i показателям ($\Sigma\beta_i$), при выполнении этой операции в пакете Excel задается условие сравнения концентрации i -го вещества с табличным значением ПДК.

Определяем среднее значение кратности превышения ПДК по тем ингредиентам, концентрации которых превышают их ПДК, по формуле:

$$\beta'_i = \Sigma\beta_i / n'_i, \quad (3)$$

где n'_i - число тех ингредиентов, у которых наблюдается превышение ПДК [13].

По формуле 4 определяем частный оценочный коэффициент $S\beta_i$, который учитывает кратность превышения ПДК i -го ингредиента на водном

объекте (см. РД 52.24.643-2002, приложение Ж). Результаты вносим в столбец $S_{\beta i}$.

$$S_{\beta i} = \beta'_i * 0.125 + 2 \quad (4)$$

В тех случаях, когда кратность превышения находится в пределах (1;2], частный оценочный балл будет равен кратности превышения.

Далее определяем обобщенный оценочный балл по каждому ингредиенту, вводя в столбец S_i следующую формулу:

$$S_i = S_{\alpha i} * S_{\beta i} \quad (5)$$

Значения комбинаторного индекса загрязненности воды S_A определяем как сумму обобщенных оценочных баллов по каждому ингредиенту:

$$S_A = \sum S_i \quad (6)$$

Далее вычисляем удельный комбинаторный индекс загрязненности воды S'_A :

$$S'_A = S_A / i, \quad (7)$$

где i - общее количество ингредиентов в исследуемом водоеме.

Затем находим число критического показателя загрязнённости F (КПЗ) воды по значениям обобщенных оценочных баллов и условию $S_i \geq 9$. После чего вычисляем коэффициент запаса k , который рассчитывается только при $F \leq 5$ [22]:

$$k = 1 - 0,1 \cdot F \quad (8)$$

Далее при помощи таблицы 2 определяем класс загрязненности воды по числу КПЗ и значению УКИЗВ. Для этого в графе, которая соответствует значению КПЗ, находим градацию значений УКИЗВ, в которую входит его значение, и соответствующие им класс и качественную характеристику [13].

Таблица 2. Классификация качества воды водотоков по значению удельного комбинаторного индекса загрязнённости воды

Класс и разряд	Характеристика состояния загрязненности воды	Удельный комбинаторный индекс загрязненности воды					
		без учета числа КПЗ	в зависимости от числа учитываемых КПЗ				
			1	2	3	4	5
1-й	Условно чистая	1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5
2-й	Слабо загрязненная	(1; 2]	(0,9; 1,8]	(0,8; 1,6]	(0,7; 1,4]	(0,6; 1,2]	(0,5; 1,0]
3-й	Загрязненная	(2; 4]	(1,8; 3,6]	(1,6; 3,2]	(1,4; 2,8]	(1,2; 2,4]	(1,0; 2,0]
разряд "а"	загрязненная	(2; 3]	(1,8; 2,7]	(1,6; 2,4]	(1,4; 2,1]	(1,2; 1,8]	(1,0; 1,5]
разряд "б"	очень загрязненная	(3; 4]	(2,7; 3,6]	(2,4; 3,2]	(2,1; 2,8]	(1,8; 2,4]	(1,5; 2,0]
4-й	Грязная	(4; 11]	(3,6; 9,9]	(3,2; 8,8]	(2,8; 7,7]	(2,4; 6,6]	(2,0; 5,5]
разряд "а"	грязная	(4; 6]	(3,6; 5,4]	(3,2; 4,8]	(2,8; 4,2]	(2,4; 3,6]	(2,0; 3,0]
разряд "б"	грязная	(6; 8]	(5,4; 7,2]	(4,8; 6,4]	(4,2; 5,6]	(3,6; 4,8]	(3,0; 4,0]
разряд "в"	очень грязная	(8; 10]	(7,2; 9,0]	(6,4; 8,0]	(5,6; 7,0]	(4,8; 6,0]	(4,0; 5,0]
разряд "г"	очень грязная	(8; 11]	(9,0; 9,9]	(8,0; 8,8]	(7,0; 7,7]	(6,0; 6,6]	(5,0; 5,5]
5-й	Экстремально грязная	(11; ∞]	(9,9; ∞]	(8,8; ∞]	(7,7; ∞]	(6,6; ∞]	(5,5; ∞]

4.3 Результаты наблюдения, анализ и оценка качества вод реки Тверца.

Для оценки качества воды реки Тверца был использован метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод. Наиболее информативными комплексными оценками, которые получают по данному методу, являются удельный комбинаторный индекс загрязненности воды (УКИЗВ) и класс качества воды.

Исследования на реке Тверца в 4 створах проводили в весенний период с 2018 по 2021 гг. в пределах трех городов – Вышний Волочек (исток реки), Торжок и Тверь (устье реки). При выборе пунктов наблюдений руководствовались данными о хозяйственной инфраструктуре городов, а также об основных источниках загрязнения в них (табл. 3).

Выбранные пункты наблюдения охватывали основные места выброса и сброса загрязняющих веществ хозяйственными и промышленными службами. Пробы воды в створах отбирали в соответствии с ГОСТ Р 51592-2000 «Вода. Общие требования к отбору проб». [9]

