**Национальный исследовательский университет**

**Высшая школа экономики**

**Отделение статистики, анализа данных и демографии факультета экономики**

**Профиль специальных дисциплин «Статистика и анализ данных»**

**Кафедра статистических методов**

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

***«Статистический анализ антропогенного воздействия на водные экосистемы»***

**Выполнила**

**Студентка группы № 41С**

**Лазарева Я.К.**

**Научный руководитель**

**доцент, Копнова Е.Д.**

**Москва 2013**

Оглавление

[Введение 3](#_Toc357088496)

[Глава 1. Введение в водные экосистемы 6](#_Toc357088497)

[1.1. Место водных экосистем в жизни человека 6](#_Toc357088498)

[1.2. Виды и источники загрязнения вод 9](#_Toc357088499)

[1.3. Значимые работы в области изучения проблем водопользования 11](#_Toc357088500)

[Глава 2. Государственное управление в области водных экосистем 15](#_Toc357088501)

[2.1. Основные направления и результаты деятельности 15](#_Toc357088502)

[2.1. Государственное финансирование на охрану окружающей среды 22](#_Toc357088503)

[Глава 3. Анализ водной экосистемы на примере реки в Свердловской области 26](#_Toc357088504)

[3.1. Оценка состояния водного объекта 26](#_Toc357088505)

[3.2. Анализ субъектов и факторов загрязнения водного объекта 29](#_Toc357088506)

[3.2. Анализ динамики и прогнозирование загрязнения водного объекта 34](#_Toc357088507)

[Заключение 50](#_Toc357088508)

[Список используемой литературы 52](#_Toc357088509)

[Приложение 54](#_Toc357088510)

# Введение

Данная работа направлена на изучение проблемы загрязнения вод, так как она является одной из наиболее актуальных для нашей страны. Нарушения, которые обнаруживаются на предприятиях, заводах, фабриках, служат причиной экологических бедствий, что побуждает принимать все более решительные меры для предотвращения, предупреждения и улучшения настоящей ситуации. Такое острое внимание к данной проблеме объясняется тем, что любые нарушения в составе водных ресурсов оказывают влияние на прилегающие почвы, на животных и окружающую природу, а также на здоровье людей. Поэтому каждый случай загрязнения воды должен тщательно изучаться, чтобы, по крайней мере, минимизировать его последствия.

Данная тема выбрана в соответствии с актуальностью данного вопроса в нашей стране и целом мире. Стоит отметить, что 2013 год проходит под лозунгом года охраны окружающей среды, что в полной мере доказывает важность вопросов, касающихся экологической ситуации в мире. Также мы видим заинтересованность государства в улучшении экологии нашей страны, которое сопровождается проведением большого количества мероприятий, таких как круглые столы и конференции, лекции для школьников и студентов, и многое другое.

Целью исследования данной работы являлось изучить антропогенное влияние на экологию водных объектов.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

1. Осуществить первичную обработку данных;
2. Оценить состояние водного объекта в пространстве и времени;
3. Провести сравнительный анализ загрязнителей в территориальном и временном разрезе;
4. Выявить и проанализировать факторы влияния на эколого-экономический баланс водных систем;
5. Разработать методику статистического исследования конкретного водного объекта;
6. Изучить проблему динамики антропогенного воздействия и проверить возможность построения прогноза.

Объектом исследования данной работы является антропогенное воздействие на водные экосистемы. Многие районы в настоящее время пострадали от небрежного человеческого загрязнения, и это загрязнение возвращается, чтобы причинить вред человечеству.

Предметом исследования являются водные экосистемы. В данной работе было оценено состояние водных объектов на макро- и микроуровне. Во второй главе было рассмотрено состояние водных объектов в целом в России, и проанализировано государственной управление в данной области, в частности основные направления деятельности, достигнутые результаты и финансирование на их достижение. В третьей главе проведен анализ состояния динамики конкретной водной экологической системы - реки Исеть в Свердловской области. Данный объект выбран не случайно. Это типичная промышленная зона для Российской Федерации, Екатеринбург воспринимается, как город, связанный с тяжелым машиностроением и металлургией. Здесь находится большое количество заводов, фабрик, промышленных предприятий, которые носят национальную важность. Однако все производственные процессы связаны с потреблением воды, поэтому этот регион известен высокой водозатратностью, а это способствует дефициту питьевой воды.

Данные, использованные в этой работе, предоставлены гидрометслужбой Свердловской области и Министерством природных ресурсов и экологии Российской Федерации.

Информация получена по ежемесячным наблюдениям реки, начиная с января 1986 года и заканчивая декабрем 2009, количество параметров, по которым оценивается состояние реки, 47. Получается, 24 года или 288 месяцев на 47 параметра, то есть 13536 данных. Таких данных у нас по 6, в итоге 81216.

Для проведения статистического анализа были использованы пакеты прикладных программ Excel, SPSS и EViews.

# Глава 1. Введение в водные экосистемы

«Христос ходил по воде.

Если загрязнение рек не прекратится,

скоро ходить по воде сможет каждый»

Андрей Крыжановский

## Место водных экосистем в жизни человека

В последнее время все больше и больше употребляется термин «экология», но не все понимают это слово одинаково. В это время ученые определили и сошлись во мнении, что собой представляет экологический минимум – это значит дышать чистым воздухом, есть еду без химикатов и пить чистую воду. Сам термин был введен Эрнстом Геккелем в 1886 году для обозначения «общей науки об отношениях организмов к окружающей среде». Вообще, слово «экология» происходит от древне-греческого языка - οἶκος «ойкос» — обиталище, жилище, дом, и λόγος «логос» — понятие, учение, наука.

Сейчас уже экология – это отдельная самостоятельная наука, которая пользуется выводами и знаниями других наук, таких как метеорология, океанология, геология, социология, психология, а также экология и многие другие. Это расширение произошло в связи с быстрым ростом численности людей, что означает опасность для всей нашей планеты. Один из примеров ужасных последствий безрассудных действий человека – Чернобыль, ужасная экологическая катастрофа, которая дает о себе знать и по сей день. Собственно поэтому основная цель экологии – изучение взаимодействия человека с окружающей средой, экологическими системами.

Конечно, человечество постепенно начинает осознавать свое пагубное воздействия на природу, но до такого понятия как «ноосфера» (от греческого «ноос» — разум), которое ввел Вернадский ему еще далеко. Ноосфера – это состояние, когда человек органично вписывается в окружающую среду, а пока мы будем преодолевать трудности, которые мы создаем сами себе, затрачивая на это множество усилий и средств.

Главные проблемы – изменение климата и загрязнение окружающей среды, мы эти изменения почти не замечаем, так как они происходят достаточно медленно, но они затрагивают большие территории и представляют серьезную опасность. Поэтому охрана окружающей среды обретает популярность во всем мире.

Для начала нужно привести определение окружающей среды. Говоря ненаучным языком, окружающая среда представляется собой все то, что находится вокруг человека и может повлиять на его развитие. Переходя к научным терминам, окружающая среда – «комплекс окружающих человека или другой живой организм физических, географических, биологических, социальных, культурных и политических условий, который определяет форму и характер его существования» [1]. Окружающая среда имеет непосредственное воздействие на жизнь людей и развитие общества в целом. Поэтому здесь имеет место тесная взаимосвязь между окружающей средой, людьми, развитие и прогрессом. Также окружающая среда может представлять собой угрозу, а именно загрязненный воздух, инфекции, которые передаются с водой, природные катастрофы; все перечисленное представляет собой только часть всех угроз, которые несет в себе окружающая среда. Во всем мире происходит загрязнение природных ресурсов, воды, лесов, земли, в некоторых странах оно прогрессирует с угрожающей скоростью. Если в цели человечества входит устойчивое дальнейшее развитие, то есть не только удовлетворение текущих потребностей, но и безопасность будущих поколений, то мы должны заботиться как об экономическом прогрессе, так и об охране окружающей среды.

Подохраной окружающей средыпонимается  **«**деятельность органов государственной власти РФ, органов государственной власти субъектов РФ, органов местного самоуправления, общественных и иных некоммерческих объединений, направленная на сохранение и восстановление природной среды, рациональное использование и воспроизводство природных ресурсов, предотвращение негативного воздействия хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду и ликвидацию ее последствий» [22].

С самых ранних времен мир очень сильно изменился, внешний облик человека заметно поменялся, поменялись и его поведение, культура, навыки. Огромный скачок был сделан и в области технологий. Только одно осталось неизменным – все, что человек использует в быту и не только, он получает из окружающей среды, собственно, поэтому очень важен доступ к природным ресурсам.

