

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
**«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ  
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**  
(НИУ «БелГУ»)

ФАКУЛЬТЕТ ГОРНОГО ДЕЛА И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ  
**КАФЕДРА ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ И ЗЕМЕЛЬНОГО КАДАСТРА**

**ЗАГРЯЗНЕНИЕ РЕКИ  
БОГОТА И СЕВЕРСКИЙ ДОНЕЦ**

**Выпускная квалификационная работа  
студента очного отделения 4 курса группы 81001303  
направления подготовки 05.03.06 Экология и природопользование  
Хуана Фелипе Холгина Сантана**

Научный руководитель:  
доктор географических наук,  
доцент Голеусов П.В.

**БЕЛГОРОД 2017**

## ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
ВВЕДЕНИЕ.....	3
Глава 1. Особенности ведения мониторинга поверхностных вод в Колумбии и России .....	6
1.1. Ведение гидроэкологического мониторинга рек в Колумбии .....	6
1.2. Ведение мониторинга экологического состояния рек в Российской Федерации.....	11
Глава 2. Экологическая характеристика рек Богота и Северский Донец .....	17
2.1. Общая характеристика р. Богота .....	17
2.2. Экологическая оценка состояния бассейна р. Богота .....	22
2.3. Краткое гидрографическое описание р. Северский Донец. ....	35
2.4. Экологическое состояние бассейна реки Северский Донец на 2016год .....	37
Глава 3. Совершенствование методов ведения мониторинга водных объектов.....	40
3.1. Кластерный анализ гидрохимических показателей р. Богота.....	40
3.2. Пробоотбор и кластерный анализ в р. Северский Донец.....	44
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	55
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ .....	58
ПРИЛОЖЕНИЯ .....	62

## ВВЕДЕНИЕ

Вода является ценнейшим природным ресурсом. Она играет исключительную роль в процессах обмена веществ, составляющих основу жизни. Рост городов, бурное развитие промышленности, интенсификация сельского хозяйства, значительное расширение площадей орошаемых земель, улучшение культурно-бытовых условий и ряд других факторов все больше усложняет проблемы обеспечения водой.

Актуальность выбранной темы дипломной работы обусловлена тем, что дефицит чистой пресной воды уже сейчас становится мировой проблемой. Все более возрастающие потребности промышленности и сельского хозяйства в воде заставляют все государства, ученых всего мира искать разнообразные средства для решения этой проблемы.

На современном этапе определяются такие направления рационального использования водных ресурсов: более полное использование и расширенное воспроизводство ресурсов пресных вод; разработка новых технологических процессов, позволяющих предотвратить загрязнение водоемов, и свести к минимуму потребление свежей воды.

Предметом исследования дипломной работы служат показатели загрязнения вод рек, свойственные каждому участку реки Богота и Северский Донец с последующим анализом полученных данных.

Объектом исследования представлены химическими элементами, превышающими ПДК в каждой из частей рек Богота и Северский Донец.

Целью дипломной работы является анализ содержания химических элементов, способствующих загрязнению на разных зонах реки Богота и Северский Донец, а также выявление и прогнозирование развития негативных процессов, влияющих на качество воды в водных объектах и их состояние.

Задачи исследования:

1. Выявить источники и способы загрязнения и их экологическую опасность для рек Богота и Северский Донец.
2. Рассмотреть данные мониторинга, проведенного в период с 2014 по 2016 год на анализируемых реках, и разобрать их биологическое состояние и источники загрязнения.
3. Провести электронное картографирование бассейна реки Богота и Северский Донец с указанием точек пробоотбора для дальнейшего изучения конкретных источников загрязнения данных рек.

Материалами для исследования служат источники сети Интернет, литературные источники, отчеты по мониторингу рек, картографические данные и др.

В дипломной работе широко используются такие методы исследования, как научно – поисковый, сравнительно – географический, статистический, картографический.

Структура дипломной работы обусловлена предметом, целью и задачами исследования. Работа состоит из введения, трех глав, заключения, списка использованной литературы и приложения. В Главе 1 рассматриваются особенности ведения мониторинга поверхностных вод в Колумбии и России. В Главе 2 показана экологическая характеристика рек Богота и Северский Донец. Глава 3 описывает

методы ведения мониторинга рек с приведением анализа экологического состояния изучаемых рек.

## **Глава 1. Особенности ведения мониторинга поверхностных вод в Колумбии и России**

### **1.1. Ведение гидроэкологического мониторинга рек в Колумбии**

Площадь Колумбии составляет 1141748 км<sup>2</sup>, что является третьей по величине страной в Южной Америки. На глобальном уровне, Колумбия считается одной из самых богатых стран в объеме водных ресурсов. Это произошло в результате различных географических, метеорологических и биологических факторов.

Из-за нахождения страны на побережье Тихого океана и Карибского моря, Колумбия получает много влаги, которая проникает внутрь страны. Такое погодное явление, как течение Эль-Ниньо или Южная осцилляция, приносит избыточное количество осадков в страну.

Большое влияние на влажность воздуха в регионе оказывает растительность, так как большая часть этого происходит от испарения и транспирации растений. В совокупности, эти факторы позволяют в течение года регистрировать максимальное количество осадков в Колумбии (в апреле-мае и октябре-ноябре).

В Колумбии есть несколько рек, которые в совокупности имеют расход воды до 60000 м<sup>3</sup>/с. Эти реки расположены в пяти регионах водосборов. Они изображены на рис 1.

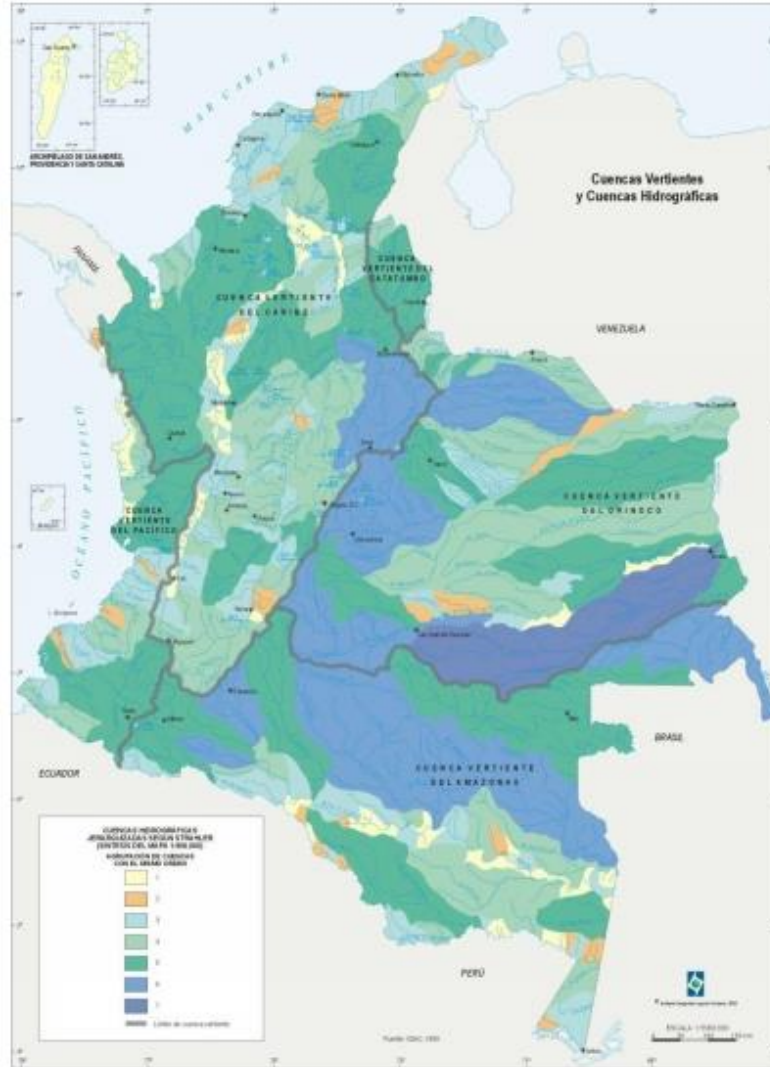


Рис 1.1. Гидрологические регионы Колумбии

1. Регион Карибского моря: этот регион является наиболее важным в Колумбии с точки зрения экономики, потому что это используется в качестве сети связи "Юг-север" и производства электроэнергии. Его площадь составляет 362000 км<sup>2</sup> и состоит из бассейнов рек Магдалена-Каука, Аtrato и Сьерра-Невада де Санта-Марта.

2. Регион побережья Тихого океана: это регион с наибольшим количеством осадков в мире. Он имеет в своем составе более 200 рек на площади 88000 км<sup>2</sup>.

В него входят более 71 бассейна рек: Патия, Сан-Хуан, Баудо и другие.

3. Регион реки Ориноко: В него входят бассейны рек: Мета, Вичада, Том, Араука, Ориноко с общей площадью более 382000 км<sup>2</sup>.

4. Регион реки Амазонки: в этой зоне расположены самые длинные реки Колумбии. Имеет площадь 345000 тыс. км<sup>2</sup> и состоит из бассейнов рек Амазонки, Какета, Гуайния, Путумайо и Ваупес.

5. Регион Кататумбо: его площадь составляет 18700 км<sup>2</sup>. В него входят бассейны таких рек, как Кататумбо, Сулия и Сардината.

Сеть мониторинга отслеживает состояние и динамику качества поверхностных вод осадков на национальном и международном уровнях. Она охватывает морские и прибрежные районы, а также подземные и грунтовые воды.

Гидроэкологический мониторинг рек в Колумбии осуществляет Институт гидрологии, метеорологии и экологических исследований (IDEAM). В его структуру входит 175 гидрологических пункта, целью которых является изучение качества водных ресурсов и оценка экологического потенциала страны.

Лаборатория качества окружающей среды применяет такие методы и процедуры, как Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 22nd Edition/12, и другие методы, утвержденные на национальном и международном уровне.

Эти процедуры включают отбор проб, транспортировку, хранение и подготовку отобранных образцов. Лаборатория проводит научные исследования и использует специализированное оборудование для полевых и лабораторных исследований.

Институт гидрологии, метеорологии и экологических исследований Колумбии (IDEAM) также имеет сеть качества воды, состоящая из 30 станций, расположенных в крупных аэропортах страны. Они необходимы для изучения осадков и



последующего анализа рН, электропроводности, нитратов и сульфатов, что вкуче способствует выявлению загрязнителей воздуха.

Национальный мониторинг водных ресурсов, проведенное Институтом гидрологии, метеорологии и экологических исследований Колумбии (IDEAM) в 2016 году проанализировал количество различных загрязнителей в бассейнах рек. В качестве исследуемых загрязнителей были использованы следующие компоненты:

1. Биохимическая потребность в кислороде (ДВО) - количество кислорода (выраженное в мг/л) необходимое для микроорганизмов, присутствующих в воде, чтобы понизить содержание органического вещества. Чем выше количество органических веществ в воде, тем больше требуется кислорода для микроорганизмов. Это может оказать негативное воздействие на некоторые виды, представляющие коммерческий интерес, так как уменьшается количество кислорода в воде. Кроме того, он также может повлиять на здоровье человека, так как способствует увеличению количества микроорганизмов, которые непосредственно могут быть поглощены человеком (путем потребления зараженной воды) или косвенным (с помощью потребления пищи поливе загрязненной водой). В Колумбии считается, что общая нагрузка по БПК в 2015 году был 729383 тонн, причем коммунальное хозяйство имело наибольший вклад (65%), затем промышленность (29%) и сельское хозяйство (6%).

2. Химическое потребление кислорода (ДКО) - количество кислорода (в мг/л) для окисления органического и неорганического вещества, способное на окисление содержащихся в пробе веществ. ДКО обычно имеет большие значения, нежели ДВО, потому что предполагает наличие органического и неорганического вещества. В 2015 году ДКО Колумбии в ее притоках было 1618204 тонн и наибольший вклад вносили домашние хозяйства (58%), затем следует промышленность (8%) и производство кофе (6%)

3. Твердые органические и неорганические вещества (SST). Это частицы, которые могут быть отделены от жидкости (неорганические вещества) и они могут быть в растворенном виде (органические). SST могут быть получены как из природных (вместе с почвы при выпадении осадков), так из антропогенных источников (в результате эрозии из-за сокращения сельскохозяйственных угодий). Рост SST может иметь более негативные последствия в воду, чем увеличение DQO, так как происходит большее поглощение питательных веществ, загрязнителей и ядовитых веществ, что может привести к ухудшению качества воды. По оценкам, в 2015 году в реки Колумбии сбрасывались 1114829 тонн, причем основной вклад вносили домашние хозяйства (89%), промышленный сектор и производство кофе (8% и 3% соответственно).