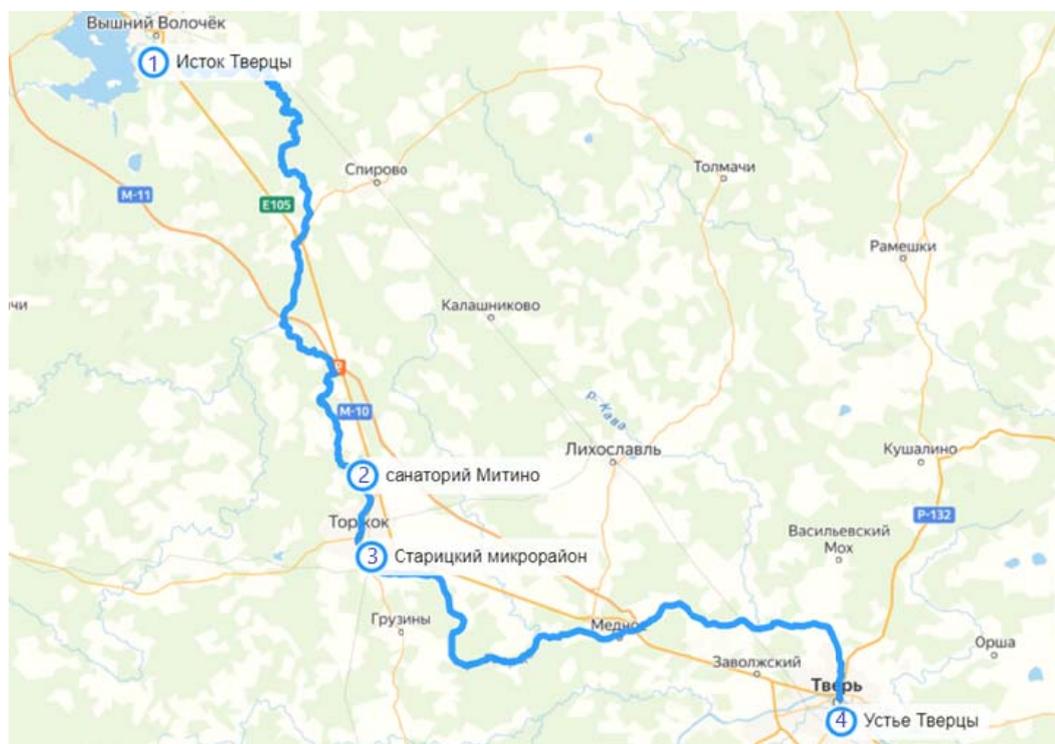


Рис. №7. Схема размещения контрольных створов

Таблица 3. Характеристика пунктов наблюдения на р. Тверца и потенциальных источников загрязнения.[2]

№ створа	Расположение	Потенциальные источники загрязнения
1	г. Вышний Волочёк, около ул. Затверецкая набережная, 59, по левой стороне от моста федеральной трассы М10	производственные стоки: легкая отрасль – ООО «Вышневолоцкий мясокомбинат»; ливневые стоки с автодорог; бытовые стоки
2	г. Торжок, около Митинского лесопарка	бытовые стоки: санаторий Митино
3	г. Торжок, около Старицкого микрорайона	ливневые стоки с автодорог
4	г. Тверь, место впадения р. Тверца в р. Волга (у речного вокзала)	ливневые стоки с автодорог

Расчет выполнялся в соответствии с РД 52.24.643-2002, с включением в перечень из 15 показателей (водородный показатель, взвешенные вещества, БПК5, азот органический, растворенный кислород, гидрокарбонаты, оксид азота, аммоний, фосфаты, фенолы, медь, никель, свинец, железо общее, марганец).

Исходные данные отражены в таблице 4.

Таблица 4. Среднегодовые концентрации основных показателей химического состава р. Тверца в створе № 1.[2]

	Загрязнитель	ПДКрх	2018	8019	2020	2021
			С, мг/л	С, мг/л	С, мг/л	С, мг/л
Вышний Волочек	рН,ед.	6,5-8,5	7,1	8,1	8,2	8,3
	Взв. в-ва	8,75	6,9	11,6	9,6	9,1
	БПК5	2,1	2,3	2,4	2,2	2,2
	Сорг.	11,3	11,2	10,5	13,0	12,1
	О2	Не менее 5,0 летом, 4,0 зимой	7,9	8,0	8,1	8,0

Продолжение таблицы №4.

	Загрязнитель	ПДКрх	2018	8019	2020	2021
			С, мг/л	С, мг/л	С, мг/л	С, мг/л
Вышний Волочек	НСО ⁻³	200	171	158	167	173
	NO ⁻²	0,08	0,09	0,09	0,10	0,12
	NH ⁺⁴	0,5	0,2	0,3	0,5	0,60
	P	0,15	0,03	0,08	0,06	0,10
	Фенол,мкг/л	1	0,25	0,25	0,30	0,45
	Cu	0,001	0,001	0,002	0,002	0,002
	Ni	0,01	0,050	0,030	0,050	0,090
	Pb	0,006	0,003	0,003	0,005	0,007
	Fe общ	0,1	0,8	0,4	0,7	0,700
	Mn	0,01	0,03	0,04	0,05	0,050

По таблице исходных данных был рассчитан коэффициент комплексности загрязненности в данном створе в период с 2018 по 2021 гг.(табл. 5).

Таблица 5. Результаты расчёта значения коэффициента комплексности загрязнённости воды К в створе №1.

	Общее количество нормируемых ингредиентов, по которым имеются данные (N _{fj})	Количество ингредиентов, содержание которых выше ПДК (N' _{fj})	Коэффициент комплексности загрязненности воды, K _{fj} %
2018	15	6	40
2019	15	7	47
2020	15	8	53
2021	15	9	60

Полученные расчётные характеристики позволяют сделать следующие выводы.

Вода реки Тверца в створе №1 в течение всего анализируемого периода обладала средней комплексностью загрязненности. Практически половина определенных ингредиентов являлось загрязняющими. Как правило, это

были легкоокисляемые органические вещества (по БПК₅), аммонийный и нитритный азот, соединения железа, меди, никеля и марганца. Химический состав воды был подвержен существенным изменениям за четыре анализируемых года – размах варьирования коэффициента комплексности (RK) составил 20 %. Анализ загрязненности воды с помощью К показал, что для оценки степени загрязненности воды реки в этом створе целесообразно использовать комплексный метод ($K \geq 10$), который учитывает одновременно всю совокупность загрязняющих воду веществ [13].

Для расчета комбинаторного индекса загрязненности воды для створа №1 по каждому компоненту проводились вычисления, которые представлены в таблице 6.

Таблица 6. Расчет комбинаторного индекса загрязненности р. Тверца в створе № 1.