За столько лет взаимодействия природы и человечества запасы природных ресурсов уменьшились, конечно, нельзя говорить о полном истощении, но природы, как и денег, много не бывает. Одним из таких ресурсов является вода, влияние на которую ощущается практически везде.

В жизни человека вода играет огромную роль, она важна для жизни растительного и животного мира, она поддерживает жизнь на нашей Земле. Без воды ничто и никто не выживет, а вода может существовать без какого-либо участия жизни. Это доказывает, что вода на Земле появилась гораздо раньше, чем человек. Таким образом, наша жизнь напрямую зависит от воды, от ее чистоты и качества.

Больше всего водные ресурсы загрязняют стоки с промышленных, сельскохозяйственных территорий, которые попадают как в поверхностные воды, так и в подземную гидросферу и Мировой океан. Возросла тенденция к авариям нефтеналивных танкеров, что резко ухудшило экологию на морских побережьях. Таких примеров можно приводить большое количество, человек использует природу по своему усмотрению, совершенно не согласуя свои действия с ее возможностями. Такой стабильный темп к загрязнению может привести к необратимым последствиям, поэтому сейчас делается очень многое для улучшения экологии на нашей планете.

## Виды и источники загрязнения вод

Выше много было сказано о загрязнении вод и водных экосистем, под этим понимается изменение физического, химического и биологического состояния воды, которое ограничивает ее дальнейшее использование. Существует два вида загрязнения воды, которые отличаются по происхождению:

* естественное или природное – оно «обусловлено круговоротом воды в природе, который неотделим от круговорота вещества. Переходя из одного агрегатного состояния в другое, вода постоянно растворяет, накапливает и переносит огромное количество химических соединений, продукты выветривания горных пород, вулканическую пыль, споры, бактерии и т.д» [3].
* антропогенное – источниками такого загрязнения являются населенные пункты, промышленные и сельскохозяйственные предприятия.

Остановимся на антропогенном загрязнении более подробно.

Основной источник загрязнения от населенных пунктов – сточные воды. В них содержатся в растворенном виде различные вещества бытовой химии, такие как мыло, стиральные порошки; бумажный мусор, отходы животной и растительной пищи, которые поступают из жилых домов; также в сточные воды с улиц стекают воды, загрязненные реагентами, которыми посыпают дороги для ускорения таяния снега и льда.

Гораздо больше загрязнения наносят промышленные стоки, которые в три раза превышают коммунально-бытовые. Основные промышленные отрасли, от которых поступает основное загрязнение, - черная металлургия, нефтеперерабатывающая, целлюлозно-бумажная и промышленность органического синтеза. Это загрязнение происходит из-за того, что вода используется для выполнений разнообразных функций в промышленности, так вода применяется как сырье, охладитель или нагреватель в технологических процессах, с помощью нее можно промывать, сортировать и транспортировать материалы, также воду используют для вывода отходов. Промышленные стоки загрязняют воду большим количеством органических и неорганических веществ.

В сельском хозяйстве вода необходима, чтобы орошать поля, поэтому, когда она стекает с них, в ней содержатся растворы солей, частицы почвы, органические и неорганические удобрения.

Сама по себе вода способна на самоочищение, однако из-за огромного количества антропогенных загрязнителей этот процесс перестает срабатывать.

Далее приведены результаты антропогенного загрязнения:

* в водных экосистемах уменьшается содержание кислорода, что приводит к гибели рыбы и других живых организмов;
* из-за токсичных примесей нарушается биологическое равновесие, это также влияет на размножение болезнетворных микроорганизмов и вирусов;
* растворенные в воде химикаты накапливаются в рыбах и других мелких организмах, это может привести к отравлению тех, кто их потребляет;
* свинец, кадмий, мышьяк – присутствие таких металлов в воде представляет серьезную угрозу для жизни животных и человека;
* соли железа, меди или марганца, окисляясь, практически не растворяются в воде, из-за этого нередко вода становится мутной и даже меняет свой цвет.

Все это доказывает актуальность проблемы загрязнения водных экосистем. Наиболее действенный способ борьбы с загрязнением воды – законы, но очень сложно добиться их соблюдения.

## 1.3. Значимые работы в области изучения проблем водопользования

Существует не так много исследований в области статистического анализа водопользования, особенно в части использования статистического анализа. Наиболее известные исследования принадлежал следующим авторам: Левич, Алимов, Михайлова, Харабрин, однако среди особенно значимых можно отметить диссертацию Шитикова и книгу Данилова-Данильянова.

В своей работе «Водные ресурсы мира и перспективы водохозяйственного комплекса России» Данилов-Данильян [4] уделил внимание многим проблемам человечества. Он отметил важность воды во многих сферах жизнедеятельности, которые невозможно представить без ее использования, таких как «производство продовольствия, производство энергии и промышленной продукции, бытовое потребления и удовлетворение санитарно-гигиенических потребностей» [4]. Растущие потребности человека, развитие мировой экономики становятся источником возникновения дефицита воды во многих странах. Это заставляет внимательнее относиться к водным ресурсам мира, поэтому основной задачей России становится обеспечение рационального водопользования. Автор обратил внимание на то, что в России содержится примерно четверть всех мировых запасов пресных вод, а относительно шести ведущих стран мира по валовому обеспечению воды она имеет неблагоприятное распределение водных ресурсов в течение года, а само использование носит неэффективных характер. Так, например, в годы экономического кризиса, когда многие компании оказались на гране банкротства, чтобы сэкономить средства они прекращали техническое перевооружение, что означало и прекращение соблюдений мер по водосбережению. Также он отмечает интересный факт о том, что для России эпохи перемен всегда проходили тяжело, не исключение и изменение климата, в качестве примера можно привести степи южного Урала, где засух становится больше, что влечет за собой увеличение в потребности в воде для орошения.

В связи с этим Данилов-Данильян выделил основные проблемы национального водопользования:

* низкое качество воды во многих водных объектах, обеспечивающих население питьевой водой;
* снижение качества и состояния гидротехнических сооружений;
* неэкономичное использование водных ресурсов;
* небольшое количество исследований в области развития мониторинга вод;
* малое участие со стороны государства;
* частые случаи загрязнения, возникающие во время различных видов аварий.

По мнению автора, вышеперечисленные проблемы характеризуют основные направления работ по улучшению экологического состояния водных объектов в Российской Федерации, для их решения нужно создать и шаг за шагом применять государственную политику, адресованную на эти цели.

Заключение работы автор посвятил долгосрочным задачам развития экономики России, которые связывает с водными ресурсами. По его словам наша страна вполне может стать «ключевым участников мирового рынка водоемкой продукции» [4] на фоне возрастающего дефицита воды. Для этого нужно применять научные достижения и новые технологии в таких отраслях, как энергетика, металлургия, сельское хозяйство. Россия способна удовлетворить спрос многих стран в водоемкой продукции, а это выгодно для нашей экономики, так как способствует не только укрепления положения России на мировом рынке, но и эффективному развитию хозяйства.

При создании своей диссертации «Интеллектуальные технологии структурного анализа экологических систем» Шитиков [20] ориентировался на актуальность задачи определения качества экологической обстановки, выявления нарушений в функционировании и структуре экологических объектов, а также нахождения количественной оценки антропогенной нагрузки. Основной целью было разработать интеллектуальные технологии анализа, то есть «совокупность компьютерных компонент обеспечивающих формирование и проверку продуктивных гипотез о внутренней структуре сложных многомерных экосистемных объектов» [20].

В ходе проведения этой масштабной работы Шитиков разработал и протестировал приемы и машинные программы, продемонстрировал их работу и эффективность на конкретном водном объекте Среднего Поволжья. Он создал методику оценивания экологического состояния и построил прогнозы дальнейшего развития водной системы, на основе минимизации экологического риска.

Научной новизной данного исследования является то, что Шитиков первый предложил использовать единый методологический подход к анализу водных объектов различных по масштабу, а именно разработать систему программ, позволяющих проводить структурный анализ как крупного озера, так и небольшого водотока. Стоит отметить, что диссертационная работа Шитикова – результат исследований, проводившихся с 1979 по 2006 года на территории Волжского бассейна, в сфере гидробиологии, рационального природопользования и индикации качества окружающей среды. Также выполнение детальной проработки структуры математического анализа, формирование баз данных, алгоритмов и компьютерных программ осуществлялось самим автором.

Как результат проделанной работы была создана интеллектуальная технология структурного анализа, это было достигнуто с помощью методов многомерного статистического анализа, опознавания образов и различных видов моделирования, в большей мере матеметико-картографического. Были определены концепции создания сложных систем по работе с большими массивами данных, которые различаются по своим характеристикам, то есть неоднородных, что облегчает задачу мониторинга водных объектов. Была сформирована база специальных методов. Отличительной особенностью диссертации Шитикова является новизна используемых инструментариев, впервые были применены технологии искусственного интеллекта для анализа водных объектов:

* коллективное прогнозирование;
* нейросетевое моделирование;
* деревья решений;
* генетические алгоритмы;
* самоорганизующиеся карты Кохонена [20].