4. Общая концентрация азота (NT). Наиболее распространенными соединениями в водных экосистемах Колумбии являются аммиак ( $NH^4+$ ), нитриты ( $NO^2-$ ) и нитраты ( $NO^3-$ ). Распространению ионов этих соединений способствует загрязнение воздуха, сток поверхностных и грунтовых вод, биологическое разложение органического вещества и фиксация азота бактериями. Также ионы азота могут поступать от источников антропогенного загрязнения, например, от отходов и сточных вод ферм, сбросов промышленности и муниципальных органов, сельского хозяйства и др. Общая нагрузка загрязняющими веществами водных экосистем в различных секторах экономики Колумбии в 2015 году представлена в табл. 1.1.

Таблица 1.1

**Нагрузка загрязняющими веществами (т/год) водных экосистем в различных секторах экономики Колумбии в 2015 году**

Сектор экономики	<i>DBO</i>	<i>DQO</i>	<i>SST</i>	<i>NT</i>
Сельское хозяйство	41253	53926	33290	□
Промышленность	213,273	625,906	84,714	19,868
Населенные пункты	474,857	938,372	996,825	96,852

5. Хром (*Cr*). Основным источником загрязнения водных экосистем является сброс сточных вод от предприятий кожевенной промышленности. Содержание хрома в реке Богота в 2015 году составило 37.3 мг/кг в связи со строительством предприятий по дублению кожи в Вильяпинзон и Чоконта.

6. Ртуть (*Hg*). Большая часть загрязнения получена из антропогенного загрязнения воды, а также добычи ртути, киновари, золота, серебра и целлюлозно-бумажной промышленности. Населенные пункты Сеговия, Масео, Мармато и Тараза составляют более 75% от всего загрязнения ртутью в стране.

Для Правительства Колумбии первостепенное значение имеет измерение качества выпадающих осадков, потому что при промышленных выбросах в атмосферу диоксида серы и оксидов азота, образуются кислотные дожди (осадки с *pH* менее 5,6 - повышенной кислотностью).

## **1.2. Ведение мониторинга экологического состояния рек в Российской Федерации**

В соответствии с природоохранным законодательством Российской Федерации мониторинг качества водных объектов производится с целью установления предельно допустимых норм воздействия, гарантирующих экологическую безопасность населения, обеспечивающих рациональное использование и воспроизводство природных ресурсов.

Ведение государственного мониторинга водных объектов осуществляется на локальном, территориальном, региональном (бассейновом) и федеральном уровнях.

На локальном уровне, мониторинг водных объектов осуществляют водопользователи, которые ведут систематические наблюдения за водными объектами в порядке, определяемом территориальными органами Министерства природных ресурсов Российской Федерации, и представляют данные наблюдений в указанные органы в соответствии с водным законодательством Российской Федерации.

На территориальном уровне, мониторинг водных объектов осуществляют территориальные органы Министерства природных ресурсов Российской Федерации и Федеральной служб России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды во взаимодействии с территориальными органами федеральных органов исполнительной власти и органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации ведение территориальных банков данных и передачу данных мониторинга на региональный (бассейновый) уровень.

На региональном (бассейновом) уровне, мониторинг водных объектов осуществляют бассейновые водохозяйственные управления, региональные геологические центры и другие уполномоченные на то территориальные органы Министерства природных ресурсов Российской Федерации и территориальные управления по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды Федеральной службы России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды.

На региональном (бассейновом) уровне проводится обобщение, накопление, хранение, распространение информации. Производится ведение региональных (бассейновых) банков данных по соответствующему региону (бассейну) и передача данных на федеральный уровень.

На федеральном уровне ведение мониторинга водных объектов обеспечивается Министерством природных ресурсов Российской Федерации и Федеральной службой России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды.

На федеральном уровне осуществляется обобщение данных мониторинга регионального (бассейнового) уровня, ведение банков данных. Также происходит подготовка данных мониторинга водных объектов для государственных докладов и официальных публикаций. Осуществляется информационный обмен на межведомственном и международном уровнях.

На территории России практически все водоемы подвержены антропогенному влиянию. Качество воды в большинстве из них не отвечает нормативным требованиям. Многолетние наблюдения за динамикой качества поверхностных вод выявили тенденцию к росту их загрязненности. Ежегодно увеличивается число створов с высоким уровнем загрязнения воды (более 10 ПДК) и количество случаев экстремально высокого загрязнения водных объектов (свыше 100 ПДК).

В 1972 г. на базе станций Гидрометеослужбы организована Общегосударственная служба наблюдений и контроля состояния окружающей среды (ОГСНК), которая осуществляет мониторинг водных объектов на всех уровнях управления.

ОГСНК состоит из нескольких уровней:

- станций наблюдения, осуществляющих сбор данных, первичную обработку и обобщение данных;
- территориальных и региональных центров, осуществляющих обобщения, анализ материалов, составление местных прогнозов и оценку состояния окружающей среды по своей территории;
- Гидрометцентра России и других головных центров (НИИ).

В обработанном и систематизированном виде полученная информация представлена в кадастровых изданиях, таких, как «Ежегодные данные о составе и качестве поверхностных вод суши» (по гидрохимическим и гидробиологическим показателям).

Помимо ОГСНК Росгидромета (Комитета России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды) экологический мониторинг осуществляется целым рядом служб, министерств и ведомств. Это такие ведомства, как Государственный комитет Российской Федерации по охране окружающей среды (Госкомэкология России), Министерство природных ресурсов РФ, Министерство сельского хозяйства и продовольствия РФ, Департамент государственного санитарно-эпидемиологического надзора (Госсанэпиднадзор) при Министерстве здравоохранения РФ, Государственный комитет РФ по стандартизации и метрологии (Госстандарт РФ), Федеральная служба лесного хозяйства.

Также следует выделить следующие виды наблюдений за качеством поверхностных вод, характерных для мониторинга вод РФ:

- наблюдения за уровнем загрязненности поверхностных вод по физическим, химическим, гидрологическим и гидробиологическим показателям в режимных пунктах;
- наблюдения, предназначенные для решения специальных задач.

Каждый из этих видов наблюдений осуществляется в результате предварительных наблюдений и исследований на водных объектах или их участках, а также систематических наблюдений на водных объектах в выбранных пунктах.

Основными задачами систематических наблюдений за качеством поверхностных вод являются:

- систематическое получение как отдельных, так и усредненных во времени и пространстве данных о качестве воды;
- обеспечение хозяйственных органов, а также заинтересованных организаций систематической информацией и прогнозами изменения гид-

рохимического режима и качества воды водоемов и водотоков и экстренной информацией о резких изменениях загрязненности воды.

Порядок организации и проведения наблюдений в пунктах режимных работ определены ГОСТом 17.1.3.07-82. «Охрана природы. Гидросфера. Правила контроля качества воды водоемов и водотоков», и методическими указаниями (РД 52.24.309-2004.«Организация и проведение режимных наблюдений за загрязнением поверхностных вод суши на сети Росгидромета»).

К задачам специальных наблюдений и исследований, определяемым в каждом конкретном случае, относятся:

- установление основных закономерностей процессов самоочищения;
- определение влияния накопленных в донных отложениях загрязняющих веществ на качество воды;
- составление балансов химических веществ участков водотоков;
- оценка выноса химических веществ через замыкающий створ рек;
- оценка выноса химических веществ с коллекторно-дренажными водами и др.

В основе организации и проведения наблюдений за качеством вод лежат следующие принципы: комплексность и систематичность наблюдений, согласованность сроков их проведения с характерными гидрологическими ситуациями, определение показателей качества воды едиными методами.

Соблюдение этих принципов достигается установлением программ контроля (по физическим, химическим, гидробиологическим и гидрологическим показателям) и периодичности проведения контроля, выполнением анализа проб воды по единым или обеспечивающим требуемую точность методикам.

Сеть гидрохимических наблюдений должна охватывать:

- в пространстве: по возможности все водные объекты, расположенные на территории изучаемого бассейна; всю длину водотока с определением влияния наиболее крупных его притоков и сброса сточных вод в него; всю акваторию водоема с определением влияния на него наиболее крупных притоков и сброса в него сточных вод.
- во времени: все фазы гидрологического режима (весеннее половодье, летнюю межень, летние и осенние дождевые паводки, ледостав, зимнюю межень); различные по водности годы (многоводные, средние по водности и маловодные); суточные изменения химического состава воды; катастрофические сбросы сточных вод в водные объект.

В целом, можно констатировать, что ведение мониторинга экологического состояния рек в Российской Федерации и Колумбии имеет схожие принципы и не несет в себе существенных различий.



## Глава 2. Экологическая характеристика рек Богота и Северский Донец.

### 2.1. Общая характеристика р. Богота

Река Богота (исп. Río Bogotá) расположена на северо-западе Южной Америки высоте 3400 метров над уровнем моря и протекает через западную часть Колумбии. Истоки реки севернее столицы страны в месте под названием Alto de la Calavera (Высокий Череп), в деревне Villapinzon (Вильапинзон). Впадает в реку Магдалена на высоте 280 метров над уровнем моря (в городе Girardot (Гирардод) 416 м), которая впадает в Карибское море.

Длина реки составляет 375 км. Бассейн охватывает территорию в 5996 км<sup>2</sup>. Одна из рек области Cundinamarca (Кундинамарка) является главным речным руслом саванны Боготы. Бассейн реки Богота расположен в 46 районах, где 41 из них урбанизирован. Эта река не является судоходной. В ее бассейне проживают около 9.300.000 человек, из которых 8.000.000 проживают в Боготе.

В таблице 2.1. можно увидеть, какие населенные пункты находятся в верхней части бассейна реки Богота. Также на рисунке 2.1. можно рассмотреть расположение городских и сельских поселений на карте.

*Таблица 2.1*

#### **Населенные пункты, располагающиеся на побережью реки Богота в средней части**

Населенный пункт	Численность
Сайса (Кахика)	53 488

Chia (Чи́а)	120 069
Choconta (Чоконта)	23400
Cota (Кота)	21 250
Funza (Фунза)	51 808
Gachancipa (Гачансипа)	10 787
Mosquera (Москера)	63 573
Sesquile (Сескиле)	9 691
Soacha (Соача)	490 000
Suesca (Суэска)	13 985
Tocancipa (Токансипа)	23 981
Villarinzon (Вильапинзон)	18000

Река сильно загрязнена бытовыми и промышленными стоками и входит в число самых грязных рек мира. В истоке реки она сильно загрязнена, но основная масса токсичных, промышленных и городских отходов находятся в средней части реки (когда река вытекает из города Богота).

По своим физическим характеристикам, а также из-за различных уровней загрязнения, можно разделить длину реки Боготы, на следующие три части:

- 1) верхняя;
- 2) средняя;
- 3) нижняя.

Каждая из этих частей имеет свои особенности и свою степень загрязнения.



Рис.2.1. Расположение населенных пунктов на карте в верхней части бассейна реки Богота <http://www.larepublica.co/economia/en-noviembre-estar%ADa-la-fase-inicial-del-realindramiento-de-municipios-del-r%ADo-bogot%C3%A1>

Реки San Francisco (Сан-Франциско), Sisga (Сисга), Tibitó (Тибито), Teusacá (Тэусака), Juan Amarillo (Хуан Амарильо), Fucha (Фуча), Tunjuelo (Тунхуэло), Balsillas (Бальсильяс), Soacha (Соача), и Muña (Мунья) в бассейне БОГОТЫ являются притоками в верхней части.

На рисунке 1.2. можно рассмотреть их расположение на карте.

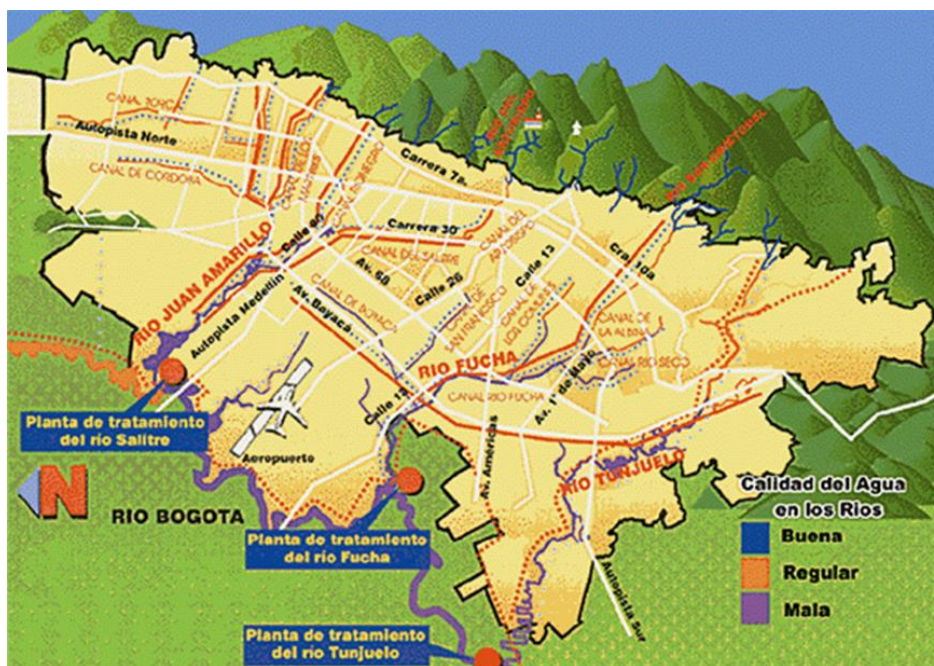


Рис. 2.2. Расположение притоков реки Боготы. <https://encolombia.com/medio-ambiente/humedales/bogotah/hume-plantatratamientorio/>

Река используется для сельскохозяйственных и промышленных нужд, поэтому большое значение имеет реализация мер по обеззараживанию воды, что поможет избежать заболеваний, которые могут быть заражены после употребления продуктов сельского хозяйства. Работы по экологической защите реки разрабатываются для трех заводов, чтобы снизить нагрузку органического вещества бассейнов рек Хуан Амарильо (Juan Amarillo), Фуча (Fucha) и Тунхуэло (Tunjuelo).