Ингредиенты и /показатели загрязненности	n_i	n'_i	α_i	$S\alpha_i$	$\Sigma \beta_i$	β'_i	$S\beta_i$	S_i
рН,ед.	4	-	-	-	-	-	-	-
Взв. в-ва	4	3	75	4	3,46	1,15	1,15	4,6
БПК ₅	4	4	100	4	4,33	1,08	1,08	4,32
Сорг.	4	3	75	4	1,09	0,36	0,36	1,44
O ₂	4	-	-	-	-	-	-	-
HCO ⁻³	4	-	-	-	-	-	-	-
NO ⁻²	4	4	100	4	5,00	1,25	1,25	5
NH ⁺⁴	4	1	25	3	1,20	1,20	1,2	3,6
P	4	-	-	-	-	-	-	-
Фенол,мкг/л	4	-	-	-	-	-	-	-
Cu	4	3	75	4	6,00	2,00	2	8
Ni	4	4	100	4	22,00	5,50	2,44	9,75
Pb	4	1	25	3	1,17	1,17	1,17	3,51
Fe общ	4	4	100	4	26,00	6,50	2,56	10,25
Mn	4	4	100	4	17,00	4,25	2,28	9,125

Превышение ПДК наблюдалось по 10 показателям химического состава воды из 15 определяемых ингредиентов. Наибольшая кратность превышения ПДК была у железа. Обобщенный оценочный балл этого компонента составил 10,25.

Удельный комбинаторный индекс равен $S'_A = 3,97$. Число критических показателей загрязненности равно $F=3$ по значению обобщенного оценочного балла и условию $S_i \geq 9$, значит, коэффициент запаса $k=0,7$.

По величине УКИЗВ, согласно методическим указаниям [49], воды реки Тверца у ее истока в пределах города Вышний Волочек относятся к 4 классу, разряду «а», и характеризуются как грязные. Особо выделяются своим высоким загрязняющим эффектом соединения NO^{-2} , железа и марганца. По каждому из них наблюдалась характерная загрязненность высокого уровня.

На рисунке №8 представлена динамика превышения концентрации особо загрязняющих веществ над ПДК.

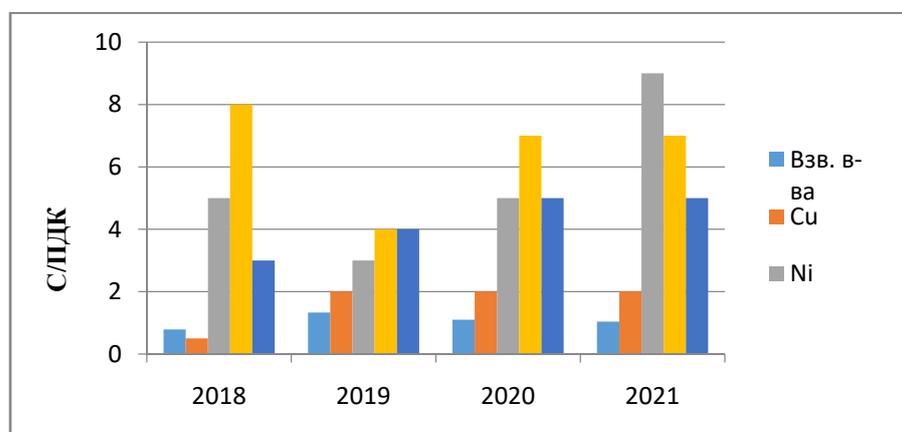


Рисунок 8. Динамика превышения концентрации над ПДК особо загрязняющих веществ в створе №1

По взвешенным веществам ситуация мало меняется. Значения превышения концентрации над ПДК колеблются от 0,8 до 1,3. Наименьшее значение было в 2018 году, максимальное – в 2019, затем к 2021 году содержание взвешенных веществ стало уменьшаться.

Значения превышений по меди варьируются от 0,5 до 2, причем минимальное значение было в 2018, затем произошел довольно резкий скачек, число превышения достигла 2 и сохранялось на протяжении последующих трех лет.

Содержание никеля в водах Тверцы в 2018 было довольно большим (С/ПДК = 5), к 2019 году это число уменьшилось и превышение стало равно 3, после чего снова наблюдался рост, вплоть до 9.

По железу наблюдалась похожая ситуация. В 2018 году значение превышения было равно 8, к 2019 году оно упало до 4, а затем вновь был отмечен рост данного показателя.

По марганцу наблюдалось увеличение числа превышения. Минимальное значение было в 2018 году и равно он трем, затем наблюдался рост этого показателя до 5.

Для расчета комбинаторного индекса загрязненности воды для створа №2 проводились вычисления, представленные в таблице 9. Исходные данные представлены в таблице 7.

Таблица 7. Среднегодовые концентрации основных показателей химического состава р. Тверца в створе № 2.[2]

	Загрязнитель	ПДК	2018	2019	2020	2021
			С, мг/л	С, мг/л	С, мг/л	С, мг/л
Торжок (выше города)	рН,ед.	6,5-8,5	7	7,7	8,1	8,4
	Взв. в-ва	8,75	8,2	10,8	11,6	11,8
	БПК ₅	2,1	3,9	2,4	2,6	2,9
	Сорг.	11,3	15,7	13,3	15,5	14,9
	O ₂	Не менее 5,0 летом, 4,0 зимой	7,5	7,8	8,1	8,1
	НСО ⁻³	200	159	126	187	190
	NO ⁻²	0,08	0,06	0,1	0,1	0,1
	NH ⁺⁴	0,5	0,2	0,2	0,3	0,4

Торжок (выше города)	Загрязнитель	ПДК	2018	2019	2020	2021
			С, мг/л	С, мг/л	С, мг/л	С, мг/л
	Р	0,15	0,02	0,03	0,04	0,08

	Фенол,мкг/л	1	0,25	0,25	0,25	0,25
	Cu	0,001	0,001	0,002	0,002	0,002
	Ni	0,01	0,05	0,08	0,06	0,09
	Pb	0,006	0,0025	0,0025	0,0025	0,0025
	Fe общ	0,1	0,8	0,5	0,6	0,7
	Mn	0,01	0,12	0,05	0,05	0,04

По таблице исходных данных был рассчитан коэффициент комплексности загрязненности в данном створе в период с 2018 по 2021 гг.(табл. 8).