В целом анализ литературы по изучению водных экосистем показал, что общество волнует проблема загрязнения и экологии вод. Достигнуты значительные успехи в обосновании отдельных феноменов водопользования. Однако в ряду этих работ не столь многочисленны работы, опирающиеся на методологию статистического анализа данных. Проблема сбора данных и специфика предметной области при изучении водных экосистем требует дополнительного изучения, направленного на выяснение особенности поведения этих систем и создания адекватного статистического инструментария их исследования.

# Глава 2. Государственное управление в области водных экосистем

## 2.1. Основные направления и результаты деятельности

Деятельность в сфере водных экосистем в РФ регламентируется на государственном уровне. Основным законодательным документом, регулирующим такую деятельность, является Водный кодекс РФ. А главный федеральный орган исполнительной власти, который осуществляет контроль в области окружающей среды – Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации. В свою очередь оно состоит из:

* Федеральной службы по надзору в сфере природопользования;
* Федерального агентства по недропользованию;
* Федерального агентства водных ресурсов;
* Федерального агентства лесного хозяйства;
* Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды.

Наиболее интересным для нас является федеральное агентство водных ресурсов, так как данная работа направлена на изучение человеческого влияния на их загрязнение. «Миссия Федерального агентства водных ресурсов заключается в обеспечении рационального и безопасного водопользования, исключающего истощение водных ресурсов и необратимое ухудшение качества окружающей среды, безопасности жизнедеятельности населения и объектов экономики от наводнений и другого вредного воздействия вод природного и техногенного характера» [13]. Также интересно выделить основные стратегические цели этого агентства:

* Обеспечение воспроизводства (восстановления) природных ресурсов.
* Создание условий для повышения эффективности использования природных ресурсов.
* Обеспечение защищенности окружающей среды, населения и объектов экономики.
* Снижение риска угроз техногенного характера.
* Создание условий для эффективного осуществления органами государственной власти субъектов Российской Федерации полномочий в области природопользования и охраны окружающей среды. [14]

Теперь каждая цель будет рассмотрена в отдельности, пояснена, также будут приведены показатели достижения целей, данные по которым будут представлены на графиках. Эти показатели характеризуют успешность достижения поставленных целей.

Первая цель об обеспечении воспроизводства природных ресурсов связана с необходимостью восполнения потребляемых экономикой и населением природных ресурсов. Достижение их необходимо для поддержания устойчивого развития экономики страны в ближайшем и отдаленном будущем. Оно предполагает сохранение водности водных объектов, обеспечение воспроизводства минерально-сырьевой базы и геологической изученности территории Российской Федерации и ее континентального шельфа, получения геологической информации. Показатель, который характеризует достижение этой цели - прирост водоотдачи водохранилищ и водохозяйственных систем комплексного назначения (%). «Данный показатель предусматривает относительную величину прироста на конец текущего года суммарной емкости водохранилищ и мощности систем перераспределения стока в результате строительства и реконструкции или расчистки соответствующих сооружений по отношению к суммарной полезной емкости существующих водохранилищ, находящихся в оперативном управлении Росводресурсов, в регионах, социально-экономическое развитие, которых нуждается в создании дополнительных запасов водных ресурсов» [14].

*Рис.1. Прирост водоотдачи водохранилищ и водохозяйственных систем комплексного назначения (%) [14]*

На графике видна стабильная тенденция к повышению данного параметра, также мы видим насколько он увеличился по сравнению с 2005 годом, после которого был резкий скачок параметра, а начиная с 2009 года, он несильно увеличивается, однако положительная тенденция все еще присутствует. Прогноз показал, что к 2013 году планировалось достичь значения данного показателя – 1,55% к общему объему водохранилищ и водохозяйственных систем комплексного назначения, данных по этому году пока нет, поэтому сравнить прогноз с настоящим значением параметра не было возможности. Также целевое значение этого показателя «5» планируется достичь к 2020 году.

Вторая цель о создании условий для повышения эффективности использования природных ресурсов говорит о рациональном использовании природных ресурсов, которое в будущем предполагает сокращение вовлечения новых источников природных ресурсов в экономическом цикле и обеспечивает защиту интересов будущих поколений. Достижение данной цели будет порождать не только развитие смежных отраслей, но и привлечение инвестиций в наукоемкие технологии, которые затрагивают вопросы рациональности использования природы, охраны природных ресурсов, а также их переработки. Показатель, который характеризует достижение этой цели - отношение фактического объема забора воды к установленным лимитам водозабора (%).

*Рис.2. Отношение фактического объема забора воды к установленным лимитам водозабора (%) [14]*

Представленный график очень стабилен, после 2005 года показатель повысился на 1% и составил 98%, это значение поддерживается уже в течение 7 лет. Прогноз на 2013 год также предусматривает поддержание этого уровня. В официальных документах значится, что целевое значение для этого показателя составляет 98%, поэтому можно сказать, что цель выполнена, необходимо только поддерживать отношение фактического объема забора воды к установленным лимитам водозабора на данном уровне 98%.

Теперь рассмотрим третью цель Федерального агентства водных ресурсов, а именно обеспечение защищенности окружающей среды, населения и объектов экономики. Достижение этой цели способно повысить уровень и качество жизни населения нашей страны, это касается улучшения здоровья, демографической ситуации в России - повышения рождаемости населения, и, конечно же, улучшения состояния окружающей среды. Показатель достижения данной цели - доля территорий, подверженных негативному воздействию вод и защищенных в результате проведения инженерных мероприятий, от общей площади таких территорий (%). Он «отражает среднее значение отношений протяженности на конец отчетного периода сооружений инженерной защиты от негативного воздействия вод к общей протяженности участков русел рек и береговой линии водохранилищ (включая протяженность построенных сооружений инженерной защиты), и участков русел рек, на которых на конец отчетного периода завершены работы по увеличению их пропускной способности, к общей протяженности участков русел рек, нуждающихся в проведении таких работ (включая протяженность участков рек, на которых осуществлены соответствующие работы)» [14].

*Рис.3. Доля территорий, подверженных негативному воздействию вод и защищенных в результате проведения инженерных мероприятий, от общей площади таких территорий (%)[14]*

На графике показана динамика развития данного показателя, она положительна, с каждым годом доля защищенных территорий постепенно возрастает. С 2005 года эта доля увеличилась на почти 12%, рост этого показателя стабильный и в среднем составляет 1,33% в год. За 2013 год прогнозировали достичь уровня 52,60%, тогда как целевое значение доли защищенных территорий составляет 70%, достижение которого планируется на 2020 год.

Следующая цель, которая будет рассмотрена, это снижение риска угроз техногенного характера. Эта цель также очень важна, как и остальные, так она обеспечивает национальную безопасность, что подразумевает под собой предотвращение и ликвидацию последствий любых чрезвычайных ситуаций. Параметр, который описывает снижение риска угроз техногенного характера - доля находящихся в ведении Росводресурсов, в собственности субъектов Российской Федерации, муниципальной собственности, и бесхозяйных ГТС, имеющих безопасное техническое состояние (%). По имеющимся данным был составлен график:

*Рис.4. Доля находящихся в ведении Росводресурсов, в собственности субъектов Российской Федерации, муниципальной собственности, и бесхозяйных ГТС, имеющих безопасное техническое состояние (%) [14]*

На Рис.4 представлены данные за 9 лет, в течение которых наблюдается положительная динамика данного показателя. Интересно отметить, что тут нет никаких скачков, то есть увеличение происходит достаточно равномерно. Планировалось, что к 2013 году значение данного параметра увеличится до 92,96%. Пока эти данные не могут быть проверены или сравнены с фактическими. Целевое значение этого показателя 98%, достижение которого запланировано на 2010 год.

Наконец пятая и последняя стратегическая цель данного агентства - создание условий для эффективного осуществления органами государственной власти субъектов Российской Федерации полномочий в области природопользования и охраны окружающей среды. Путем достижения этой цели обеспечивается сбалансированное региональное развитие. Индекс качества исполнения субъектами Российской Федерации полномочий в области водных отношений (ед.) – показатель достижения поставленной цели.