Характеристика средней части бассейна реки Богота. В средней части загрязнения в реку попадают из промышленных и коммунальных сточных вод. Здесь так же существуют очистные сооружения: Зипакира (Zirquirá), Кахика (Cajica), Чиа (Chia) и Токансипа (Tocancipá). Система водоснабжения Боготы состоит из каналов: Торка (Torca), Салитре (Salitre), Фуча (Fucha) и реки Тунхуэло (Tunjuelo). Эти реки несут стоки города. У людей, которые не имеют или неправильно присоединены к канализации, сбрасывают все непосредственно в реку

## 2.2. Экологическая оценка состояния бассейна р. Богота.

Река Богота является центральным и основным элементом гидрологической системы столичного округа, а также является распределителем между городскими и сельскими районами саванны. Хотя река и не проходит через центр города, но за экологическое состояние реки граждане Боготы несут полную ответственность, поскольку они являются основными потребителями воды.

Верхняя часть является истоком реки Боготы, и находится он в болоте Guacheneque (Гуаченеке) в непосредственной близости от поселка Villapinzon (Вильяпинзон), на высоте 3300 метров над уровнем моря. Средний расход в этой части река составляет  $10 \text{ м}^3/\text{с}$ .

Притоки реки Боготы, находятся в состоянии очень сильного загрязнения, из-за продолжающегося сброса сточных вод, промышленных и бытовых водосборных бассейнов; захоронения, которые увеличивают концентрации органической нагрузки. Пробы, которые были взяты с реки Juan Amarillo (Хуан Амарильо), Fucha (Фуча) и Tunjuelo (Тунхуэло) показали очень высокие нагрузки органики и практически отсутствует кислород, растворенный в этих водах □.

Все это получает река Богота, что в итоге приводит к образованию скопленных мусора, которые река тащит вниз по течению от города до впадения в реку Магдалена. Тем самым это все дает реке Боготе статус одной из самых загрязненных рек в мире.

Здесь же стоят несколько предприятий по переработки шкур животных. На сегодняшний день для этой операции используют сочетание химических веществ, таких как соли хрома и растительного экстракта. Из кожи изготавливают обувь,

которую красят с помощью хрома, чтобы товар стал более привлекательным. Обычно при переработки шкур, добавляют, по крайней мере, 300 кг химических веществ на изготовление 1 тонны кожи.

Хром (Cr) используют для дубления кожи, так как он действует быстро и дает качественную продукцию по физическим и химическим показателям. Используются высокие концентрации соли и сероводород ( $H_2S$ ), который оказывает влияние на качество воды. Данные вещества могут вызвать неприятный вкус и запах. Кал, волосы, кусочки кожи и другие органические остатки делают воду мутной и, в конечном итоге, все это оседает на дно. Оба процесса неблагоприятны для жизни в водной среде в этой части реки.

Сточные воды с предприятий, которыми орошаются поля, негативно влияют на плодородие почвы и могут привести к снижению плодородия почв.

Качество воды в реке в верхней части зависит от сбросов бытовых сточных вод от муниципалитетов, которые еще не имеют системы очистки. По данным Национального агентства статистики (DANE), в бассейне реки Богота проживает 1.297.752 жителей (без Боготы); в Боготе проживает 10.763.453 человек [1].

Отходы от промышленных предприятий и сельскохозяйственной деятельности попадают в очистные сооружения Chocontá (Чоконта) и Sesquilé (Сескиле) и т.д.

План управления окружающей средой: меры по управлению окружающей средой и составление предложений для предотвращения, ослабления, управления и компенсации негативных последствий. Разработка планов на случай непредвиденных для потенциальных рисков и их мониторинг. [Указ 1729 от 2007 года].

Для уменьшения загрязнения и восстановления естественных экосистем, необходима программа мониторинга речной сети Боготы. Исследования должны осуществляться по следующим 3 пунктам:

- I. Компоненты проекта оформлены в рамках стратегии “Управление бассейна реки Богота”;
- II. Финансируемые мероприятия по оценки потенциального воздействия на окружающую среду;
- III. Установить меры по управлению окружающей средой для предотвращения, ослабления, контроля и компенсации после экологических последствий, понесенные в ходе строительства и эксплуатации проекта.

Компания CAR 2 раза в год (в зимнее и летнее время) проводит программы мониторинга речной области в определенных точках. В реке Богота оборудованы 24 точки мониторинга, где отбирают образцы воды для физико-химического и бактериологического анализа. Отбором проб и их анализом занимается одна из лабораторий корпорации по водоснабжению и жилищно-коммунальному хозяйству Боготы (E.A.A.V).

Физико-химическое качество воды по результатам мониторинга 2016 года приведено в таблицах 2 и 3 Приложения. В них указаны параметры качества реки Богота.

В Колумбии водопользование было регламентировано лишь в 1998 году Указом №1594 Министерства Сельского Хозяйства Колумбии. Впоследствии, CAR произвёл исследования и экологический мониторинг реки Богота в области качества и спрогнозировал, что к 2020 году экологическая ситуация реки начнет улучшаться.

Параметры, связанные ранее, являются лишь показателями стандартов национального законодательства. В настоящем документе используются следующие параметры в оценке качества воды.

В целом, бактериологическое качество реки указывает на то, что концентрация кишечной палочки в (E.Coli) отходах очень высокое (свыше 1000 КОЕ на 100

мл). Использование вод из реки может прямо или косвенно негативно повлиять на сельскохозяйственную деятельность и здоровье человека.

На рис. 2.3 показано содержание кишечной палочки (*E.Coli*) в бассейне р. Богота на разных точках мониторинга.

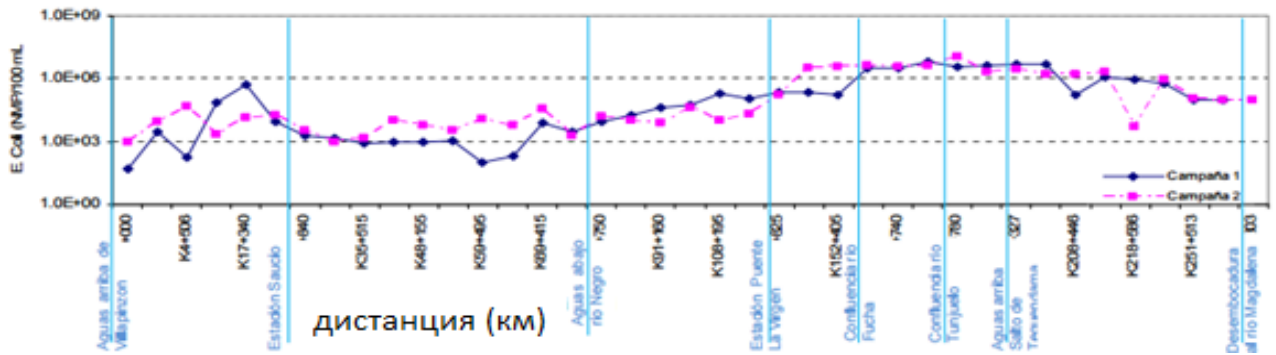


Рис. 2.3. Содержание кишечной палочки (*E.Coli*) в бассейне реки Богота.

В некоторых водно-болотных угодьях были разработаны системы мер, которые помогут защитить реку от физического, химического и органического загрязнения. Также были усовершенствованы системы определения загрязнения почв бассейна тяжелыми химическими элементами, что должно помочь властям округа вести сельскохозяйственные работы на данных участках и определять степень загрязнения прибрежных районов.

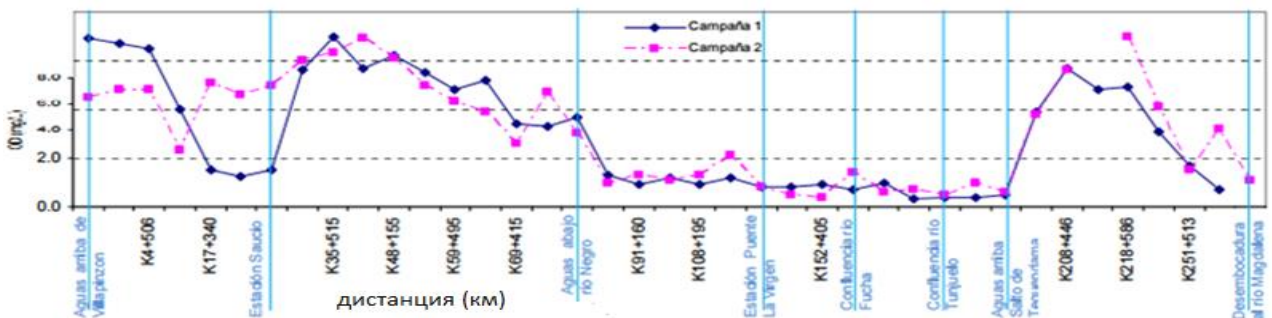


Рис.2.4. Содержание растворенного кислорода (*DQD*) в бассейне реки Богота на разных точках мониторинга.



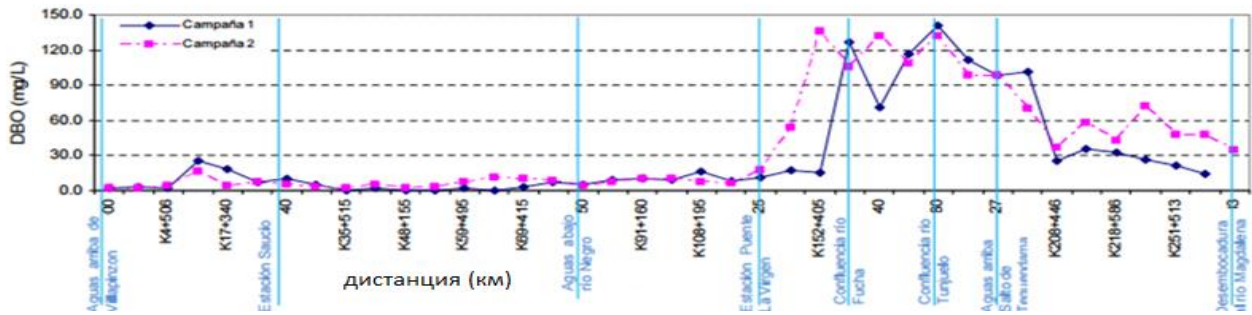


Рис. 2.5. Биологическое потребление кислорода (*DBO*) в бассейне реки Богота на разных точках мониторинга.

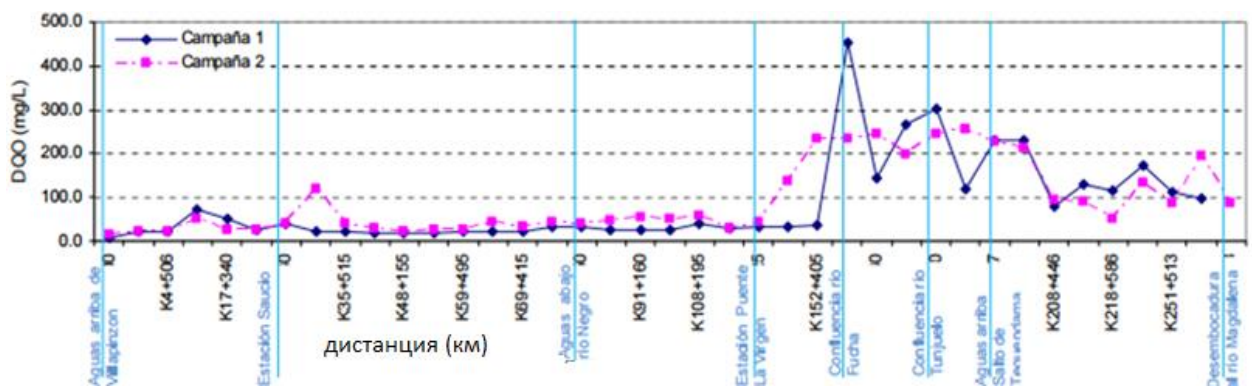


Рис. 2.6. Потребность в окислении химических веществ (*DQO*) в бассейне р. Богота на разных точках мониторинга

В истоке реки Боготы уровень растворенного кислорода (*DQD*) выше 6.0 мг/л, этого достаточно, чтобы поддерживать аэробные условия, в которых могут обитать различные виды организмов. От деревни Villapinzón (Вильяпинзон) и до водохранилища на Sisga (Сисга), содержание кислорода (*DQD*) составляет 1-7 мг/л.