Таблица №8. Результаты расчета значения коэффициента комплексности загрязнённости воды К в створе №2

	Общее количество нормируемых ингредиентов, по которым имеются данные (Nfj)	Количество ингредиентов, содержание которых выше ПДК (N'fj)	Коэффициент комплексности загрязненности воды, Kfj %
2018	15	5	33
2019	15	8	53
2020	15	8	53
2021	15	8	53

Рассчитанные характеристики позволяют сделать вывод, что в створе №2 наблюдалась такая же ситуация, как и в первом створе.

Таблица 9. Расчет комбинаторного индекса загрязненности р. Тверца в створе № 2

Ингредиенты и /показатели загрязненности	n_i	n'_i	α_i	$S\alpha_i$	$\Sigma \beta_i$	β'_i	$S\beta_i$	S_i
рН,ед.	4	-	-	-	-	-	-	-
Взв. в-ва	4	3	75	4	3,91	1,30	1,30	5,21
БПК ₅	4	4	100	4	5,62	1,40	1,40	5,62
Сорг.	4	4	100	4	5,18	1,29	1,29	5,18
O ₂	4	-	-	-	-	-	-	-

Ингредиенты и /показатели	n_i	n'_i	α_i	$S\alpha_i$	$\Sigma \beta_i$	β'_i	$S\beta_i$	S_i
---------------------------	-------	--------	------------	-------------	------------------	------------	------------	-------

загрязненности								
НСО ⁻³	4	-	-	-	-	-	-	-
NO ⁻²	4	3	75	4	3,75	1,25	1,25	5,00
NH ⁺⁴	4	-	-	-	-	-	-	-
P	4	-	-	-	-	-	-	-
Фенол,мкг/л	4	-	-	-	-	-	-	-
Cu	4	3	75	4	6	2	2	8,00
Ni	4	4	100	4	28	7	2,63	10,50
Pb	4	-	-	-	-	-	-	-
Fe общ	4	4	100	4	26	6,5	2,56	10,25
Mn	4	4	100	4	26	6,5	2,56	10,25

За весь период наблюдений в створе № 2 превышение ПДК наблюдалось по 8 ингредиентам химического состава воды из 15 определяемых компонентов. Наибольшая кратность превышения ПДК была у никеля. Обобщенный оценочный балл равен 10,5.

Удельный комбинаторный индекс равен $S'_A = 4$. Число критических показателей загрязненности по значениям обобщенного оценочного балла и условию $S_i \geq 9$ равно $F=3$, из чего следует, что коэффициент запаса $k=0,7$.

В створе, который расположен в городе Торжок в районе санатория «Митино» по величине УКИЗВ также относятся к 4 классу качества и характеризуются как «грязные». Приоритетными загрязняющими веществами являются никель, железо и марганец.

На рисунке №9 представлена динамика превышения концентрации особо загрязняющих веществ над ПДК.

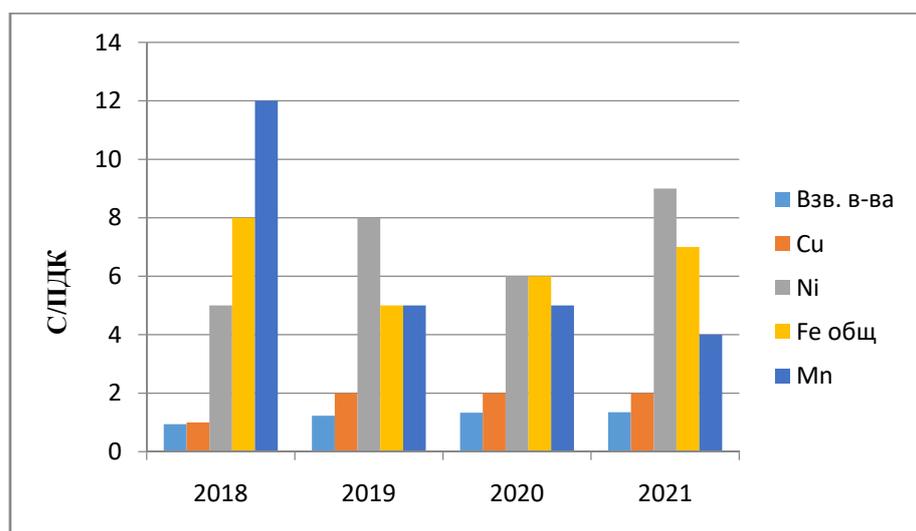


Рисунок 9. Динамика превышения концентрации над ПДК особо загрязняющих веществ в створе №2

По взвешенным веществам наблюдался небольшой рост на протяжении всего периода. Диапазон изменения превышения составляет от 0,94 до 1,35

Значение для меди было минимальным в 2018 году, после чего вырос и стабильно держался до последующего времени.

Превышение концентрации никеля на ПДК колебалось с каждым годом не одинаково. Минимальное оно было в 2018 году, максимальное – 9. Промежуточные значения за 2019 и 2020 гг. равны 8 и 6 соответственно.

По железу наблюдалось большое превышение в 2018 году и составляло оно 8, затем произошло резкое уменьшение до 5, после чего это значение стало увеличиваться и к 2020 году достигло 7 единиц.

По марганцу же заметно уменьшение превышения концентрации над ПДК. В 2018 году оно составило 12, а к 2020 сократилось до 4.

Расчет комбинаторного индекса загрязненности воды для створа №3 представлен в таблице 12. Исходные данные для расчета УКИЗВ представлены в таблице 10.