*Рис.5. Индекс качества исполнения субъектами Российской Федерации полномочий в области водных отношений (ед.) [14]*

Данный график показывает не ниже какого значения должен находиться индекс качества в каждый из годов. Стоит заметить, что этот показатель стал измеряться не с 2005 как все предыдущие показатели, а с 2007 года, также динамика этого показателя не стабильна - имелись как подъемы, так и падения. Однако с 2009 года этот индекс имеет положительную динамку, прогноз на 2013 год - значение данного показателя должно быть не ниже 0,9. Целевое значение индекса качества исполнения полномочий в области водных отношений составляет не ниже 0,97, которое также запланировано на 2020 год.

Все приведенные выше показатели результативности помогают сконцентрировать внимание и основную деятельность на отстающих и приоритетных направлениях, также они способствуют повышению эффективности потребления водных ресурсов и проведению работ по использованию водных ресурсов Российской Федерации.

## 2.1. Государственное финансирование на охрану окружающей среды

Но все это возможно выполнить только при наличии финансирования со стороны государства, поэтому в обязанностях Правительства Российской Федерации лежит финансирование, то есть затраты на окружающую среду.

*Рис.6. Текущие затраты на окружающую среду [15]*

Из графика следует, что для государства приоритетными являются 4 направления по охране окружающей среды, это:

* рекультивация земель
* охрана окружающей среды от доходов производства и потребления
* охрана атмосферного воздуха
* рациональное использование водных ресурсов

Государственное финансирование возрастает с каждым годом, как видно из графика. Надо заметить, что затраты на рациональное использование водных ресурсов занимают большую долю всех затрат и составляют более половины, то есть примерно 56%, далее идут затраты на охрану атмосферного воздуха (23%), чуть меньше ресурсов выделяется на охрану окружающей среды от отходов производства и потребления (17%). Наименьшая доля, которая составляет менее 5%, уходит на рекультивацию земель.

В обязанностях Минприроды и его подразделения – Федерального агентства водных ресурсов также лежит не только постановка целей и задач, подлежащих выполнению, но и распределение бюджета.

*Рис.7. Расходные обязательства Федерального агентства водных ресурсов [14]*

Здесь имеется в виду расходные обязательства, которые несут эти исполнительные органы власти для достижения поставленных целей. На Рис.7 представлен график расходных обязательств Федерального агентства водных ресурсов с 2006 по 2013 года. Можно отметить, что они значительно различаются от года в год, и не просматривается никакого стабильного тренда. Расходы то увеличивались, то уменьшались, наименьшие затраты приходились на 2010 год и составили чуть больше 9 миллиардов рублей, тогда как наибольшие – на 2008 год и практически достигли 14 миллиардов рублей. На 2013 год запланированы затраты в сумме 11,7 миллиардов рублей.

Теперь интересно рассмотреть затраты на каждую из целей в отдельности, сравнить их между собой и в течение времени, для этого по имеющимся данным была построена следующая гистограмма:

*Рис.8. Расходные обязательства Федерального агентства водных ресурсов на каждую цель [14]*

Сразу надо отметить, что данные по расходным обязательствам на Цель 2 не были предоставлены в официальных документах, также расходы на Цель 5 начались только в 2007 году, тогда как остальные данные содержатся с 2006 по 2013 прогнозный год.

Бросается в глаза, что расходы на Цель 3 заметно превышают расходы на остальные цели во всех годах, за исключением 2010, 2012 и планируемого 2013 года. Расходные обязательства на Цель 4 примерно одинаковы из года в год, однако имелись как подъемы, таки спады. Теперь перейдем к Цели 1, начиная с 2011 года, расходы на нее начинают постепенно увеличиваться, тогда, как до этого доля расходов на данную цель была наименьшей. Вероятно, это происходит из-за того, что в отличие от всех остальных, достижение данной Цели пока еще далеко от своего целевого значения, и требует больших вложений. В прогнозном 2013 году она занимает наибольшую долю из всех по затратам. Расходы на Цель 5 также достаточно нестабильны, в 2009 году они достигли своего максимума, что составило чуть больше 3 миллиардов рублей, однако после этого года, они уменьшились и находятся на уровне 2 миллиардов рублей в год. Заметим, что показатели достижения каждой Цели, рассмотренные выше, демонстрируют свою положительную динамику, не смотря на то, что расходы на них очень различаются.

Видно, что государство заинтересовано в улучшении состояния водной экологии России, каждый год выделяется бюджет на проведение специальных работ по этому направлению. В целом, финансирование удовлетворяет запросам агентств, действующих в этой сфере, но возможно, недостаточно для более эффективного достижения поставленных целей.

Из проделанного анализа можно сделать вывод о том, что ситуация в Российской Федерации в отношении охраны и воспроизводства водных ресурсов улучшается с каждым годом. Технологии не стоят на месте, появляется множество инновационных методов для выполнения основной миссии Минприроды РФ по защите водных экосистем, а также развивается культура отношения к природе и окружающей среде.

# Глава 3. Анализ водной экосистемы на примере реки в Свердловской области

## 3.1. Оценка состояния водного объекта

Объектом исследования является река Исеть, протекающая в Свердловской области. Это типичная промышленная зона для Российской Федерации. Природа Свердловской области достаточно хорошая, но есть и исторически сложившееся центры промышленности, которые загрязняют реку.

Екатеринбург – административный центр Свердловской области, крупный промышленный город. По населению занимает 4ое место после Москвы, Санкт-Петербурга и Новосибирска. В городе хорошо развиты:

* металлургическое производство
* машиностроение
* химическое производство

Всего насчитывается 164 промышленных предприятий. В Екатеринбурге осуществляется экологическое образование и просвещение населения, люди принимают участие в разнообразных стратегических проектах, таких как «Зеленый город», «Воды для жизни», «Управление отходами» и другие. Создаются пункты приемы вторичного сырья для населения. «**Экологические проблемы современности могут быть решены только образованным населением -** гражданами, осознающими свою ответственность перед природой и будущим поколением» [22].

Данные, использованные в этой части, предоставлены гидрометслужбой Свердловской области по 5 створам, которые расположены вдоль по течению реки, проходящие через следующие населённые пункты– Екатеринбургу, Каменск-Уральскому и деревне Колюткино. По каждой местности информация разделена на несколько составляющих. Так по Екатеринбургу содержится информация по реке Исеть ниже города на 19,1 км, в черте города и ниже на 7 км. По Каменск-Уральску – ниже города на 9,3 км и выше на 5,3. По деревне Колюткино информация о реке только в черте самой деревни.

Информация получена по ежемесячным наблюдениям реки, начиная с января 1986 года и заканчивая декабрем 2009, количество параметров, по которым оценивается состояние реки, 47. Получается, 24 года или 288 месяцев на 47 параметра, то есть 13536 данных. Таких данных у нас по 6, в итоге 81216.

Оценка состояния водного объекта – реки Исеть в пространстве заключается в определении различия содержания различных элементов в составе реки. Для этой цели было решено провести анализ концентрации промышленных и коммунальных сбросов в реке в черте Екатеринбурга. Такой выбор был сделан, потому что там находится большое количество металлургических и машиностроительных заводов, а это означает, что промышленных и коммунальных выбросов в реку Исеть попадает много.

В качестве промышленных загрязнителей выбраны Cu (медь), Zn (цинк) и Ni (никель), как раз эти металлы являются основными в цветной металлургии, машиностроении.

*Рис.9. Содержание меди, цинка и никеля в Екатеринбурге*

График, сделанный по полученным данным, показывает соотношение сбросов Cu, Zn и Ni в Екатеринбурге. Легко увидеть, что выбросы цинка, обозначенные условной красной линией, превышают выбросы других металлов, наименьший уровень загрязнения приходится на никель. Также на графике хорошо видно, что динамика концентрации металлов подвержена колебаниям.

В качестве параметров, определяющих коммунальные сбросы, были выбраны АСПАВ, нефть и выбросы азота, данные по которым отражены на графике:

*Рис.10. Содержание коммунальных параметров в реке в Екатеринбурге*

Приведенный график показывает концентрацию каждого из выбранных элементов в реке в черте Екатеринбурга. Содержание азота заметно превышает уровни АСПАВа и нефти.

*Таблица 1*

*Среднее содержание параметров в Екатеринбурге в месяц*

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **CU** | **ZN** | **NI** | **АСПАВ** | **АЗОТ** | **НЕФТЬ** |
| **ср. знач.** | 33,810 | 47,567 | 13,940 | 0,0603 | 2,209 | 0,670 |

В таблице приведены средние значения содержания каждого элемента в реке в черте города Екатеринбург. Видно, что концентрация металлов гораздо выше, чем коммунальных элементов.

## 3.2. Анализ субъектов и факторов загрязнения водного объекта

Информация о концентрации веществ в реке Исеть имеется не только в черте Екатеринбурга, но и на «входе» и «выходе» из города. Используя эти данные можно оценить антропогенное влияние на реку по мере ее течение через город.