Исследованиями восстановления окружающей среды реки Богота занимались в 2011 году. Было доказано, что река может хорошо самоочищаться, к тому же очищению способствуют водохранилища Tominé (Томине) и Sisga (Сисга). При этом, биологическое потребление кислорода находится на уровне 30 мг/л.

После проведенных исследований в 2015 году содержание кислорода уменьшилось с 6.5 мг/л до 2,5 мг/л; биологическое потребление кислорода осталось в норме (15 мг/л) из-за поступления воды в водохранилища с верхнего бассейна. После впадения реки Rio-Negro (Рио-Негро), содержание растворенного кислорода становится меньше от 3.5 до 1.0 мг/л вплоть до окрестностей деревни Chia (Чиа).

До свалок деревни Chia (Чиа) показатель потребления кислорода имеет тенденцию к росту и достигает порядка 20 мг/л. В средней части реки до впадения в город, сумма нагрузок водоканала Тогса (Торка) и рек Fucha (Фуча) и Tunjuelo (Тунхуело) имеет высокие значения и составляет 120 и 400 мг/л соответственно. Концентрация кислорода здесь меньше 1.0 мг/л.

Самые большие показатели загрязнений показывает столица Колумбии - Богота. В низовьях концентрация кислорода имеет аномальные показания в связи с высоким показателем биологического потребления кислорода, который находится в диапазоне от 1 мг до 7 мг/л.

Также наблюдается повышение показателя концентрации кислорода в секторе производства электроэнергии на ГЭС (данный феномен связан с процессом насыщением кислорода в турбинах, и спуском воды с гор). Затем концентрация быстро падает до 1 мг/л из-за высокой органической нагрузки.

Река Богота в нижней части имеет хорошие свойства к самоочищению из-за крутизны склонов. В итоге, усиливает процессы насыщения кислорода. Об этом свидетельствует снижение концентрации БПК от 90 мг/л до 30 мг/л.

Ведется постоянный мониторинг содержания тяжелых металлов в бассейне реки. Была выявлена тенденция к увеличению их концентрации. Это связано с большим количеством промышленных предприятий, расположенных в городе Богота. Зарегистрировано множество случаев превышений выбросов тяжелых ме-

таллов, которые несут весомый ущерб здоровью населения и всей экосистеме городского округа Богота.

Самым распространённым металлом является Хром (*Cr*) и представлены значения двух важных местах: свалки от дубления шкур животных в деревнях в верхней части реки Боготы и в бассейне реки Tunjuelo (Тунхуело).

Свинец (*Pb*) не имеет каких-либо ограничений в сельском хозяйстве и для производства электроэнергии, но его концентрация имеет допустимые значения для употребления воды в пищевых целях (равно или меньше 0.05 мг/л).

Кадмий (*Cd*) встречается на всем протяжении реки в очень низких концентрациях по отношению к стандарту качества в сельском хозяйстве (менее 0.2 мг/л).

Бактериологическое загрязнение кишечной палочкой (*E-Coli*) также весьма велико, поэтому использование вод реки ограничено. Концентрация превышает норму (НМП/100 мл) и составляет порядком от  $10^3$ - $10^5$ мл в верхней части, а в средней и низкой части концентрация составляет  $10^5$ - $10^7$ мл, что так же гораздо выше нормы.

Загрязнения, поступающие из деревень, в основном органического происхождения и попадают в сточные воды из очистительных сооружений, также поллютанты попадают из городских и пригородных районов, которые не соединены или в которых нет сети канализации. В некоторых деревнях имеется система предварительной обработки воды. В прил. 1 **2.2** показана нагрузка органическими соединениями, созданными населенными пунктами бассейна реки Богота.

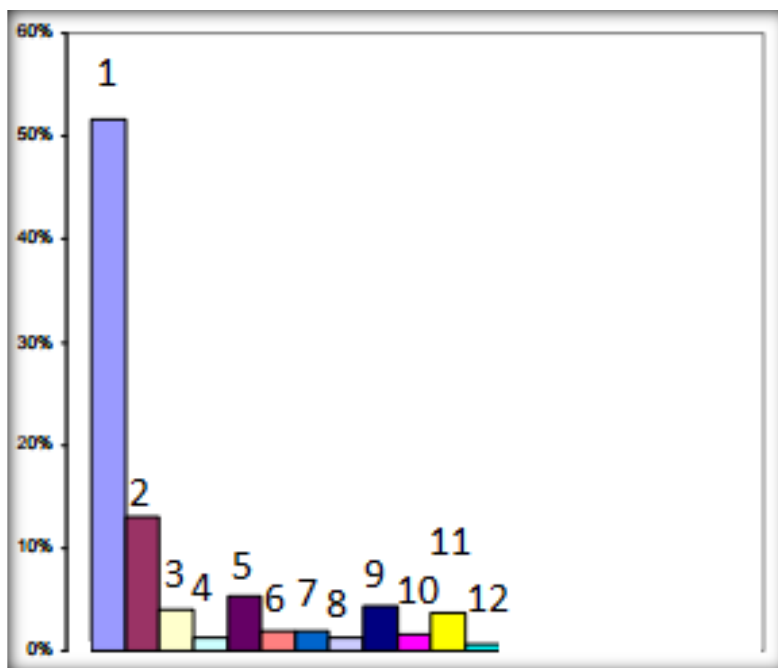
В бассейне реки Богота выявлено около 640 захоронений отходов производства, из которых:

- 70% относятся к промышленным предприятиям (446 учреждений) Из них: 166 предприятий производят большие объемы продукции, 68 – сельскохозяйственные и животноводческие фермы.

- 18% относятся к канализационным сетям (115 учреждений);
- 10% относятся к сельскому хозяйству и к животноводству (68 учреждений);
- 2% относятся к стокам от муниципальных и очистных сооружений (11 установок).

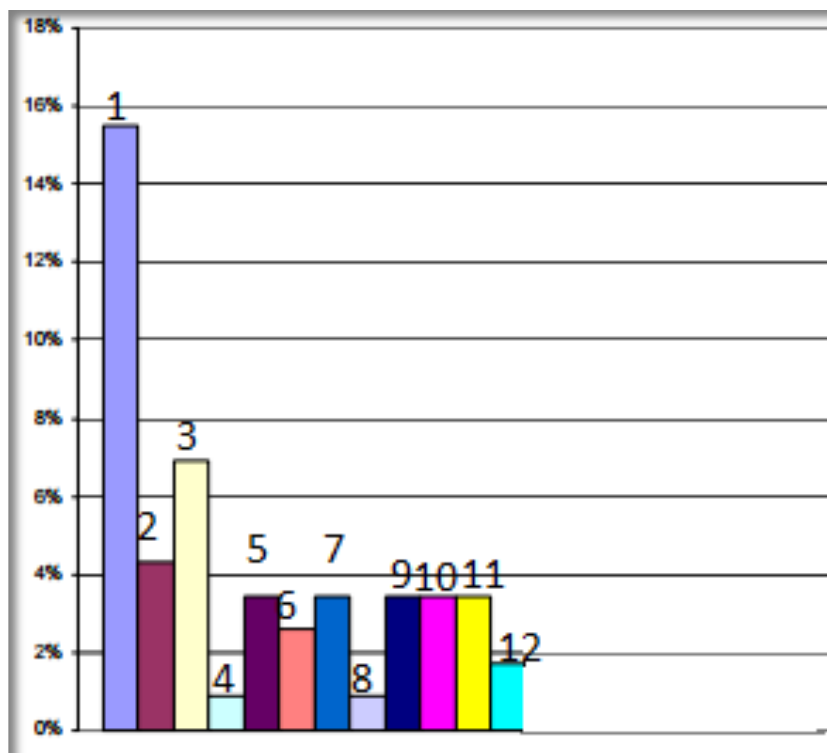
Из этого следует, что в реку со сточными водами поступает большое количество органических веществ, азота, серы и минеральных солей, в том числе сульфат хрома и сульфид натрия.

Промышленные свалки формируются в верхней и нижней части бассейна реки и представлены на **рис. 2.7** и **2.8**.



*Рис.2.7. Промышленная деятельность в верхней части бассейна.*

- 1) Другие предприятия;
- 2) Пищевые фабрики;
- 3) Химические предприятия;
- 4) Минеральная промышленность;
- 5) Строительная деятельность;
- 6) Деятельность в сфере услуг;
- 7) Сельскохозяйственная деятельность;
- 8) Куриное производство;
- 9) Кирпичное производство;
- 10) Фабрика молочных продуктов;
- 11) Цементное производство;
- 12) Табачное производство.



*Рис.2.8. Промышленная деятельность в средней части бассейна.*

1. Другие предприятия;
2. Пищевые фабрики;
3. Химические предприятия;
4. Минеральная промышленность;
5. Строительная деятельность;
6. Деятельность в сфере услуг;
7. Сельскохозяйственная деятельность;
8. Куриное производство;
9. Кирпичное производство;
10. Фабрика молочных продуктов;
11. Цементное производство;
12. Табачное производство.

В 2012 году DAMA (корпорация по охране и защите окружающей среды Колумбии) зарегистрировала 2487 промышленных предприятий в городе Богота, и в его окрестностях и насчитало 175.000 сотрудников. Их распределение показано в таблице 2.3.

Таблица 2.3

### Нагрузка загрязняющим ДВО по видам экономической деятельности

Экономическая деятельность	Число сбросов за месяцев	Средняя нагрузка (Кг/месяц)	Верхний участок (Кг/месяц)	Средний участок (Кг/месяц)	Нижний участок (Кг/месяц)	Общая нагрузка (Кг/месяц)
Кожевенная промышленность	215	824,4	18,2	135,4	602,8	177.252,1
Текстильная промышленность	8	12.890,4	590	1.877,8	26. 031,3	103.123,9
Пивоваренная промышленность	1	82.854,1	82.854,1,7	82.854,1	82.854,1	82.854,1
Производство, переработка и консервирование мяса и его субпродуктов	52	999,1	38,1	158,1	367,1	51.956,1
Молочная промышленность	15	2.223,4	17,8	285,0	1.171,5	33.352,0
Подготовка и прядение из текстильных волокон	6	5.021,4	72,6	1.310,9	5.494,8	30.128,8
Производство пищевых продуктов, главным образом, фрукты и овощи	22	1.350,7	22,4	89,6	429,2	29.716,4
Напитки безалкогольные	8	1.587,9	9,9	51,1	3.024,1	12.703,4

Основная химия, за исключением удобрений и неорганических соединений	2	6.344,4	1.532,2	6.344,4	11.156,5	12.688,8
Учреждения здравоохранения	21	488,6	39,8	77,2	139,3	10.262,0
Другие виды экономической деятельности	482	314,75	17,74	66,45	88,48	50.450,8
Итого	832					594.488,4

Нагрузка загрязняющих веществ ежемесячно пополняется из других отраслей промышленности, расположенных в Боготе в 2012 и 2016 году, и она составила 4,699 и 4,299 тонн DBO соответственно. Расход накопленных промышленных свалок, составил порядка 611 л/с.

Нагрузка населения, эквивалентная промышленности, в 2016 году составила 50 г/на человека DBO. Один из существенных факторов загрязнения реки (Tunjuelo) является свалка Донья Хуана (Doña Juana), расположенная в верхней части реки. В соответствии с исследованиями IDEAM (корпорация, изучающая атмосферные явления) и DAMA, проведенных в 2016 году, были выделены основные группы предприятий, вносящих наибольший вклад в промышленные нагрузки DBO и SST. Эти предприятия представлены в табл. 2.4.



Таблица 2.4

**Промышленные предприятия в городе Богота**

Промышленность	Количество учреждений
Пищевая	306
Химическая	251
Текстильная	229
Производство каучука	218
Типографии	213
Металлургия	175
Оборудование для с/х	165
Кожевенная	133
Целлюлозно-бумажная	93
Машиностроение	87
Электрические приборы	68
Производство минеральных вод	63
Металлургия	37
Перегонка нефти	15
Другие	357
Всего Богота	2487
Всего Колумбия	7250

Промышленные загрязнения города влияют на экологическое состояние реки, и может выражаться присутствием тяжелых металлов. В реку каждый месяц попадает 51,62 тонн тяжелых металлов (хром, цинк, свинец и другие), следова-

тельно контроль за промышленным загрязнением окружающей среды в городе очень важно укреплять.