Таблица 10. Среднегодовые концентрации основных показателей химического состава р. Тверца в створе № 3.[2]

	Загрязнитель	ПДК	2018	2019	2020	2021
			С, мг/л	С, мг/л	С, мг/л	С, мг/л
Торжок (ниже города)	рН, ед.	6,5-8,5	8,0	8,1	8,2	8,1
	Взв. в-ва	8,75	12,8	14,2	11,8	11,3
	БПК ₅	2,1	3,5	2,4	2,5	2,2
	С _{орг.}	11,3	15,5	12,1	12,3	11,9
	O ₂	Не менее 5,0 летом, 4,0 зимой	7,6	7,7	7,9	8,3
	HCO ⁻³	200	184	187	195	192
	NO ⁻²	0,08	0,08	0,09	0,1	0,12
	NH ⁺⁴	0,5	0,2	0,3	0,3	0,4
	P	0,15	0,02	0,02	0,04	0,08
	Фенол, мкг/л	1	0,6	0,25	0,25	0,3
	Cu	0,001	0,004	0,002	0,002	0,003
	Ni	0,01	0,05	0,05	0,05	0,07
	Pb	0,006	0,0025	0,0025	0,0025	0,0025
	Fe _{общ}	0,1	0,8	1,5	0,9	0,8
	Mn	0,01	0,04	0,05	0,05	0,06

По таблице исходных данных был рассчитан коэффициент комплексности загрязненности в данном створе в период с 2018 по 2021 гг. (табл. 11).

Таблица №11. Результаты расчета значения коэффициента комплексности загрязненности воды К в створе №3

	Общее количество нормируемых ингредиентов, по которым имеются данные (N _{fj})	Количество ингредиентов, содержание которых выше ПДК (N' _{fj})	Коэффициент комплексности загрязненности воды, K _{fj} %
2018	15	7	47
2019	15	8	53
2020	15	8	53
2021	15	8	53

Полученные данные позволяют сделать вывод, что вода реки Тверца в створе №3 в течение всего анализируемого периода обладала средней комплексностью загрязненности, а химический состав практически не подвергался изменениям – размах коэффициента комплексности составил 6%.

Для расчета комбинаторного индекса загрязненности воды для створа №3 по каждому компоненту проводились вычисления, которые представлены в таблице 12.

Таблица 12. Расчет комбинаторного индекса загрязненности

Ингредиенты и /показатели загрязненности	n_i	n'_i	α_i	$S\alpha_i$	$\Sigma \beta_i$	β'_i	$S\beta_i$	S_i
pH,ед.	4	-	-	-	-	-	-	-
Взв. в-ва	4	4	100	4	5,73	1,43	1,43	5,73
БПК ₅	4	4	100	4	5,05	1,26	1,26	5,05
C _{орг.}	4	4	100	4	4,58	1,15	1,15	4,58
O ₂	4	-	-	-	-	-	-	-
HCO ⁻³	4	-	-	-	-	-	-	-
NO ⁻²	4	3	75	4	14	4,67	2,33	9,33
NH ⁺⁴	4	-	-	-	-	-	-	-
P	4	-	-	-	-	-	-	-
Фенол, мкг/л	4	-	-	-	-	-	-	-
Cu	4	4	100	4	11	2,75	2,09	8,38
Ni	4	4	100	4	22	5,5	2,44	9,75
Pb	4	-	-	-	-	-	-	-
Fe _{общ}	4	4	100	4	40	10,00	3,00	12,00
Mn	4	4	100	4	20	5,00	2,38	9,50

Превышение ПДК за исследуемый период наблюдений в створе № 3 наблюдалось так же по 8 компонентам химического состава воды из 15 определяемых показателей. Наибольшая кратность превышения ПДК, как и в первом створе, наблюдалась по железу. Обобщенный оценочный балл данного компонента составил 12.

По значению обобщенного оценочного балла и условию $S_i \geq 9$ число критических показателей загрязненности равно $F=4$, коэффициент запаса $k=0,6$.

Данный створ, расположенный в городе Торжок в пределах Старицкого микрорайона, по величине УКИЗВ воды реки на данном участке также отнесен к 4 классу качества, разряду «а», характеризуясь как «грязные». В

качестве приоритетных загрязняющих веществ выступают никель, железо и марганец, как и в створе №2.

На рисунке №10 представлена динамика превышения концентрации особо загрязняющих веществ над ПДК.

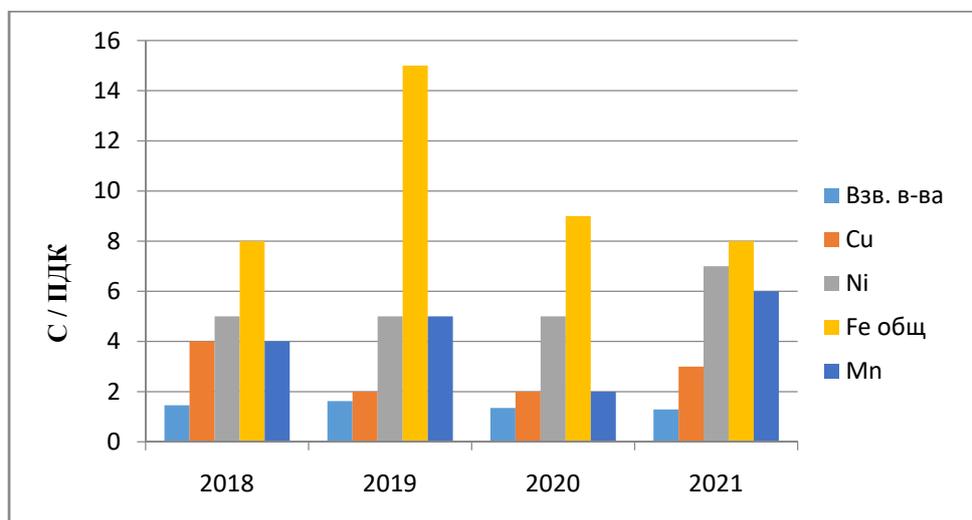


Рисунок 10. Динамика превышения концентрации над ПДК особо загрязняющих веществ в створе №3

По взвешенным веществам ситуация мало меняется. Значения превышения концентрации над ПДК варьируются в пределах от 1,29 до 1,62. Максимальное значение было замечено в 2019, после чего начала наблюдаться тенденция к уменьшению концентраций и в 2021 году превышение концентрации на ПДК достигло минимальной величины

Что касается меди, то в 2018 году данный параметр был максимальным, и равен он 4. В последующие два года, превышение снизилось до 2 единиц, после чего снова наблюдался рост, С/ПДК достигло 3.