*Рис.11. Содержание меди в реке*

Представленный график отражает концентрацию меди вдоль течения реки, то есть выше Екатеринбурга, в его черте и ниже. На графике четко видно, что ниже Екатеринбурга содержание меди значительно превышает уровень ее содержания до самого города. Этот анализ показал, что река подвергается антропогенному воздействию со стороны Екатеринбурга. После рассмотрения остальных металлов, никеля и цинка, были получены такие же выводы.

Теперь вычислим, насколько в среднем загрязняется вода. Результаты приведены в таблице 2:

*Таблица 2*

*Среднее содержание промышленных показателей*

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | **Cu** | **Zn** | **Ni** |
| **ср. знач.** | 35,18 | 108,20 | 11,73 |

После проделанных расчетов видно, что промышленные сбросы в Екатеринбурге загрязняют реку больше всего цинком (в среднем на 108,2 мг/л), далее идут медь и никель, 35,18 мг/л и 11б73 мг/л соответственно.

По аналогии с анализом промышленных сбросов, была проанализирована динамика концентрации параметров, характеризующих коммунальные сбросы.

*Рис.12. Содержание азота в реке*

Особенно заметно это на содержании азота видно, что река входит в Екатеринбург с очень низким уровнем азота в ней, а вытекает уже с достаточным количеством. Из этого можно сделать вывод, что такой промышленный город как Екатеринбург загрязняет реку в месяц примерно на следующие показатели:

*Таблица 3*

*Среднее загрязнение коммунальными сбросами реки*

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | **АСПАВ** | **АЗОТ** | **НЕФТЬ** |
| **ср. знач.** | 0,053 | 4,561 | 0,447 |

Подобный анализ промышленных и коммунальных сбросов был проведен по селу Колюткино и Каменск-Уральскому. Полученные результаты подтверждают динамику, отражающую состояние водного объекта в Екатеринбурге, а именно:

* Содержание загрязняющих веществ уменьшается с каждым годом, что отражает тенденцию к очищению водных систем;
* Рассматривая концентрацию промышленных сбросов, было выявлено, что наибольшая доля содержания приходится на цинк, далее идет медь, а наименьшая доля у никеля.
* При рассмотрении концентрации коммунальных сбросов, наибольшую долю составило содержание азота, далее идет содержание нефти, наименьшая концентрация приходится на АСПАВ.

Ранее было сделано предположение о факте самоочищения воды, его можно проверить с помощью сравнительного анализа загрязнения реки по регионам, то есть будет проведена оценка состояния воды в реке относительно Екатеринбурга, села Колюткино и Каменск-Уральского.

Наилучшим и наиболее наглядным способом этот анализ показывает график, основанный на данных по содержанию меди. Синее пространство – насколько Исеть загрязнена после Екатеринбурга, красное – в каком состоянии она протекает через село Колюткино, а зеленое – на каком уровне загрязнения она попадает в Каменск-Уральский.

*Рис.13. Сравнительное содержание меди по течению реки*

Ясно видно, что Исеть очищается по течению вдоль «маршрута», уровень концентрации меди становится меньше, это означает, что система самоочищения реки работает. То есть село Колюткино – более чистая зона, которая помогает улучшать состояние реки и поддерживать экологию Свердловской области. Этот факт имеет большое значение, потому что это самый эффективный способ очистки поверхностных вод, несмотря на то, что предприятия вкладывают деньги на развитие технологий, позволяющих очищать воду в реках.

Подобный анализ был проведен по всем параметрам коммунальных и промышленных сбросов, результаты приведены в таблице 4:

*Таблица 4*

*Сравнительное содержание элементов по течению реки*

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **CU** | **ZN** | **NI** | **АСПАВ** | **АЗОТ** | **НЕФТЬ** |
| **Екатеринбург** | 40,98 | 107,38 | 14,95 | 0,07 | 5,19 | 0,60 |
| **Колюткино** | 27,39 | 71,03 | 12,61 | 0,04 | 3,24 | 0,19 |
| **Каменск-Уральский** | 20,09 | 44,81 | 11,76 | 0,03 | 3,24 | 0,15 |

Результаты похожи на предыдущий пункт, тут также определяется самоочищение воды, однако разница между Колюткино и Каменск-Уральским почти не видна. Следовательно, очищение реки от коммунальных сбросов происходит медленнее, чем от промышленных.

Возможно, для улучшения очистки, человек должен искусственно «помогать» реке, иначе это приведет к необратимым последствиям, когда уже мало что сможет «спасти» Исеть.

**Обоснование определяющих факторов загрязнения**

В нашу задачу статистического анализа реки входит стремление всесторонне и полно изучить явление загрязнения реки, это приводит к включению в модель большого числа исходных переменных. Общее число признаков или параметров, по которым оценивается состояние реки - 47. В таких случаях может иметь место высокая корреляция между переменными (мультиколлинеарность), и классические методы могут оказаться неэффективными. Поэтому для дальнейшего изучения было решено снизить размерность, чтобы получить более наглядные результаты и сохранить структуру данных.

Для этой цели был выбран один из основных методов факторного анализа – компонентный анализ. Этот анализ предназначен для преобразования исходных признаков в систему новых показателей, то есть главных компонент. В пакете прикладной программы SPSS был проведен этот анализ, и вычислена матрица компонент, всего получилось 8 главных компонент (Приложение 1). В первую и наиболее значимую компоненту входят такие промышленные показатели, как цинк, медь, никель и другие металлы, во вторую вошли коммунальные сбросы, как нефть. Следующие далее компоненты не так важны, потому что в них вошло небольшое количество переменных.

Наибольший интерес представляет собой первая компонента, так как в ней содержится почти половина всех признаков, по которым оценивается загрязнение реки Исеть. Для проведения дальнейшего подробного анализа, был выбран один параметр из первой главной компоненты, так как он коррелирует с остальными параметрами в этой группе и поэтому может быть полезным для их оценивания тоже. Таким показателем стала медь, для которой далее проведены следующие расчеты.

## 3.2. Анализ динамики и прогнозирование загрязнения водного объекта

Если проанализировать график содержания меди в реке за 19 лет, каждый из годов представлен месячными данными:

*Рис.14. График временного ряда*

Можно сделать вывод, что содержание меди в реке с течением времени уменьшается, то есть имеется тенденция к спаду, линия тренда представлена на графике черной прямой с отрицательным наклоном, а вот сезонность ярко не выражена.

Проанализировать динамику данного временного ряда можно на основе темпов роста:

* 1. Цепного
  2. Базисного

Ниже на Рис.15,16 представлены графики с данными показателями:

*Рис.15. Цепной темп роста*

Полученные значения цепных темпов роста говорят о том, что изменения содержания меди в реке неравномерны, а именно происходят как увеличения, так и уменьшения содержания. Общую же картину нам показывает график базисного темпа роста:

*Рис.16. Базисный темп роста*

Данный график в очередной раз доказывает общее снижение содержания меди в реке Исеть за рассматриваемый промежуток 19 лет. Наивысший темп роста принадлежит 1995 году и составляет приблизительно 127%.

Значения абсолютных базисных темпов роста показывают, что имеет место практически постоянное уменьшение содержания меди в реке Исеть. Так, последние наблюдения за 2009 год показывают, что содержание меди уменьшилось на 57 мг/л по сравнению с 2001 годом. Стоит отметить, что в начале рассматриваемого периода имело место и увеличение – на 17 мг/л в1995 и на 14 мг/л в 1996, после которого начался спад.

Можно сделать вывод, что характер изменений исследуемого показателя – неравномерный, а на протяжении 19 лет исследуемый показатель имеет тенденцию к снижению.

Далее рассмотрим средние значения всех этих показателей, для этого составим таблицу:

*Таблица 5*

*Средние значения показателей динамики*

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **уровень** | **абсолютный прирост** | **коэффициент роста** | **темп роста %** | **темп прироста %** |
| **среднее** | 41,324 | -3,185 | 0,862 | 86,198 | -13,802 |

Среднегодовой уровень содержания меди в реке за 19 лет составляет 41,324 мг/л. Ежегодно этот уровень снижался на 3,185 мг/л или в 0,862 раз или на 13,8%.

Также было сделано предположение, что полученные данные о содержании меди приходятся на начало каждого года, поэтому среднее значение было получено по методу средней хронологической.

|  |  |
| --- | --- |
| Среднее хронологическое | 42,917 |

То есть средний уровень содержания меди при таком предположении был бы равен 42,917 мг/л, что больше, чем при расчете обыкновенной средней.