### **2.3. Краткое гидрографическое описание р. Северский Донец.**

Северский Донец - река юга Восточно-Европейской равнины, протекающая через Белгородскую и Ростовскую области России, а также Харьковскую, Донецкую и Луганскую области Украины, правый (наибольший) приток Дона.

Река Северский Донец - самый крупный правый приток Дона. Хотя по протяженности в пределах Белгородской области эта река короче Ворсклы и своего левого притока Оскола, по народнохозяйственному значению она не уступает им.

Ширина русла в окрестностях Шебекинского района с. Архангельское 20-25 м. Среднегодовой расход воды 5,98 с. Глубина реки на большей части 0,5-2 м. В питании реки большую роль играют подземные воды. Долина реки хорошо разработанная. В районе впадения р. Нежеголь ширина её достигает 5 км. Правый склон крутой, высокий, с обнажениями мела, нагорными дубравами, посадками сосны меловой и сосны крымской. Левый склон пологий, террасированный с сосновыми лесами. На днище долины располагается пойма с заливными осоковыми лугами, осоково-кочкарными болотами, зарослями ивы и черной ольхи. Почвенный покров долины реки разнообразный (Мильков и др., 1987).

Питание Северского Донца преимущественно снеговое, поэтому расход воды в течение года неравномерен. Весеннее половодье занимает около 2 месяцев с февраля по апрель, в этот период вода поднимается на 3 - 8 м.

В книге «Природа Белгородской области» Н. Антимонов (1959), сообщает: «Северский Донец когда-то был судоходным. Так, ещё в начале второй половины XIX столетия по нему всё лето на небольших баржах с мелкой осадкой перевозились различные мелкие грузы. О существовании в прошлом на реке судоходства свидетельствуют также названия некоторых приречных сел, например: Маслова Пристань.

На больших баржах с неглубокой осадкой по этой реке перевозились местные грузы. В более отдаленном прошлом волоком соединялись верховья Северского Донца и Донецкой Сеймицы. Так устанавливался единый водный путь между речными системами Дона и Днепра.

В настоящее время река Северский Донец не отличается многоводностью. Исток р. Северский Донец расположен в с. Подольхи Прохоровского района, на высоте около 165 м. над уровнем моря. Она пересекает область с севера-востока на юго-запад. Протекает по территории 4-х районов области, Украине и на территории Ростовской области впадает в р. Дон.

Общая протяженность реки составляет 1053 км, из них в пределах области 102 км, в границах Прохоровского района около 25 км.

На территории района берут начало притоки реки Северский Донец: Липовый Донец протяженностью 5 км; Сажновский Донец протяженностью 13 км, а также 6 других притоков общей протяженностью 24 км.

Местность, прилегающая к реке Северский Донец и её притокам в основном открытая, пересеченная ложбинами, балками, оврагами.

Пойма реки в основном двухсторонняя, шириной для р. Северский Донец 300-1000 м, для притоков 100 – 300 м

Ширина русла в основном колеблется от 30 до 70 м, иногда достигая 100-200 м, а в зоне водохранилищ - 4 км. Дно русла преимущественно песчаное, неровное, с колебанием глубины от 0,3 м на перекатах до 10 м на плёсах.

Река зимой замерзает с поверхностной толщиной льда от 20 до 50 см. Период замерзания обычно составляет два-три месяца с середины декабря по конец марта.

#### **2.4. Экологическое состояние бассейна реки Северский Донец на 2016**

**год**

На территории Белгородской области р. Северский Донец вместе с притоками изучают следующие 10 гидрологических постов: р. Северский Донец (с. Киселево – 1 пост, с. Беломестное – 1 пост, с. Зеленая Поляна – 1 пост), Белгородское водохранилище (1 пост), р. Болховец (г. Белгород – 2 поста), р. Нежеголь (г. Шебекино – 4 поста),

В 70-80 гг. XX вв. в изучении реки отмечалось, что пойма Северского Донца была занята сенокосами, пастбищами, древесно-кустарниковой растительностью и болотами. Согласно проектам по установлению водоохранных зон и прибрежных защитных полос малых рек в 1984 году планировалось выделение земель на работы по залужению поймы реки Северский Донец на площади 0,7 га, а также посадка водоохранных лесонасаждений на площади 44,7 га.

На сегодняшний день состояние водоохранных зон и прибрежных защитных полос не соответствует требованиям водоохранного законодательства. Так на водоохранных территориях допускается размещение животноводческих и свиноводческих комплексов, накопителей сточных вод, утилизация которых производится путем внесения (полива) земель зачастую прилегающих к водным объектам. В период паводка не исключен смыв с полей на водосборную площадь и непосредственно в водные объекты. В результате оказывается негативное влияние на водо-

токи. В частности в ходе обследования р. Северский Донец в водоохраной зоне выявлены свалки бытовых отходов, самовольное возведение дамб.

Существенный вклад на экологическое состояние водных объектов наносится водной и ветровой эрозией. В результате смыва с пашен в ручьи, реки поступает большое количество почвы. Отлагаемые на дне долин и балок наносы грунта вызывают засорение и загромождение речных русел их непрерывную деформацию, а также влияют на изменение режима уровней, скоростей течения рек.

Большие по объему массы овражно-балочных выносов поступающая в малые реки и искусственно созданные на них водоемы вызывают их заиление, в отдельных случаях и исчезновения. Тем самым снижается протяженность русел рек.

Наблюдения за стоком воды включает в себя измерение расходов воды. Измерения производятся:

- в межень период – 1 раз в декаду (дополнительно в этот период измеряются расходы при резком изменении уровня воды);
- в половодье производятся учащенные измерения расходов в зависимости от амплитуды колебания уровня воды.

Также проводятся наблюдения за стоком наносов на посту р. Северский Донец – с. Киселево. Ежедневно отбираются пробы воды на мутность. Измерение расходов воды производят ежемесячно. Учащенные измерения производятся в половодье. В отдельные фазы гидрологического режима производится отбор проб взвешенных наносов и донных отложений на механический анализ.

По данным статистической отчетности об использовании воды количество водопользователей, расположенных в бассейне реки Северский Донец, составляет 314, которыми осуществляется забор воды в объеме 344,8 млн.м<sup>3</sup>, что составляет 80 % от общего забора воды по области, в том числе:

- из поверхностных водоемов – 85,7 млн. м<sup>3</sup>;
- из подземных источников – 259,1 млн. м<sup>3</sup>.

Отведение сточных вод со сбросом в поверхностные водные объекты бассейне реки Северский Донец составляет 160,3 млн. м<sup>3</sup> – 66% от общего объема сточных вод, из них:

- загрязненных – 4,9 млн. м<sup>3</sup>;
- нормативно – очищенных – 99,2 млн. м<sup>3</sup>;
- условно – чистых – 56,2 млн. м<sup>3</sup>.

В бассейне р. Сев. Донец имеются 58 предприятий, сбрасывающие свои сточные воды в водные объекты, из них имеют очистные сооружения 22 предприятия, по остальным 36 объектам осуществляется сброс нормативно – чистых вод, не требующих очистки.

Из общего объема сточных вод – 160,3 млн. м<sup>3</sup>, объем загрязненных сточных вод составляет 3,1 % - 4,9 млн. м<sup>3</sup>.

Нормативно работают очистные сооружения МУП «Горводоканал» г. Белгород, ШМУП «Водоканал» г. Шебекино и др.

### **Глава 3. Совершенствование методов ведения мониторинга водных объектов. Статистическое обоснование возможности сокращения точек опробования створов рек.**

#### **3.1. Кластерный анализ гидрохимических показателей р. Богота**

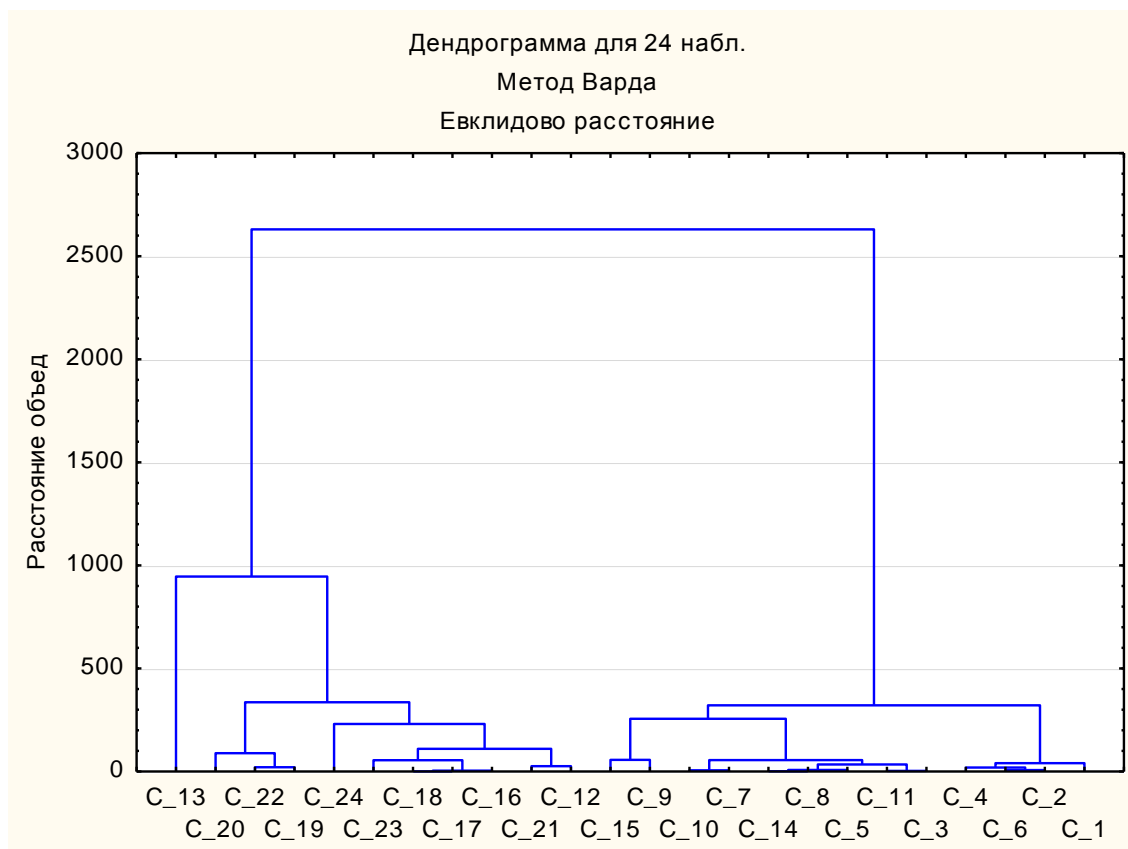
Кластерный анализ (англ. Cluster analysis) — многомерная статистическая процедура, выполняющая сбор данных, содержащих информацию о выборке объектов, и затем упорядочивающая объекты в сравнительно однородные группы. Задача кластеризации относится к статистической обработке, а также к широкому классу задач обучения без учителя.

Впервые термин «кластерный анализ» был предложен математиком Р. Трионом. Впоследствии возник ряд терминов, которые в настоящее время принято считать синонимами термина «кластерный анализ»: автоматическая классификация, ботриология и др.

Кластерный анализ гидрохимических показателей загрязнения р. Богота выполнен в программном пакете STATISTICA (версия 10.1). Для этого все данные были нормированы (отношение отклонений от среднего значения к стандартному отклонению). Для более четкого выделения кластеров использовали метод Уорда, который позволяет «расширять» признаковое пространство [4].

Выявление кластеров основного уровня иерархии осуществлено на основе анализа графика функции «дистанция сцепления – шаг агломерации» [5].

Данные для кластеризации приведены в прил 3 и представлены на рис. 3.1.



*Рис. 3.1.* Кластерный анализ загрязнения неорганическими соединениями р. Богота

Полученные результаты следует разделить на 2 группы кластеров, которые, в свою очередь, подразделяются на подгруппы кластеров:

1 группа кластеров (кластеры C<sub>1</sub> – C<sub>15</sub>). В этой группе наблюдается минимальное содержание загрязняющих элементов, низкий уровень рН, а также низкая концентрация твердых частиц. Это обусловлено тем, что точки мониторинга этой группы находятся выше по течению от агломерации г. Богота, кроме точки C<sub>15</sub>. Отмечается и то, что уровень загрязнения в этой части находится на относительно постоянном уровне.

В этой группе кластеров выделяется три подгруппы:

I. Подгруппа C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, C<sub>4</sub>, C<sub>6</sub>. Это самые чистые точки мониторинга. Здесь наблюдаются пониженные значения исследуемых загрязнителей. Вы-



звано это нахождением истока реки на территории ООПТ «Nudo De Paramillo».