Значение превышений по никелю было равно в первые три года, и составляло оно 5 раз, к 2021 году произошел резкий скачок до 7.

Содержание железа в данном створе за исследуемый период было рассеянным. В начале и в конце изучаемого периода, превышение составляло 8 раз, а в 2019 году этот показатель достиг максимального значения и стал равен 15.

Значения превышений по меди варьируются от 0,5 до 2, причем минимальное значение было в 2018, затем произошел довольно резкий скачок, число превышения достигла 2 и сохранялось на протяжении последующих трех лет.

Содержание никеля в водах Тверцы в 2018 было довольно большим (С/ПДК = 5), к 2019 году это число уменьшилось и превышение стало равно 3, после чего снова наблюдался рост, вплоть до 9.

По железу наблюдалась похожая ситуация. В 2018 году значение превышения было равно 8, к 2019 году оно упало до 4, а затем вновь был отмечен рост данного показателя.

Содержание марганца в данный период колебалось от 2 до 6. Минимальное значение было в 2020 году, после чего произошел скачок до максимального показателя.

Для следующего, последнего, створа расчет удельного комбинаторного индекса загрязненности представлен в таблице 15. Исходные данные представлены в таблице 13.

Таблица 13. Среднегодовые концентрации основных показателей химического состава р. Тверца в створе № 4. [2]

Тверь (место впадения р.Тверца в р.Волга)	Загрязнитель	ПДК	2018	2019	2020	2021
			С, мг/л	С, мг/л	С, мг/л	С, мг/л
	рН,ед.	6,5-8,5	7,9	7,7	7,9	8,1
	Взв. в-ва	8,75	16	13,4	12,6	11,7
	БПК ₅	2,1	2,6	2,6	2,4	2,1
	С _{орг.}	11,3	14,1	12,5	13,1	13,5
	О ₂	Не менее 5,0 летом, 4,0 зимой	7,5	7,9	7,8	8,3

Продолжение таблицы №13.

	Загрязнитель	ПДК	2018	2019	2020	2021
			С, мг/л	С, мг/л	С, мг/л	С, мг/л
Тверь (место впадения р.Тверца в р.Волга)	НСО ⁻³	200	167	171	183	191
	NO ⁻²	0,08	0,08	0,08	0,09	0,1
	NH ⁺⁴	0,5	0,2	0,2	0,3	0,4
	P	0,15	0,2	0,2	0,2	0,2
	Фенол, мкг/л	1	0,25	0,25	0,25	0,25
	Cu	0,001	0,005	0,005	0,006	0,008
	Ni	0,01	0,05	0,05	0,05	0,06
	Pb	0,006	0,002	0,0025	0,0025	0,0025
	Fe _{общ}	0,1	0,1	0,4	0,5	0,4
	Mn	0,01	0,06	0,04	0,05	0,05

По таблице исходных данных был рассчитан коэффициент комплексности загрязненности в данном створе в период с 2018 по 2021 гг.(табл. 14).

Таблица 14. Результаты расчёта значения коэффициента комплексности загрязнённости воды К в створе №4

	Общее количество нормируемых ингредиентов, по которым имеются данные (N _{fj})	Количество ингредиентов, содержание которых выше ПДК (N 'fj)	Коэффициент комплексности загрязненности воды, K _{fj} %
2018	15	7	47
2019	15	8	53
2020	15	9	60
2021	15	8	53

Как и в предыдущих створах в данном пункте наблюдения вода реки Тверца на протяжении всего периода обладала средней комплексностью загрязненности, химический состав также практически не подвергался изменениям (R_k=13%).

Таблица 15. Расчет комбинаторного индекса загрязненности

Ингредиенты и /показатели загрязненности	n_i	n'_i	α_i	$S\alpha_i$	$\Sigma \beta_i$	β'_i	S_{β_i}	S_i
рН,ед.	4	-	-	-	-	-	-	-
Взв. в-ва	4	4	100	4	18,82	4,71	2,34	9,35
БПК ₅	4	3	75	4	3,62	1,21	1,21	4,83
C _{орг.}	4	4	100	4	4,71	1,18	1,18	4,71
O ₂	4	-	-	-	-	-	-	-
HCO ⁻³	4	-	-	-	-	-	-	-
NO ⁻²	4	2	50	4	2,38	1,19	1,19	4,75
NH ⁺⁴	4	-	-	-	-	-	-	-
P	4	4	100	4	5,33	1,33	1,33	5,33
Фенол, мкг/л	4	-	-	-	-	-	-	-
Cu	4	4	100	4	24	6,00	2,50	10,00
Ni	4	4	100	4	21	5,25	2,41	9,63
Pb	4	-	-	-	-	-	-	-
Fe _{общ}	4	3	75	4	13	4,33	2,29	9,17
Mn	4	4	100	4	20	5,00	2,38	9,50

В данном створе из 15 определяемых компонентов превышение ПДК наблюдалось по 10 показателям химического состава воды. У меди была зафиксирована наибольшая кратность превышения ПДК и составляла 10,0. Общие оценочные баллы данных компонентов анализа составляют 3,1 и 7,7, соответственно.

Удельный комбинаторный индекс равен $S'_A = 4,48$. Число критических показателей загрязненности по значению обобщенного оценочного балла и условию $S_i \geq 9$ равно $F=5$, а коэффициент запаса $k=0,5$.