Также, исходя из полученных данных, можно сделать прогноз на следующий период, в данной работе было решено посчитать прогноз на 2011 год:

*Таблица 6*

*Прогноз на 2013 год*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Прогноз** | | |
| 2011 | -2,120 | 3,158 |

С учетом среднего абсолютного прироста в 2011 году прогнозное значение уровня меди в реке составит -2,120мг/л, а с учетом среднего коэффициент роста – 3,158 мг/л. Первое полученное значение выглядит нереалистичным, по моему мнению, это связано с тем, что средний уровень за 19 лет слегка завышен, так как в первые года уровень меди был очень высок, а затем резко снизился, поэтому прогноз на основе коэффициента роста более справедливый.

Модель временного ряда представляет собой суму компонент:

 где T – тренд

С - Циклические колебания

S – Сезонная составляющая

ε- Остатки

На основе графического анализа было сделано предположение о присутствии тренда в исследуемых данных, так как на ранее приведенном графике прослеживается тенденция спаду уровня содержания меди в реке. Для проверки этого предположения использовались различные тестирования временного ряда на наличие в нем тренда.

*Таблица 7*

*Тестирование тренда*

|  |  |
| --- | --- |
| **Название теста** | **Гипотеза об отсутствии тренда на уровне значимости 0,05** |
| **Критерий серий** |  |
| основанный на медиане выборки | отвергается |
| "восходящих" и "нисходящих" серий | не отвергается |
| метод Фостера-Стюарта | не отвергается |
| **Метод средних** | отвергается |

Анализ доказал наличие тренда в данных, то есть динамика содержания меди в реке имеет нисходящую тенденцию, подтвержденную практическими тестами.

*Рис.17. Сравнение моделей тренда*

На основе сравнения нескольких моделей по критерию минимума ошибки аппроксимации (рис.17) была найдена наиболее адекватная, полиномиальная, модель тренда, которая описывает поведение данных и поможет строить достоверный прогноз на будущие годы.

Адекватность модели характеризуется поведением ее остатков (рис.18, табл.8). Поэтому проанализируем остатки, которые наглядно представлены на следующем графике:

*Рис.18. Остатки полиномиальной модели*

В таблице 8 представлены результаты проверки модели на адекватность на уровне значимости 0,05, расчеты показали, что остатки нормальны, случайны и независимы, следовательно, по полиномиальной модели можно строить прогноз.

*Таблица 8*

*Проверка модели на адекватность*

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Тренд** | гипотеза об отсутствии тренда не отвергается | | |
| **Критерий Фишера** | **f** | 3,04 | гипотеза об отсутствии гетерескедастичности не отвергается |
| **Fкр** | 3,23 |
| **Автокорреляция. Критерий Дарбина-Уотсона** | **DW** | 1,269 | нельзя точно сказать |
| **DWкр** | (0,97; 1,68) |
| **Нормальность** | гипотеза о нормальности остатков не отвергается | | |

В соответствии с данной моделью был получен прогноз на следующие 2 года:

*Таблица 8*

*Прогноз на основе полиномиальной модели*

|  |  |
| --- | --- |
| **прогноз** | |
| **2010** | 0,02 |
| **2011** | -5,603 |

Прогноз на 2010 год вполне реалистичен, однако прогноз для 2011 года совсем нет, так как отрицательного содержания меди не может быть.

Полученная модель[[1]](#footnote-2) выглядит следующим образом:



Ранее было отмечено, что в данных присутствуют случайные выбросы, которые происходили независимо от времени года и не соответствовали выявленному тренду. В рядах динамики часто наблюдаются и сезонные колебания, под которыми понимается периодически повторяющиеся из года в год повышение или снижение уровней в отдельные месяцы или кварталы. Существует много способов измерения сезонности.

Для анализа сезонности использовались методика расчета индексов сезонности и построение скользящие средних.

Рассчитанные индексы сезонности по месяцам за 19 лет, что составляет 228 месяцев, представлены на Рис.19. На нем изображены две кривые, каждая из которых представляет собой модель сезонной волны. Синяя кривая - средние индексы сезонности на основе тренда, красная – на основе среднего уровня ряда. Видно, что в обоих случаях максимальное содержание меди в реке приходится на июль, в остальное время года индекс сезонности колеблется около среднемесячного уровня, который составляет для 0,973 и 1, соответственно для каждого вида.

*Рис.19. Индексы сезонности*

Также для вычисления индексов сезонности используют скользящие средние. Основной идеей - сглаживания – замена фактических на расчетные уровни временного ряда, так как они менее подвержены колебаниям. Это помогает проведению анализа, тенденции проявляются более четко.

Для имеющихся ежемесячных данных с 1991 по 2009 года построим простые скользящие средние:

* Трехзвенную
* Пятизвенную
* Семизвенную

*Рис.20. Простые скользящие средние*

На рис.20,21,22 представлены графики скользящих средних, построенные по ежемесячным данным с 1991 по 2009 года. Видно, что трехзвенная скользящая средняя наиболее ломанная и резкая. Ряд получается более гладким при сглаживании по семизвенной скользящей средней, чем по пятизвенной.

*Рис.21. Скользящие средние*

Из графика видно, что пятизвенная и четырехзвенная очень похожи своими значениями и практически не отличаются, тогда как пятизвенная взвешенная более адекватна начальным данным.

Ранее было получено, что в данных присутствует сезонная составляющая, поэтому следует построить модель 12-тизвенной скользящей средней, которая представлена на Рис.22:

*Рис.22. Двенадцатизвенная скользящая средняя*

На графике заметно, насколько данный вид скользящей средней сглаживает исходный ряд данных, больше нет резких «взлетов» и «падений». Если сравнить ее с предыдущими средними, то эта модель, на мой взгляд, наилучшая.

Поэтому рассчитаем индексы сезонности на основе этой модели. мультипликативную модель, так как амплитуда колебаний от среднего в нашем случае не постоянна. Сначала было рассчитано отношение между 12тизвенной скользящей средней и исходными значениями, потом было найдено среднее значение этих отношений для каждого месяца отдельно и среднее по всем месяцам, полученные скорректированные значения составили новый ряд S.

*Рис.23. Индексы сезонности*

На графике сразу видно, что в июле концентрация меди в реке заметно превышает остальные месяцы. Полученный результат не противоречит ранее полученному по другим методам.

Используя эти индексы сезонности можно скорректировать имеющийся временной ряд, то есть удалить из него сезонную и случайную составляющую.

Однако нельзя использовать данную модель для построения прогноза без проверки её на адекватность. Для этого остатки модели были проверены на случайность, независимость и нормальность.

В таблице 9 приведены результаты проверки на уровне значимости 0,05:

*Таблица 9*

*Проверка модели на адекватность*

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Тренд** | гипотеза об отсутствии тренда не отвергается | | |
| **Критерий Фишера** | **f** | 2,71 | гипотеза об отсутствии гетерескедастичности не отвергается |
| **Fкр** | 2,86 |
| **Автокорреляция. Критерий Дарбина-Уотсона** | **DW** | 2,012 | гипотеза об отсутствии автокорреляции не отвегается |
| **DWkr** | (1,63:1,72) |
| **Нормальность** | гипотеза о нормальности остатков не отвергается | | |

Исходя из результатов таблицы, можно сделать вывод, что остатки случайны, а это значит, что модель можно использовать для построения прогноза.

Полученная модель имеет вид, где y – ряд, без сезонной и случайной компоненты:



Для прогнозирования применялись методы: с учетом средних статистических показателей, индексов сезонности, построение адаптивных моделей, построение модели типа ARIMA.

Используя полученные индексы сезонности (Табл.10), был сделан прогноз на следующий период – год, для каждого месяца отдельно. Наибольшее содержание меди в реке приходится на июль 32,225 мг/л, как было получено при проверке на сезонность, так же стоит отметить, что средний уровень меди за год будет составлять 7,013 мг/л, что не сильно отличается от начального ряда и выглядит довольно адекватным значением.

*Таблица 10*

*Прогноз на 2010 год*

|  |  |
| --- | --- |
| **прогноз на 2010 год** | |
| **январь** | 9,646 |
| **февраль** | 9,342 |
| **март** | 9,045 |
| **апрель** | 8,708 |
| **май** | 8,329 |
| **июнь** | 8,196 |
| **июль** | 8,198 |
| **август** | 7,451 |
| **сентябрь** | 7,226 |
| **октябрь** | 6,944 |
| **ноябрь** | 6,562 |
| **декабрь** | 6,295 |
| **среднее за год** | 7,995 |

Наглядно полученный результат выглядит следующим образом:

*Рис.24. Прогноз на 2010 год*

На графике представлены данные за 2 года по месяцам и предсказанные значения на 2010 год. Предсказанные значения имеют нисходящую тенденцию, что соответствует динамике содержания меди, которая уменьшается из года в год. Проделанные анализ помог найти подходящую модель, которая хорошо описывает наши данные, также позволяет получить адекватный прогноз.