II. Подгруппа C\_3, C\_11, C\_5, C\_8, C\_14, C\_7, C\_10. Эта подгруппа отличается уже большим загрязнением, нежели первая. Это обусловлено, прежде всего, сельскохозяйственной деятельностью в пределах точек мониторинга. Также в пределах деревни Вильяпинзон (точка C\_3) находятся фабрики по дублированию кожевенных изделий, что вносит существенный вклад в загрязнение реки.

III. Подгруппа C\_9, C\_15. Эти точки имеют схожие значения загрязнения, но точка C\_9 находится до агломерации г. Богота, а точка C\_15 расположена уже за агломерацией. Схожесть значений загрязнения обусловлена нахождением точки C\_15 на резком понижении рельефа, что увеличивает скорость течения, насыщая реку кислородом, тем самым «подталкивая» экосистему реки к самоочищению.

2 группа кластеров (кластеры C\_12 – C\_13). В этой группе кластеров отмечается резкое увеличение показателей загрязненности. Это обусловлено тем, что точки мониторинга расположены в средней и нижней части реки, но в средней части находится наибольшее количество источников загрязнения (прежде всего, это бытовые и промышленные сточные воды).

В этой группе кластеров выделяется пять подгрупп:

I. Подгруппа C\_12, C\_21. В целом, можно отметить высокие показатели загрязнения ввиду нахождения вблизи реки крупных городских поселений, которые загрязняют реку твердыми бытовыми отходами.

II. Подгруппа C\_16, C\_17, C\_18, C\_23. Вблизи этих точек мониторинга находятся крупные территориально производственные комплексы по изго-

товлению удобрений, машиностроительные комплексы, которые вносят в реку такие элементы, как свинец, аммиак и др.

III. Подгруппа C\_24. Рядом с этим кластером находится один из самых больших агрохолдингов в Колумбии «Productos La Riviera», что говорит о повышенном показателе аммиака на данной точке мониторинга.

IV. Подгруппа C\_19, C\_22, C\_20. Эти точки находятся в месте расширения реки, предшествующей водопаду Salto De Tequendama, что способствует концентрации здесь гидрохимических загрязнителей.

V. Подгруппа C\_13. Это самая загрязненная точка на всем протяжении мониторинга, так как она находится в черте г. Богота. Этот кластер подвержен загрязнению как жилищно-коммунального хозяйства города, так и множества предприятий города (химическая, текстильная, пищевая, целлюлозно-бумажная и др. виды промышленности).

Кластерный анализ реки Богота показал то, что наиболее загрязненными можно считать среднюю и нижнюю часть реки, но некоторые пункты мониторинга показали благоприятные для дальнейшего использования реки показатели загрязнения, при этом показав способность к самоочищению благодаря свойствам рельефа. Путем к дальнейшему очищению реки может стать постройка на всем протяжении реки очистных сооружений, ограничение выбросов загрязняющих веществ в экосистему реки и др.

### **3.2. Пробоотбор и кластерный анализ в р. Северский Донец.**

Был проведён пробоотбор и анализ по гидрохимическим показателям (электропроводность, рН, содержание ионов аммония) р. Северский Донец через каждые 1,5 км.

Пробоотбор был проведен на участке реки от с. Шишино Белгородского района близ Богоявленской церкви до х. Ржавец Шебекинского района. Точки пробоотбора проиллюстрированы на прил 3.2.

Местоположения створов были обоснованы путем анализа геоэкологической ситуации в ее бассейне, а также с учетом антропогенных модификаций ее русла, произведенных в начале 1980-х годов, когда в его городском отрезке были произведены гидротехнические работы.

Также были проклассифицированы и выделены совокупности створов реки, различающиеся по экологическому состоянию.

В результате проведенных анализов, были получены следующие данные, отраженные в табл. 3.1.

Таблица 3.1

### Гидрохимические показатели пробоотбора р. Северский Донец

№ точки	Долгота (в.д.)	Широта (с.ш.)	рН	Удельная электропроводность (мкСм/см)	Содержание ионов аммония (мг/л)
1	36,5979	50,7152	6,685	740	0,215
2	36,6117	50,7044	7,752	654	0,225
3	36,6398	50,6675	7,828	665	0,252
4	36,6441	50,6538	7,87	663	0,326
5	36,6405	50,632	7,769	638	0,311
6	36,6228	50,6141	7,743	680	0,352
7	36,6187	50,5978	7,844	682	0,384
8	36,6134	50,5951	7,773	679	0,272
9	36,6088	50,5877	7,879	689	0,402
10	36,6212	50,5774	7,744	697	0,256
11	36,6222	50,5621	7,666	679	0,292
12	36,6217	50,5509	7,615	741	0,586
13	36,6374	50,5401	8,674	800	0,508
14	36,6321	50,5331	8,696	804	0,356
15	36,6395	50,5215	7,205	661	0,325
16	36,648	50,5084	7,577	659	0,25
17	36,6742	50,5039	8,208	834	0,845
18	36,6675	50,4949	7,457	618	1,438
19	36,6797	50,4888	8,756	779	0,892
20	36,6752	50,4797	7,595	799	0,215
21	36,69	50,4732	7,454	800	0,252
22	36,6797	50,4624	8,677	792	0,303
23	36,6954	50,4574	8,749	777	0,368
24	36,7255	50,4553	8,662	758	0,219
25	36,7485	50,4437	8,522	770	0,265

Полученные данные по измерению гидрохимических показателей продемонстрированы на рис. 3.3; 3.4; 3.5.

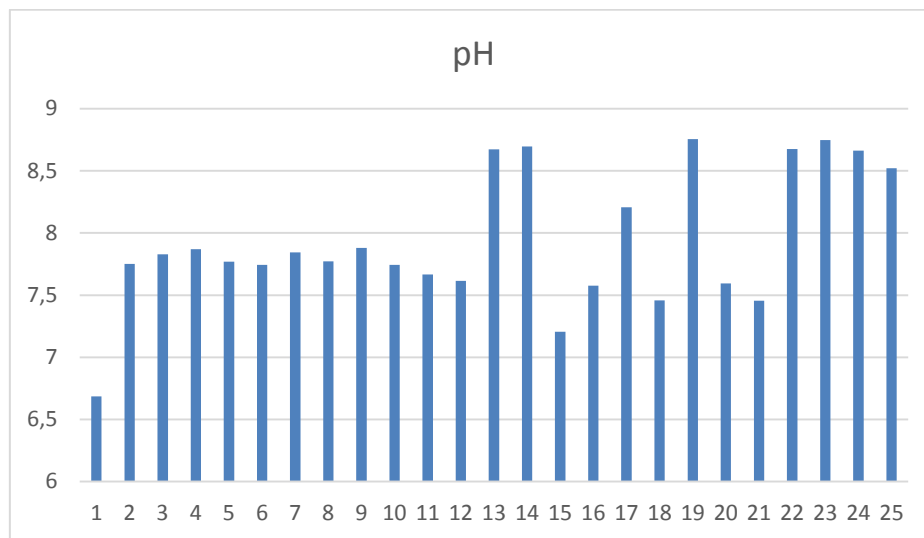


Рис.3.3. Показатели pH на разных точках мониторинга

На рисунке видно, что точки мониторинга №1, 15, 18, 20, 21 имеют самые низкие показатели pH, что говорит о нейтральной среде и наличии  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$  и  $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$  в этих участках реки. Самые высокие показатели pH выявлены в точках № 13, 14, 19, 22-25, здесь преобладает щелочная среда ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$  и  $\text{NaHCO}_3$ ).

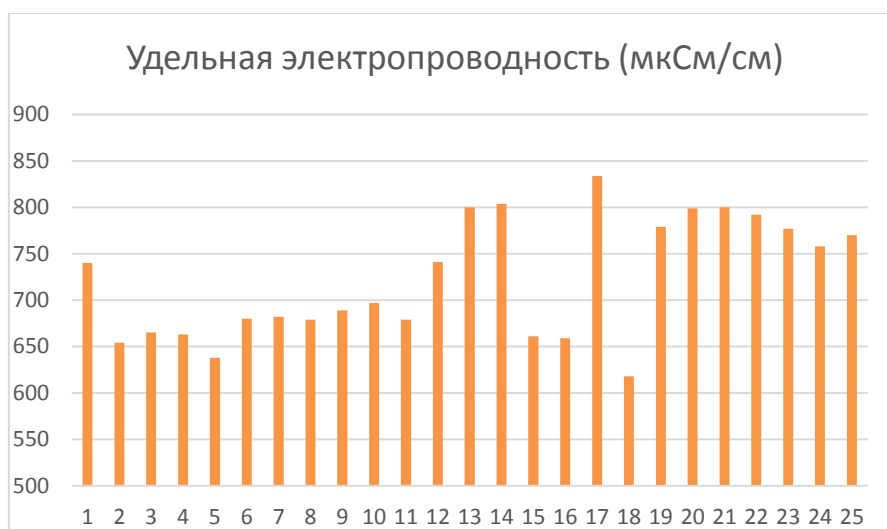


Рис.3.3. Показатели электропроводности на разных точках мониторинга

Этот график показывает удельную электропроводность, с помощью которой можно определить уровень минерализации воды. Чем выше электропроводность, тем больше уровень минерализации и наоборот. Следовательно, самыми «минерализованными» можно считать точки № 13,14, 17, 20 и 21.



Рис.3.3. Показатели содержания ионов аммония на разных точках мониторинга

Наличие ионов аммония указывает на свежее загрязнение и близость источника загрязнения (коммунальные сооружения, отстойники промышленных отходов, животноводческие фермы, скопления навоза, азотных удобрений, поселения и турбазы). Наибольшие значения ионов аммония сосредоточены в точках мониторинга № 17-19, что говорит о высоком органическом загрязнении реки вблизи данных точек.

Исходя из полученных данных, изученная часть реки может быть разделена на 3 группы:

- I группа (1-10 точки);
- II группа (11-16 точки);
- III группа (17-25 точки).

I группа расположена в пределах точки начала пробоотбора до точки начала городского пляжа г. Белгорода. II группа охватывает городской пляж и продолжается до с. Соломино, а в III группу попадает оставшаяся часть Белгородского водохранилища до х. Ржавец Шебекинского района.

Средние значения изучаемых показателей по ранжированию по группам показаны в таблице 3.2.

*Таблица 3.2*

**Средние значения изучаемых показателей.**

№ группы	Среднее значение рН	Среднее значение электропроводности	Среднее значение содержания ионов аммония
I группа (точки 1-10)	7,69	678,70	0,30
II группа (точки 11-16)	7,91	724,00	0,39
III группа (точки 17-25)	8,23	769,67	0,53

Данное разделение обусловлено экологическим состоянием изученных участков реки. Анализ изучаемых гидрохимических показателей свидетельствует о том, что:

- I группа имеет низкие показатели электропроводности, рН и содержания ионов аммония, что говорит о низком уровне загрязнения;
- II группа показывает повышенное содержание изучаемых показателей, что намекает на то, что происходит загрязнение реки в связи с бурной хозяйственной деятельностью человека;
- III группа также указывает на повышенные показатели электропроводности и рН, но содержание ионов аммония заметно снижено.

Результаты анализа показали, что агломерация г. Белгорода имеет существенное влияние на загрязнение реки. Это подтверждается увеличением на II группе точек, по сравнению с группой I, содержания ионов аммония (с 0,30 до 0,39 мг/л), а также повышением показателей электропроводности (с 678,70 до 724,00 мкСм/см) и pH (7,69 и 7,91 соответственно).

Стоит отметить, что в III группе точек наблюдается наибольшая концентрация изучаемых показателей. Это обусловлено тем, что в конце III группы точек исследования сталкиваются с антропогенным объектом – створом плотины водохранилища, находящимся близ с. Графовка Шебекинского района. Плотина является антропогенным барьером и концентрирует в III части (группе точек) водохранилища загрязняющие вещества.

Для выявления пространственных и временных различий химического состава речной воды необходимо провести кластерный анализ в программе STATISTICA 10.1.

Для этого все данные были нормированы (отношение отклонений от среднего значения к стандартному отклонению).

Доверительный интервал ( $\bar{x}$ ) рассчитывается по формуле:

$$\bar{x} \pm t_{os} \cdot S_{\bar{x}}, \text{ где}$$

$t_{os}$  – критерий Стьюарта;

$S_{\bar{x}}$  – ошибка среднего интервала.

Стандартное отклонение (S) рассчитывается по формуле:

$$S = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{n-1}}, \text{ где}$$

$x_i$  – значения индекса;

$n$  - объем выборки.



Коэффициент реакции (V) рассчитывается по формуле:

$$V = \frac{S}{\bar{x}} \cdot 100 \%, \text{ где}$$

S - стандартное отклонение;

$\bar{x}$  - доверительный интервал.