Вода реки Тверцы в ПН № 4 по величине УКИЗВ характеризуется как «очень грязная» и относится к 4 классу качества, разряду в. Наблюдается высокое содержание взвешенных веществ, меди никеля железа и марганца.

На рисунке №11 представлена динамика превышения концентрации особо загрязняющих веществ над ПДК.

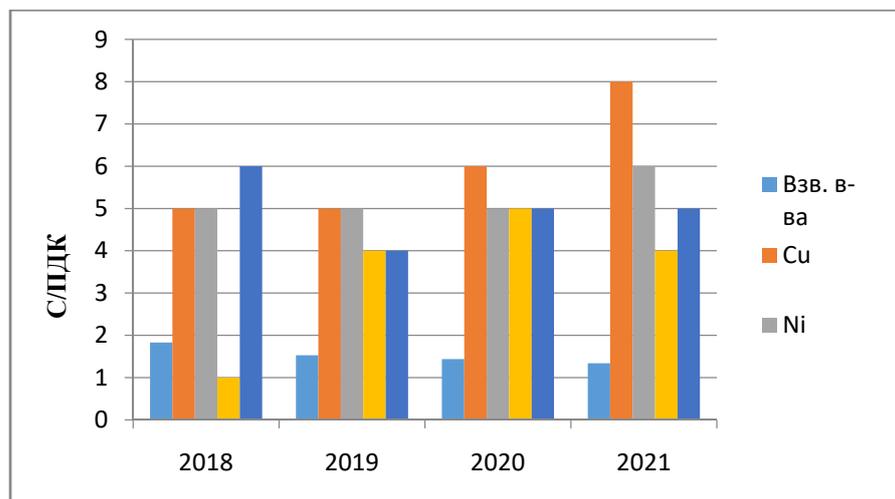


Рисунок 11. Динамика превышения концентрации над ПДК особо загрязняющих веществ в створе №4

По взвешенным веществам наблюдалась тенденция к уменьшению значения превышения концентрации над ПДК. Этот показатель был максимальным в 2018 году и составлял 1,83, а к 2021 году он достиг минимального значения и стал равен 1,34.

По меди же, наоборот, к 2021 году значение $C/ПДК$ только увеличилось и достигло 8. Минимальным этот показатель был в 2018 и 2019 годах и составлял он 5 раз.

Превышение концентрации никеля на ПДК не изменялось в период с 2018 по 2020 год. Значение превышения было равно 5. В 2021 году этот показатель увеличился до 5.

По железу наблюдался рост превышения от 1 до 5 в период с 2018 по 2020 год, в 2021 году наблюдалось уменьшение до 4.

Превышение концентрации марганца над ПДК колебалось с каждым годом не одинаково. Максимальное оно было в 2018 году и составляло 6, минимальное – 4 в 2019 году. В 2020 и 2021 году этот показатель был стабильным и был равен 5.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе были проведены исследования гидрохимических показателей реки Тверца, сравнительный анализ степени загрязненности в верховье и низовье реки и определен удельный комбинаторный индекс загрязненности вод р. Тверца в четырех створах.

Также была предоставлена физико-географическая характеристика региона исследования и рассматриваемого водного объекта, проведен сбор архивных данных о степени загрязнённости бассейна реки Тверца, была оценена и степень воздействия человеческой деятельности на экосистему изучаемого водоема, после чего был выполнен расчет удельного комбинаторного индекса загрязненности воды.

За весь период исследования, согласно полученным данным, прослеживается тенденция ухудшения качества воды реки Тверца на территории Тверской области от истока, расположенного в районе города Вышний Волочек, к истоку, месту, где она впадает в реку Волга. По величине УКИЗВ воды реки Тверца в створах № 1, 2 и 3 относятся к 4 классу качества, разряду а, и характеризуются как «грязные». В четвертом створе, расположенном в г. Тверь, у устья, воды реки относятся к «сильно загрязненным», приоритетным загрязняющим веществом является медь, никель, соединения железа и марганец.

На всем протяжении реки Зеравшан на территории Узбекистана мы видим устойчивое загрязнение медью, где превышение предельно допустимой концентрации наблюдалось в каждом створе, что говорит, об источниках которыми является промышленность в верхнем течении реки на территории Республики Таджикистан, также в отдельных створах наблюдалось загрязнение железом и цинком.

Основными источниками загрязнения вод на территории Тверской области являются производственные сбросные воды от таких предприятий, как ООО «Вышневолоцкий хлопчатобумажный комбинат», ООО

«Вышневолоцкий мясокомбинат», ООО «Пожтехника», ООО «Торжокский вагоностроительный завод, ОАО «Торжокскиезолотошвей», ЗАО «Торжокская обувная фабрика», ОАО «Торжокский завод полиграфических красок», филиал ООО «СТОД», ТЭЦ-3, ООО «Тверская Генерация» и бытовые сточные воды, не соответствующие природоохранным нормативам.

Главными причинами загрязнения воды реки Тверца являются увеличение антропогенного давления на реку от прироста населения; рост экономической деятельности, увеличение водозабора для сельскохозяйственных, промышленных, коммунальных и других нужд региона; низкий уровень эксплуатации гидромелиоративных систем, существующий сброс высокоминерализованных, загрязненных коллекторно-дренажных вод орошаемых территорий Тверской области; неэффективная работа сооружений по очистке коммунальных и промышленных сточных вод.

По результатам проведенных исследований в данной работе можно предложить следующие рекомендации по предотвращению загрязнения и улучшению экологического состояния и качества вод реки Тверца, являющейся основным источником водоснабжения многих населенных пунктов Тверской области:

1. В связи возможными природными и техногенными загрязнениями следует организовать мониторинг качества воды на содержание свинца, меди, никеля и других токсичных металлов по руслу реки Тверца.

2. Следует изыскать возможности организации и внедрения автоматизированных систем контроля качества воды в водоеме.

3. В перспективе необходимо на правительственном уровне внедрить идеи и методы интегрированного управления водными ресурсами реки [24].