Из известных адаптивных моделей использовалась модель Хольта-Уинтерса, так как она учитывает сезонность и тренд (рис. 19, табл. 11). Общий вид этой модели :



Полученные оптимальные альфа для модели Хольта-Уинтерса, по которым проводились дальнейшие расчеты:

*Таблица 11*

*Оптимальные альфа для модели Хольта-Уинтерса*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **альфа1** | **альфа2** | **альфа3** |
| **0** | **0** | **0,16014** |

Далее на рис.25 построена сама модель и прогнозные значения (табл.12), полученные в ходе расчетов:

*Рис.25. Модель Хольта-Уинтерса*

*Таблица 12*

*Прогнозные значения по модели Хольта-Уинтерса*

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **месяц** | **январь** | **февраль** | **март** | **апрель** | **май** | **июнь** |
| **прогноз** | 8,76 | 8,59 | 8,53 | 7,81 | 7,27 | 8,70 |
| **месяц** | **июль** | **август** | **сентябрь** | **октябрь** | **ноябрь** | **декабрь** |
| **прогноз** | 11,27 | 7,39 | 7,84 | 8,30 | 7,26 | 7,74 |

Далее для построения прогноза использовались модели ARIMA.

Анализ стационарности ряда концентрации проводился на основе коррелограммы и теста Дикки-Фулера (Приложение 2,3) Из рисунка приложения 2 видно, что график ACF не имеет определенной тенденции к «затуханию» или выбросов также как и PACF. Ряд оказался нестационарным, поэтому далее рассматривались модели: ARIMA (1; 1; 0), ARIMA (2; 1; 0), ARIMA (1; 1; 1), ARIMA (2; 1; 1), ARIMA (1; 1; 2), ARIMA (2; 1; 2). Результаты анализа первых разностей на стационарность, остатков моделей приведены в приложении. Полученные результаты наглядно представлены в таблице 13:

*Таблица 13*

*Сравнение моделей ARIMA*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Модель | Значимость всех коэффициентов на уровне значимости 0,05 | Критерий Шварца |
| ARIMA(0; 1; 1) | Да | 1,76 |
| ARIMA(0; 1; 2) | Нет | 1,78 |
| ARIMA (1; 1; 0) | Нет | 1,903 |
| ARIMA (2; 1; 0) | Да | 1,908 |
| ARIMA (1; 1; 1) | Нет | 1,775 |
| ARIMA (2; 1; 1) | Нет | 1,784 |
| ARIMA (1; 1; 2) | нет | 1,794 |
| ARIMA (2; 1; 2) | нет | 1,803 |

Таким образом, по значениям информационных критериев Шварца и Акаике, лучшей моделью оказалась ARIMA (0; 1; 1), но так как исходные данные содержат сезонность, целесообразно рассмотреть все процессы с включением сезонности. Была построена таблица 14:

*Таблица 14*

*Сравнение моделей ARIMA SAR SMA*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Модель | Значимость всех коэффициентов на уровне значимости 0,05 | Критерий Шварца |
| ARIMA(0; 1; 1) SAR(12) SMA(12) | да | 1,585 |
| ARIMA(0; 1; 2) SAR(12) SMA(12) | нет | 1,599 |
| ARIMA (1; 1; 0) SAR(12) SMA(12) | да | 1,691 |
| ARIMA (2; 1; 0) SAR(12) SMA(12) | да | 1,671 |
| ARIMA (1; 1; 1) SAR(12) SMA(12) | нет | 1,599 |
| ARIMA (2; 1; 1) SAR(12) SMA(12) | да | 1,596 |
| ARIMA (1; 1; 2) SAR(12) SMA(12) | нет | 1,635 |
| ARIMA (2; 1; 2) SAR(12) SMA(12) | нет | 1,612 |

Сразу заметно, что из 8 рассматриваемых моделей половина значима (4) и значения критерия Шварца ближе к единице, тогда как до включения сезонности было значимо всего 2 модели. Однако это не изменило выбор наилучшей модели, это та же модель, но с учетом сезонности ARIMA (0; 1; 1) SAR(12) SMA(12).

На основании модели ARIMA(0; 1; 1) SAR(12) SMA(12) (Приложение 4) построен прогноз на 2 следующие периода.Численное значение прогноза для первого шага и для второго шага – 7,38, что означает тенденцию к снижению, так как предыдущее значение – 5,69. Прогноз адекватен, соответствует результатам, полученным по другим анализам, а также основной тенденции.

Итоговая модель выглядит следующим образом:



В данной работе были найдены четыре адекватные модели, по которым были спрогнозированы значения на следующие два периода, а именно 2010 и 2011 года. В таблице представлены все эти модели с прогнозами:

*Таблица 15*

*Сравнение моделей*

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **прогноз** | | **Вывод** | **Квадрат разности остатков** |
| **ARIMA(0; 1; 1) SAR(12) SMA(12)** | 2010 | 7,69 | Адекватный | 157941 |
| 2011 | 5,38 |
| **Модель Хольта-Уинтерса** | 2010 | 8,29 | Адекватный | 274248 |
| 2011 | 7,54 |
| **Модель, по 12ти звенной скользящей средней** | 2010 | 8,00 | Адекватный | 274147 |
| 2011 | 4,46 |
| **Полиномиальная модель** | 2010 | 0,02 | Неадекватный | 1402948447 |
| 2011 | -5,60 |

По данным таблицы полиномиальная модель не может быть наилучшей, так как полученные с ее помощью прогнозы неадекватны, а сумма квадратов отклонений выше, чем в других. Оставшиеся модели помогают получить адекватные прогнозы, однако, наименьшая сумма квадратов отклонений принадлежит модели типа ARIMA. Это единственный критерий, по которому возможно сравнить три оставшиеся модели. Таким образом, в ходе исследования была построена адекватная модель, которая хорошо описывает начальные данные и позволяет прогнозировать содержание загрязнителей в реке.

# Заключение

В настоящее время проблема снижения качества воды находится в центре внимания и стала глобальным вопросом, вызывающим мировое беспокойство. Это одна из наиболее важных проблем, так как чистая пресная вода является жизненно важным источников жизнедеятельности человечества, она используется практически во всех сферах нашей жизни.

Исследование помогло оценить состояние водных ресурсов на уровне России в целом. Были рассмотрены основные направления и сформулированы основные принципы государственного управления в области водопользования. Были проанализированы состояние водных экосистем нашей страны и результаты достижения поставленных целей на улучшение их состояния. Все рассмотренные во 2ой главе показатели результативности помогают сконцентрировать внимание и основную деятельность на отстающих и приоритетных направлениях. Можно отметить, что в России наблюдается тенденция к повышению рационального и эффективного пользования водных ресурсов.

В данной работе был проведен комплексный анализ временных данных на примере реки Исеть Свердловской области. Для возможности осуществления этого анализа сначала была сделана работа по приведению их к одним и тем же единицам измерения, заполнялись пропуски в данных.

На начальном этапе исследования подтвердился факт системы самоочищения воды, то есть без воздействия человека, какого либо технического или промышленного вмешательства. Один из видов - фильтрация воды через почву и грунт, что происходит при течении реки в сельскохозяйственных зонах. Также данные показали присутствие антропогенного влияния на водный объект со стороны Екатеринбурга.

Для дальнейшего анализа были использованы все основные методы исследования временных рядов, такие как расчет простейших показателей динамики, последовательное тестирование по методологии Бокса-Дженкинса. В качестве исследуемого элемента было выбрано содержание меди в реке. В ходе данной работы было выяснено, что содержание меди в реке Исеть с каждым годом уменьшается, то есть имеет место нисходящий тренд, что было подтверждено несколькими тестами. Была выявлена сезонность, не ярко выраженная, но как показал анализ, в июле содержание меди резко возрастает.

Также были рассмотрено несколько моделей для нахождения наилучшей, которая впоследствии могла бы давать адекватный прогноз на будущие периоды. После сравнения моделей и учета критериев адекватности, была найдена довольно качественная модель, учитывающая сезонность, на основе которой можно прогнозировать будущие значения содержания меди в реке Исеть. Такой моделью стала ARIMA(0; 1; 1) SAR(12) SMA(12), которая хорошо описывает как начальные, так и прогнозные значения, а также удовлетворяет всем требованиям адекватности.

Подводя итог, можно заключить, что в данной работе было изучено антропогенное воздействие на водные экосистемы, а также реализована методика статистического исследования конкретного водного объекта на примере реки Исеть, что упрощает последующие исследования в сфере водных экосистем.