Полученные результаты коэффициента реакции ранжируют следующим образом:

- > 20% - сильная степень загрязнения;
- 10-20% - средняя степень загрязнения;
- < 10% - слабая степень загрязнения.

Данные по нормированию представлены в табл.

Таблица 3.3

**Нормированные данные для построения кластерного анализа р. Северский Донец.**

№ точки	Группа	$\bar{x} \pm t_{os} \cdot S_{\bar{x}}$	S	V
<b>pH</b>				
1-10	I	0,22	0,36	4,64
11-16	II	0,55	0,63	7,91
17-25	III	0,37	0,57	6,95
<b>Удельная электропроводность (мкСм/см)</b>				
1-10	I	17,18	27,71	4,08
11-16	II	59,04	67,36	9,30
17-25	III	39,81	60,93	7,92
<b>Содержание ионов аммония (мг/л)</b>				
1-10	I	0,04	0,07	21,93

11-16	II	0,12	0,13	34,13
17-25	III	0,28	0,43	80,58

Благодаря полученным данным, кластерный анализ реки Северский Донец имеет следующий вид (рис. 3.4):



Рис.3.4. Кластерный анализ р. Северский Донец

Полученные результаты следует разделить на 2 группы кластеров, которые, в свою очередь, подразделяются на подгруппы кластеров:

1 группа кластеров (кластеры C\_2 – C\_10). В этой группе наблюдается минимальное содержание ионов аммония, низкий уровень рН, а также низкий показатель предельной электропроводности. Это вызвано тем, что точки мониторинга группы находятся выше по течению от агломерации г. Белгород. Можно отметить, что уровень загрязнения в этой части находится на относительно постоянном уровне.

В этой группе кластеров выделяется четыре подгруппы:

I. Подгруппа С\_2, С\_3, С\_4, С\_15, С\_16. В этой подгруппе изучаемые показатели находятся на относительно низком уровне. Точки С\_2, С\_3, С\_4 находятся в самом верхнем участке изучаемой части реки, а точки С\_15, С\_16 находятся близ с. Соломино.

II. Подгруппа С\_5, С\_18. Данная подгруппа также отличается небольшим уровнем загрязнения, но на точке С\_18 наблюдается наивысшая концентрация ионов аммония из изучаемых. Это обуславливает нахождение выше по течению нескольких баз отдыха, которые несут в реку множество загрязняющих веществ (взвешенных веществ, нитратов и др.).

III. Подгруппа С\_6, С\_8, С\_11, С\_7. В этой подгруппе кластеров отмечается некоторое увеличение показателей загрязнения, особенно на точках С\_6 и С\_11. Это связано с расположением вблизи реки автомобильных магистралей и населенных пунктов. Точка С\_6 особенно подвержена органическому загрязнению ввиду бурной хозяйственной деятельности.

IV. Подгруппа С\_9, С\_10. Точка С\_9 расположена в месте соединения рек Северский Донец и Везелка. Отмечено, что р. Везелка несет в воды Северского Донца большое количество ионов железа ( $Fe^{2+}$ ) и органических веществ. При этом, замечено, что содержание ионов аммония в данных точках мониторинга существенно ниже, чем в остальных подгруппах кластеров.

2 группа кластеров (кластеры С\_12 - С\_17). Эта группа кластеров отличается тем, что они расположены в увеличенной по ширине части реки. Также эта часть реки расположена ниже по течению от 1 группы кластеров. Эти обстоятельства говорят об увеличении числа загрязняющих элементов и повышении их концентрации.

I. Подгруппа С\_12, С\_24. В целом, можно отметить высокие показатели загрязнения ввиду нахождения вблизи реки поселений (г. Белгород и пгт.

Маслова Пристань), которые загрязняют реку твердыми бытовыми отходами, а также органическими соединениями.

II. Подгруппа С\_14, С\_23, С\_25, С\_13. Точки С\_13 и С\_14 имеют высокую степень загрязнения из-за нахождения рядом с ними р. Разумная, которая несет загрязнения в виде органических соединений, нитратов, нитритов и др. А точки С\_23 и С\_25 находятся в нижней части водохранилища, что обуславливает высокую степень загрязнения воды.

III. Подгруппа С\_20, С\_21, С\_14, С\_22. В этих точках наблюдается аналогичная ситуация II подгруппе кластеров.

IV. Подгруппа С\_17. Эта точка отличается от других высоким показателем концентрации ионов аммония, наивысшим показанием электропроводности. Всё это говорит о самом загрязненном участке в этом участке реки. Такие показания обусловлены особенностями течения на этом участке (река расширяется и образуется «карман» со стоячей водой).

В целом, для р. Северский Донец характерно нарушение режима естественного стока, ухудшение качества воды в результате избыточного поступления органических элементов, а также загрязнения токсичными веществами. Качество воды в них зачастую не удовлетворяет требованиям, предъявляемым к использованию в народном хозяйстве в качестве объекта рекреации и питьевого источника.

Также следует отметить, что существует возможность сокращения точек пробоотбора. Данный вывод можно сделать из того, что были получены точки с идентичными по значению результатами. Следовательно, можно говорить о том, что, прежде чем проводить процедуру пробоотбора, необходимо тщательно изучить гидрографические, орографические и другие особенности водного объекта и примыкающего к нему ландшафта.



## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Дефицит чистой пресной воды уже сейчас представляет реальную угрозу для человечества. Все более возрастающие потребности промышленности и сельского хозяйства в воде заставляют государства искать разнообразные средства решения этой проблемы. Это говорит о несомненной актуальности данной темы дипломной работы.

При выборе объектов исследования, упор был сделан на то, что реки Богота и Северский Донец являются основными источниками водопотребления в примыкающих к ним городским и сельским поселениям.

Из-за большого количества объектов загрязнения, стоящих в пределах бассейна реки, большая часть поллютантов попадает в окружающую среду, что негативно влияет на её жизнедеятельность. Основными источниками загрязнения является:

- сточные воды от жилищно-коммунальных хозяйств, промышленности и сельского хозяйства.
- бытовые загрязнители, попадающие в притоки реки, а затем и в сами реки от населенных пунктов.
- засорение воды твердым бытовым мусором.

При использовании статистического метода исследования (кластерный анализ) удалось выявить, что в целом, для р. Северский Донец характерно нарушение режима естественного стока, ухудшение качества воды в результате избыточного поступления органических элементов, а также загрязнения токсичными веществами.

Кластерный анализ реки Богота показал то, что наиболее загрязненными можно считать среднюю и нижнюю часть реки, но некоторые пункты мониторин-

га показали благоприятные для дальнейшего использования реки показатели загрязнения, при этом показав способность к самоочищению благодаря свойствам рельефа. Путем к дальнейшему очищению реки может стать постройка на всем протяжении реки очистных сооружений, ограничение выбросов загрязняющих веществ в экосистему реки и др.

Также следует отметить, что, зачастую, существует возможность сокращения точек пробоотбора при мониторинге рек. Данный вывод можно сделать из того, что были получены точки с идентичными по значению результатами, причем как на реке Северский Донец, так и Боготе. Следовательно, можно говорить о том, что, прежде чем проводить процедуру пробоотбора, необходимо тщательно изучить гидрографические, орографические и другие особенности водного объекта и примыкающего к нему ландшафта.

Основными загрязняющими элементами являются тяжелые металлы, твердые бытовые отходы, химические элементы, органические соединения, бактериальные организмы. В совокупности, все эти поллютанты превышают предельно допустимые концентрации в несколько раз, что немедленно создает проблемы для рекреации и хозяйственных объектов.

Качество воды в исследуемых реках зачастую не удовлетворяет требованиям, предъявляемым к использованию в народном хозяйстве в качестве объекта рекреации и питьевого источника. Для использования воды в питьевых нуждах её необходимо тщательно обработать и только затем она будет пригодна к использованию.

Исходя из полученных данных мониторинга, можно сказать, что реки находятся в критическом состоянии. Для того чтобы исправить сложившуюся ситуацию, нужно предпринимать эффективные меры. К подобным мерам можно отнести следующие:

1. Регулирование деятельности предприятий, жилищно-коммунальных хозяйств, находящихся в пределах бассейна рек.
2. Разработка и внедрение нормативов ПДК для каждого химического загрязнителя бассейна для предотвращения загрязнения.
3. Проведение мероприятий по исправлению уже сложившейся ситуации в экосистемах рек и окружающих их ландшафтах.

При соблюдении и проведении этих мер, можно будет говорить о положительной динамике в очищении рек, и дальнейшем их использовании не только как народохозяйственных объектов, но и объектах, годных и для рекреационных целей



## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Антимонов, Н.А. Природа Белгородской области. / Н.А Антимонов. Белгород: Обл. типография, 1959. - С. 113, 213-219.
2. Атлас природные ресурсы и экологическое состояние Белгородской области / редкол.: Ф.Н. Лисецкий (отв. ред.), В.А. Пересадько, С.В. Лукин, А.Н. Петин. - Белгород: Бел. гос ун-т, 2005.- 180 с.
3. ГОСТ 17.1.5.01-80. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к отбору проб донных отложений водных объектов для анализа на загрязненность; Введ. 01.01.82. – М.: Изд-во стандартов, 2002. – 34 с.
4. ГОСТ Р 31861-2012. Вода. Общие требования к отбору проб; Введ. 01.01.14. – М.: Изд-во стандартов, 2004. – 1-13 с.
5. Григорьев Г.Н. География Белгородской области / Г.Н.Григорьев. - Белгород: Изд-во БелГУ, 1996. - 144 с
6. Доклад о реставрации и планировке окружающей среды Боготы / Административно - технический отдел по мониторингу окружающей среды г. Богота. – Богота: PanAmericana Ltd., 2014 – 135 с.
7. Дюран Б. Кластерный анализ / Б Дюран, П. Оделл. - М.: Статистика, 1977. - 128 с.
8. Ким Дж.-О. Факторный, дискриминантный и кластерный анализ: Пер. с англ. / Дж.-О. Ким, Ч. У.Мьюллер, У. Р. Клекка. и др.- М.: Финансы и статистика, 1989. - 215 с.
9. Компоненты окружающей среды – выводы и заключения / Административный департамент Окружающей Среды. – Богота: Planeta Colombiana S.A., 2014. – С. 2-5.

10. Лисецкий Ф.Н. Экологические исследования бассейнов малых рек Белгородской области (на примере р. Болховец) // Эколого-географические исследования в речных бассейнах. Воронеж: ВГПУ, 2001. - С. 171-173.
11. Лисецкий, Ф.Н. Реки и водные объекты Белогорья / Ф.Н. Лисецкий, А.В. Дегтярь, Ж.А. Буряк, Я.В. Павлюк, А.Г. Нарожняя, А.В. Землякова, О.А. Маринина. - Белгород: Изд-во БелГУ, 2015. – 362с.
12. Методические рекомендации: Отбор проб почв, грунтов, донных отложений, илов, осадков сточных вод, шламов промышленных сточных вод, отходов производства и потребления: ПНД Ф 12.1:2:2.2.3:3.2-03 / ФБУ ФЦАО. Введ.01.08.14. – М., 2015. – 56 с.
13. Осыков, Б.И. Города и реки Белгородчины /Б. И. Осыков. – Белгород: Обл. тип., 1990.– 55 с.
14. Осыков, Б.И. Реки Белогорья: краеведческие очерки и материалы/ 2 –е изд., доп. / Б. И. Осыков. – Белгород: Политерра, 2012.– 52 с.
15. Отчет ведения наблюдений, оценки изменений состояния качества вод на территории Белгородской и Курской областей / Отдел контроля качества вод (аккредитованная лаборатория) ФГУ «УЭ Белгородского водохранилища». – 2016. – С. 28-43.
16. Отчет губернатора муниципалитета Кундинамарка / Режим доступа: <http://larepublica.co/sites/default/files/larepublica/imagenes/noticias.html>. - Систем. требования: IBM; Internet Explorer.
17. Отчет об эксплуатации и техническом обслуживании р. Salitre. / Корпорация Hans Wolf & Partner GMBH & Hidrotec, - Богота: NORMA, 2016. – С. 13-27.
18. Отчет с завода по переработке сточных вод р. Селитра / Жилищно-коммунальное хозяйство г. Богота. - Богота: NORMA, 2015 – 8-14 с.