4. Необходимость усовершенствования применяемой в настоящее время методики комплексной оценки качества поверхностных вод по гидрохимическим показателям не вызывает сомнений. Применяемые на

данный момент методы оценки не учитывают всех факторов, влияющих на качество воды в водоеме.

5. Стимулирование хозяйствующих субъектов к применению наиболее эффективных экологически ориентированных технологий и методов в интересах повышения ресурсоэффективности водопотребления в промышленности развития более чистых производств.

ВЫВОДЫ

1. Проведена оценка загрязненности поверхностных вод бассейна реки Тверца от зоны формирования до устья.

2. Содержание загрязняющих веществ в водах верховья реки Тверца обусловлено влиянием предприятий, расположенных вдоль реки. Река особенно загрязнена никелем, железом и марганцем.

3. Превышение предельно допустимых концентраций тяжелых металлов в нижнем течении Тверцы наблюдались так же по никелю, железу и марганцу, а также по меди.

4. Антропогенное воздействие с территории Тверской области обусловлено загрязнением реки Тверца производственными и коммунально-бытовыми стоками.

5. Предложены рекомендации по предотвращению загрязнения, контролю и регулированию загрязнения вод исследуемой реки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Атлас лесов. - М.: ГУГК,
- 2 Васильева К.С. , Мейсурова А.Ф. 2015. Оценка поражения тяжелыми металлами р. Волга и ее притоков в г. Твери // Актуальные проблемы безопасности жизнедеятельности и экологии: Материалы I Междунар. науч. практ. конф. (г. Тверь, март 2015 г.). Тверь: Тверь.гос. технол. ун-т. С. 141-144.
- 3 Г.В. Добровольский, С.И. Урусевская, Почвы и почвообразование Восточно-европейской равнины. М 1999 г.
- 4 Генеральный план города Твери // Материалы по обоснованию проекта. 2012. Т. II. 159 с.
- 5 География Тверской области. Под редакцией Ткаченко А. А. Тверь, 1992 г.
- 6 Гигиенические нормативы ГН 2.1.5.2280-07 «Дополнения и изменения N 1 к гигиеническим нормативам «Предельно допустимые концентрации (ПДК) концентрации в водных объектах хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. ГН 2.1.5.1315-03». 2007. УТВ. 28.09.2007, № 75, введен в действие 15.12. 2007 г.
- 7 ГОСТ Р 51592-2000 Вода. 2000. Общие требования к отбору проб 01.07.2001.: ИПК Издательство набора. 57 в.
- 8 Государственный доклад о состоянии и об охране окружающей среды в Тверской области в 2018 году. 2019. М.: Министерство природных ресурсов и экологии. 178 с.
- 9 Государственный доклад о состоянии и об охране окружающей среды в Тверской области в 2019 году. 2020. М.: Министерство природных ресурсов и экологии. 179 с.
- 10 Государственный доклад о состоянии и об охране окружающей среды в Тверской области в 2020 году. 2021. М.: Министерство природных ресурсов и экологии. 139 с.

11 Государственный доклад о состоянии и об охране окружающей среды в Тверской области в 2021 году. 2022. М.: Министерство природных ресурсов и экологии. 143 с.

12 Зимина Т. Ю, Кузовлёв В.В. 2013. Мониторинг окружающей среды в Тверской области в рамках Росгидромета // Охрана окружающей среды в Тверской области: матер. Тверской области.конф. по охр. окруж. ср. Тверь: Изд-во Управление Росприроднадзора по Тверской обл. С. 34-37.

13 Игнатенко Г.К. , Сдельникова Г.К. 2010. Статистическая оценка данных экологического мониторинга с применением EXCEL. Москва: МИФИ. 124 с.

14 Ковалёв, В. П. Экологическое состояние водных объектов Тверской области. Тверь: Тверской государственный университет, 2008.

15 Мейсурова А.Ф. 2015. Анализ содержания металлов в пробах воды на гидрологических объектах г. Твери // Вестн. ТВГУ. сер. Биология и экология . № 3. С. 182-192.

16 Миронова, О. В. Экологическое состояние реки Тверца в районе г. Твери. Тверь: Тверской государственный университет, 2013.

17 Отраслевой анализ экономики Тверской области. Тверь, 2010. 152 с.

18 Официальный сайт администрации Тверской области. Река Тверца: экологическое состояние. <https://www.tverreg.ru/economic/nature/tverca.php> (дата обращения: 10.09.2021)

19 Паспорт города Твери. 2014. М.: Администрация города Твери. 34 с.

20 Приказ Рыболовства от 17.09.2009 № 818 «Об установлении категорий водных объектов рыбохозяйственного значения и свойства добычи (вылова) водных биологических ресурсов, обитающих в них и отнесенных к объектам рыболовства».

21 Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы СанПиН 2.1.4.1116-02 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды,

расфасованной в емкости. Контроль качества». 2002. Утв. 19.03.2002, № 12, введен в действие 26.04.2002 г.

22 Светозаров В.В. 2005. Основы статистической обработки результатов измерений: учеб.пос. М.: Изд-во МИФИ. 40 с.

23 Смирнова В.М., Макеев И.С., Благодаткин А.В. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплинам: «Экология» и «Промышленная экология» для студентов. - Н.Новгород : НГТУ, 2011. - 19 с.

24 Справка о состоянии и загрязнении окружающей среды на территории Тверской области в октябре 2015 года. 2015. Тверь: Тверской ЦГМС - филиал ФГБУ «Центральное УГМС». 20 с.

25 Тверская область. Энциклопедический справочник. Тверь, 1994 г.

26 Цинзерлинг Ю.Д. География Растительного покрова Северо-Запада Европейской части России. 1992.

27 Все о воде [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://all-aboutwater.ru/chemical-composition.php>.

28 Официальный сайт Вышний Волочек. 2016: экономика, финансы и социальная сфера. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://v.volochekadm.ru/index> .

29 Река Тверца // Официальный сайт министерства экономического развития Тверской области. 2013. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://welcometver.ru/sights/20>.