# Список используемой литературы

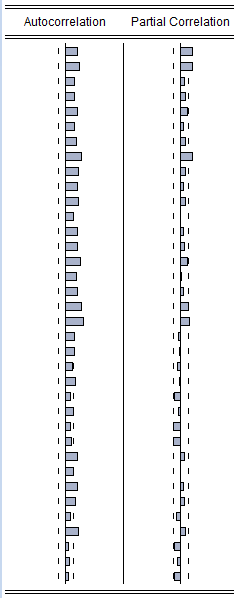
1. А.Г. Банников, А.К. Рустамов, А.А Вакулин Охрана природы М.: Агропромиздат 1987
2. Айвазян С.А., Мхитарян В.С., Прикладная статистика и основы эконометрики. М. “Юнити”, 1998.
3. Бобылев С.Н. Воздействие изменения климата на сельское хозяйство и водные ресурсы России // Климатические изменения: взгляд из россии / Под ред. В.И. Данилова-Данильяна. М.: Теис, 2003.
4. Громыко Г.Л. Теория Статистики. Издательство Москва ИНФРА-М, 2005.
5. Данилов-Данильян В.И. Водные ресурсы мира и перспективы водохозяйственного комплекса России. — М.: ООО «Типография Левко», Институт устойчивого развития/Центр экологической политики России, 2009. — 88 с
6. Данилов-Данильян В.И., Болгов М.В. О водной стратегии российской Федерации на период до 2020года // Водные проблемы крупных речных бассейнов и пути их решения. Сборник научных трудов. Барнаул: ООО «Агентство рекламных технологий», 2009. С. 59–81.
7. Доугерти К. Введение в эконометрику Учебник. 2-е изд. М.: ИНФРА-М, 2007.
8. Дуброва Т.А., Архипова М.Ю. Статистические методы прогнозирования в экономике.  М.: МЭСИ, 2004.
9. Интернет-портал «Уральский рынок металлов» [www.urm.ru](http://www.urm.ru/)
10. Магнус Я.Р., Катышев П.К., Пересецкий А.А. Эконометрика. Начальный курс. – 8-е изд. – М.: ДЕЛО, 2007.
11. Мхитарян В.С., Трошин Л.И., Астафьева Е.В., Миронкина Ю.В. Теория вероятностей и математическая статистика» М.: Маркет ДС, 2010.
12. Николайкин Н.И., Николайкина Н.Е., Мелехова О.П. Учебник для вузов: Экология. М.: Дрофа, 2003.
13. Официальный портал Екатеринбурга www.ekburg.ru/
14. Официальный портал Каменска-Уральского www.kamensk-uralskiy.ru/
15. Официальный портал Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации www.mnr.gov.ru/
16. Официальный портал Федерального агентства водных ресурсов voda.mnr.gov.ru/
17. Официальный портал Федеральной службы государственной статистики [www.gks.ru/](http://www.gks.ru/)
18. Розенберг Г.С., Шитиков В.К. Общая промышленная нагрузка // Тольятти: ИЭВБ РАН, 1994.
19. Системы очистки воды [www.wasser.ru](http://www.wasser.ru)
20. Харабрин С.В. Экологический мониторинг тригалогенметанов в питьевой воде и воде водоисточника. – Уфа, 2004.
21. Шитиков В.К. Диссертация «Интеллектуальные технологии структурного анализа экологических систем». - Тольятти: ИЭВБ АН, 2006.
22. Экологический центр «Экосистема» www.ecosystema.ru

# Приложение

*Приложение 1*

*Обоснование определяющих факторов загрязнения. Факторный анализ*

| **Матрица компонентa** | | | | | | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Компонента | | | | | | | |
|  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| VAR00003 | ,083 | ,575 | -,011 | -,219 | ,005 | ,131 | ,111 | ,094 |
| VAR00005 | ,305 | ,041 | ,441 | -,423 | -,025 | ,275 | ,186 | -,227 |
| VAR00006 | -,314 | ,654 | -,134 | ,180 | ,066 | ,125 | ,153 | ,406 |
| VAR00007 | -,466 | ,372 | ,148 | ,240 | -,231 | ,276 | -,010 | ,157 |
| VAR00008 | ,017 | -,047 | -,572 | ,495 | ,305 | ,224 | -,344 | -,256 |
| VAR00009 | ,224 | -,513 | ,381 | -,209 | ,230 | ,124 | -,506 | ,229 |
| VAR00010 | ,319 | -,494 | -,034 | ,497 | -,419 | -,286 | ,086 | ,020 |
| VAR00011 | -,711 | ,031 | ,580 | -,134 | ,112 | -,122 | ,156 | ,154 |
| VAR00012 | -,770 | -,045 | ,467 | ,024 | ,244 | -,071 | ,083 | ,084 |
| VAR00013 | ,195 | ,575 | -,054 | -,273 | ,607 | ,130 | -,261 | -,137 |
| VAR00014 | ,722 | -,049 | ,054 | -,122 | ,072 | -,277 | -,233 | ,281 |
| VAR00015 | ,893 | ,210 | -,057 | -,114 | -,163 | -,002 | -,022 | ,046 |
| VAR00016 | ,718 | ,218 | -,228 | ,153 | ,205 | ,010 | ,162 | ,095 |
| VAR00017 | ,925 | ,164 | ,016 | ,116 | ,186 | -,041 | ,158 | ,010 |
| VAR00018 | ,941 | ,095 | ,118 | ,014 | ,019 | -,104 | -,071 | ,093 |
| VAR00019 | ,803 | ,008 | ,230 | ,173 | ,329 | -,124 | ,181 | -,067 |
| VAR00020 | ,920 | ,181 | ,144 | ,112 | -,018 | ,047 | ,059 | -,057 |
| VAR00021 | ,028 | -,508 | -,032 | ,069 | ,085 | ,646 | ,104 | ,454 |
| VAR00022 | ,339 | -,581 | -,115 | -,551 | ,076 | ,125 | ,008 | -,102 |
| VAR00026 | ,731 | ,106 | -,037 | -,171 | -,247 | ,114 | ,234 | ,099 |
| VAR00028 | ,460 | ,187 | ,437 | -,121 | -,480 | ,163 | -,093 | -,296 |
| VAR00029 | ,178 | -,451 | -,390 | -,051 | ,265 | ,263 | ,517 | -,135 |
| VAR00032  медь | ,839 | ,037 | ,528 | ,509 | ,130 | ,338 | -,141 | -,264 |
| VAR00033 | ,370 | -,123 | ,558 | ,418 | ,039 | ,177 | ,128 | -,023 |
| VAR00034 | ,681 | ,017 | -,117 | ,017 | -,347 | ,228 | -,317 | ,229 |
| VAR00035 | ,468 | -,202 | ,281 | ,164 | ,424 | -,314 | ,078 | ,165 |
| Метод выделения: Анализ методом главных компонент. | | | | | |  |  |  |
| a. Извлеченных компонент: 8 | | | |  |  |  |  |  |

*Приложение 2*

*Проверка ряда на стационарность. Коррелограмма*

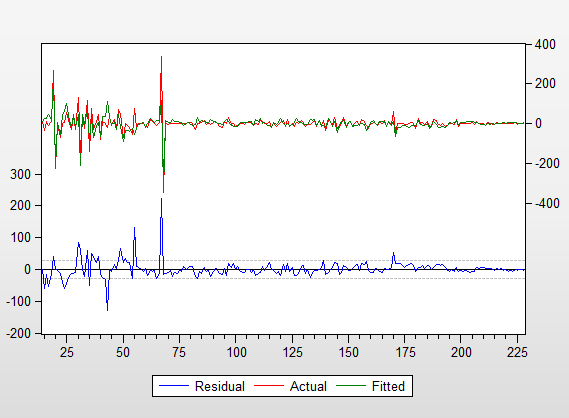
*Приложение 3*

*Проверка ряда на стационарность. Тест Дикки-Фулера*

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Null Hypothesis: Y has a unit root | | | |  |
| Exogenous: None | | |  |  |
| Lag Length: 7 (Automatic - based on SIC, maxlag=14) | | | | |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  | t-Statistic | Prob.\* |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
| Augmented Dickey-Fuller test statistic | | | -1.405001 | 0.1487 |
| Test critical values: | 1% level |  | -2.575516 |  |
|  | 5% level |  | -1.942276 |  |
|  | 10% level |  | -1.615738 |  |

*Приложение 4*

*Модель ARIMA(0; 1; 1) SAR(12) SMA(12)*

**

1. здесь и далее в уравнениях моделей в скобках указаны стандартные отклонения полученных коэффициентов [↑](#footnote-ref-2)