19. Петин А.Н., Малые водные объекты и их экологическое состояние. / А.Н Петин, Н.С Сердюкова, В.Н. Шевченко. - Белгород: Изд-во БелГУ, 2005. - 240 с.
20. Петин А.Н., Петина М.А., Новикова Ю.И. Северский Донец: гидрологический режим и экологическое состояние вод: монография. Белгород: ИД «Белгород», 2014. – 184 с.
21. Петин, А.Н. Малые водные объекты и их экологическое состояние / А.Н Петин, Н.С Сердюкова, В.Н Шевченко. - Белгород: Изд-во БелГУ, 2005. - 240 с.
22. Петина М.А. Анализ и оценка водных ресурсов Белгородской области с использованием ГИС-технологий: автореф. дис. ... канд. геогр. н. - Белгород: Изд-во БелГУ, 2012. - 23 с.
23. Природные ресурсы и окружающая среда Белгородской области / П.М. Авраменко, П.Г. Акулов, Ю.Г. Атанов, В.Н. Шевченко и др.; под ред. С.В. Лукина. – Белгород, 2007. – 556с.
24. Природные ресурсы и окружающая среда Белгородской области / под ред. д. с.х. н., проф. С. В. Лукина. – Белгород: Бел. обл. типография, 2007. – 87 с.
25. Пузаченко Ю.Г. Математические методы в экологических и географических исследованиях. – М.: Академия, 2004. – 416 с.
26. Река Богота: [Электронный ресурс]. <http://combo2600.com/bogota-si-tiene-gio/> (дата обращения: 26.09.16).
27. Реки Белгородской области: Энциклопедия Белгородской области. - Режим доступа: <https://beluezd.ru/vodnie-resursi.html>. – Систем. требования: IBM; Internet Explorer.
28. Республика Колумбия. Министерство природных ресурсов. Соглашение 43 По установке норм показателей качества воды для бассейна реки Богота к 2020 году – Богота: Planeta Colombiana S.A, 2006. – 56 с.

29. Республика Колумбия. Указ Президента Республики Колумбия 1640 О регламентировании документацию для планирования, регулирования и управления речными бассейнами и искусственными водными объектами - Богота:PanAmericana Ltd., 2012. – 65 с.
30. Российская Федерация. Министерство природных ресурсов и экологии. Приказ от 24.02.2014 №112 Об утверждении Методических указаний по осуществлению государственного мониторинга водных объектов в части организации и проведения наблюдений за содержанием загрязняющих веществ в донных отложениях водных объектов: офиц. текст. – М.: Маркетинг, 2015. – 7 с.
31. Станция очистки сточных вод Salitre / Rio Bogota // Режим доступа: <http://www.observatorioambientalcar.co/archivos>. – Систем. требования: IBM; InternetExplorer.
32. Станция очистки сточных вод Salitre / Rio Bogota // Режим доступа: <http://www.observatorioambientalcar.co/archivos>. – Систем. требования: IBM; InternetExplorer.
33. Характеристика водных ресурсов в верхней части бассейна реки Богота (сектор Villapinzón) / Национальный Университет Колумбии, Факультет разработки и сохранения водных ресурсов. – Богота: Изд-во Нац-ного Ун-та Колумбии, 2014. – 35 с.
34. Хиральдо, К. Л. Приемы мониторинга сточных вод в бассейне Селитры / К. Л. Хиральдо, - Богота: NORMA, 2015. – 25 с.
35. Экологическое состояние водных объектов и пути его улучшения / А.Б. Мирошников, А.Н. Петин, Г.Н. Григорьев // сборник докладов областного семинара-совещания в г. Ст. Оскол «Экологическое состояние водных объектов и пути его улучшения». Белгород, 1996. - С. 6-15.

## ПРИЛОЖЕНИЕ

Таблица 2.2

**Нагрузка органическими соединениями от населенных пунктов бассейна реки Богота**

Населенные пункты	Численность населения	ДВО (Кг/д)
Villapinzon(Вильяпинзон)	5650	282,5
Choconta (Чоконта)	10165	508,25
Suesca (Суэска)	7010	350,5
Guatavita (Гуатавита)	1822	91,1
Gachancipa (Гуачансипа)	6618	330,9
Sesquile (Сескиле)	2647	132,35
Tocancipa (Токансипа)	10746	537,3
Cogua (Когуа)	5817	290,85
Nemocon (Немокон)	5161	258,05
Zirapaira (Зипакира)	94214	4710,7
La Calera (Ла Калера)	10180	509
Sopo (Сопо)	11936	596,8
Cajica (Кахика)	28516	1475,8
Chia (Чиа)	80921	4046,05
Tabio (Табио)	13835	691,75
Tenjo (Тенхо)	9190	459,5
Bogota (Богота)	7299909	364995,44
Subachoque (Субачоке)	5416	270,8
El Rosal (Ел Росал)	8409	420,45
Facatativa (Факататива)	102059	5102,95

Војаса (Бохака)	7488	374,4
Funza (Фунза)	60791	3039,55
Madrid (Мадрид)	57698	2884,9
Mocquera (Москера)	66084	3304,2
Soacha (Соача)	427046	21352,3
Sibate (Сивате)	22423	1121,15
San Antonio(Сан Антонио)	900	45
Tena (Тена)	1966	98,3
Zipacon (Зипакон)	1828	91,4
Apolaima (Анолайма)	3911	195,55
Cachipai (Качипай)	9762	488,1
El Colegio (Ел Колегио)	7843	392,15
La Mesa (Ла Меса)	15130	756,5
Apolaima (Анапойма)	5077	253,85
Apulo (Апуло)	3112	155,6
Viota (Вйота)	4102	205,1
Tocaima (Токайма)	10480	524
Agua De Dios (Агуа Де Диос)	11058	552,9
Girardot (Гирардот)	95779	4788,9

Таблица 1

**Результаты исследования органического загрязнения воды в реке Богота в 2016 г.**

Название точек мониторинга	Расположение точек мониторинга	Общее содержание бактерий, кл/л	Содержание кишечной палочки, кл/л	Биохимическая потребность в кислороде, мг/л	Содержание кислорода, мг/л	Фосфор, мг/л	Растворенный кислород, мг/л
1, Река Богота, вверх по течению	K0+000	13000	910	1,7	15,6	0,04	4,50
2, станция Вильяпинзон	K4+146	24000	9200	2,4	23	0,07	24,8
3, станция Чоконта	K19+100	240000	18000	6,6	26,8	0,16	4,60
4, станция Мост Сантандер	K35+515	10000	1400	2	39,8	<LD	6,30
5, станция Суэска	K37+065	60000	9900	4,8	28,8	0,20	6,90
6, станция Молинос	K48+155	24000	5500	2,4	22,8	0,08	6,10
7, станция Гачансипа	K59+495	140000	12000	7,4	24,6	0,25	4,30
8, станция Токансипа	K64+365	240000	5700	11,2	42,6	0,55	3,90
9, станция Река Негро	K77+550	550000	11000	7,5	46,9	0,48	1,00
10, станция Чиа	K91+160	200000	7800	10	54,4	0,54	1,30
11, станция Фунза	K104+795	1100000	42000	10,6	49,7	0,62	1,10
12, станция Енгатива	K139+095	32000000	3E+06	115	229	3,42	0,80

13, станция Ла Рамада	K139+955	150000	1000	16,7	43,4	0,96	0,70
14, станция река Фрио	K110+625	240000	21000	5,9	27	0,43	2,10
15, станция Мост Ла Вир- ген	K119+825	240000	170000	17	42,2	0,73	0,80
16, станция река Фуча	K155+340	120000000	4E+06	105	235	3,35	1,40
17, станция Гибралтар	K158+740	69000000	4E+06	132	246	3,70	0,60
18, станция река Тунхуэло	K168+780	170000000	1E+07	132	245	5,30	0,50
19, станция Лас-Уертас	K177+050	92000000	2E+06	98,7	255	4,28	1,00
20, Станция вверх по тече- нию от разры- ва Текендама	K191+713	52000000	2E+06	70	214	3,61	3,80
21, Река Бого- та, после станция Сан- та-Марта	K218+586	150000000	2E+06	36	92,9	2,98	5,60
22, Река Бого- та, после станция река Каландайма	K234+631	73000000	1E+06	59,3	156	3,63	4,80
23, станции река Хонда	K208+446	980000	5200	42,7	51,3	1,56	7,00
24, Станция место впаде- ния река Бо- гота	K285+803	3500000	1E+05	34	84,9	2,07	1,10



Таблица 2

**Результаты исследования неорганического загрязнения воды в реке Богда в 2016 г.**

Название точек мониторинга	Расположение точек мониторинга	Аммиак, мг/л	Нитрит, мг/л	Нитрат, мг/л	рН	Общее содержание твердых частиц, мг/л	Свинец
1, Река Богота, вверх по течению	K0+000	0,02	<LD	0,2	8,0	40	<LD
2, станция Вильяпинзон	K4+146	0,11	0,002	0,3	6,9	67	<LD
3, станция Чоконта.	K19+100	1,70	0,030	0,4	6,3	147	<LD
4, станция Мост Сантандер	K35+515	0,19	0,027	0,9	5,7	80,0	<LD
5, станция Суеска	K37+065	0,16	0,023	1,1	6,7	133	<LD
7, станция Молинос	K48+155	0,16	0,015	0,6	5,7	60	<LD
8, станция Гачансипа	K59+495	0,34	0,018	0,8	7,1	107	<LD
9, станция Токансипа	K64+365	0,61	0,034	0,9	6,8	127	<LD
10, станция Река Негро	K77+550	2,28	0,041	0,4	7,0	261	<LD
11, станция Чиа	K91+160	1,68	0,025	0,5	6,9	113	<LD
12, станция Фунза	K104+795	1,96	0,025	0,3	6,9	144	<LD
13, станция Енгатива	K139+095	20,27	0,002	0,4	7,4	376	<LD
14, станция Ла Рамада	K139+955	18,44	<LD	0,2	6,8	923	<LD

15, станции река Фрио	K110+625	1,59	0,033	0,9	7,9	127	<LD
16, станция Мост Ла- Вирген	K119+825	3,01	0,037	0,3	7,0	204	<LD
17, станции река Фуча	K155+340	22,75	0,003	0,3	7,2	410	<LD
18, Река Бо- гота, станция Гибралтар	K158+740	26,19	0,003	0,3	7,1	410	<LD
19, станции река Тунху- эло	K168+780	25,83	0,002	0,8	7,1	410	0,20
20, станция Лас-Уертас	K177+050	24,13	<LD	0,4	7,4	370	<LD
21, Станция вверх по те- чению от разрыва Те- кендама	K191+713	22,11	<LD	0,4	7,7	310	<LD
22, Река Бо- гота, после станции Санта-Марта	K218+586	16,63	0,067	1,2	7,6	350	<LD
23, станция река Ка- ландайма	K234+631	20,04	<LD	0,3	7,6	390	<LD
24, станции река Хонда	K208+446	2,93	1,457	2,9	8,1	440	<LD
25, Станция место впаде- ния река Бо- гота	K285+803	17,52	0,029	0,6	6,9	550	<LD

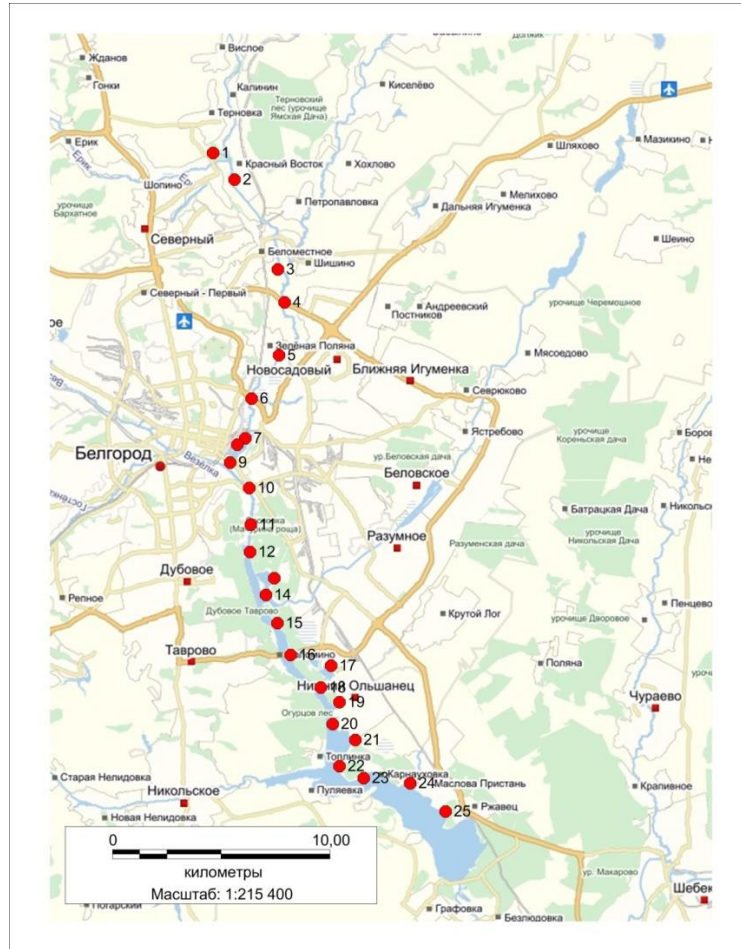


Рис.3.2. Точки пробоотбора на р. Северский Донец

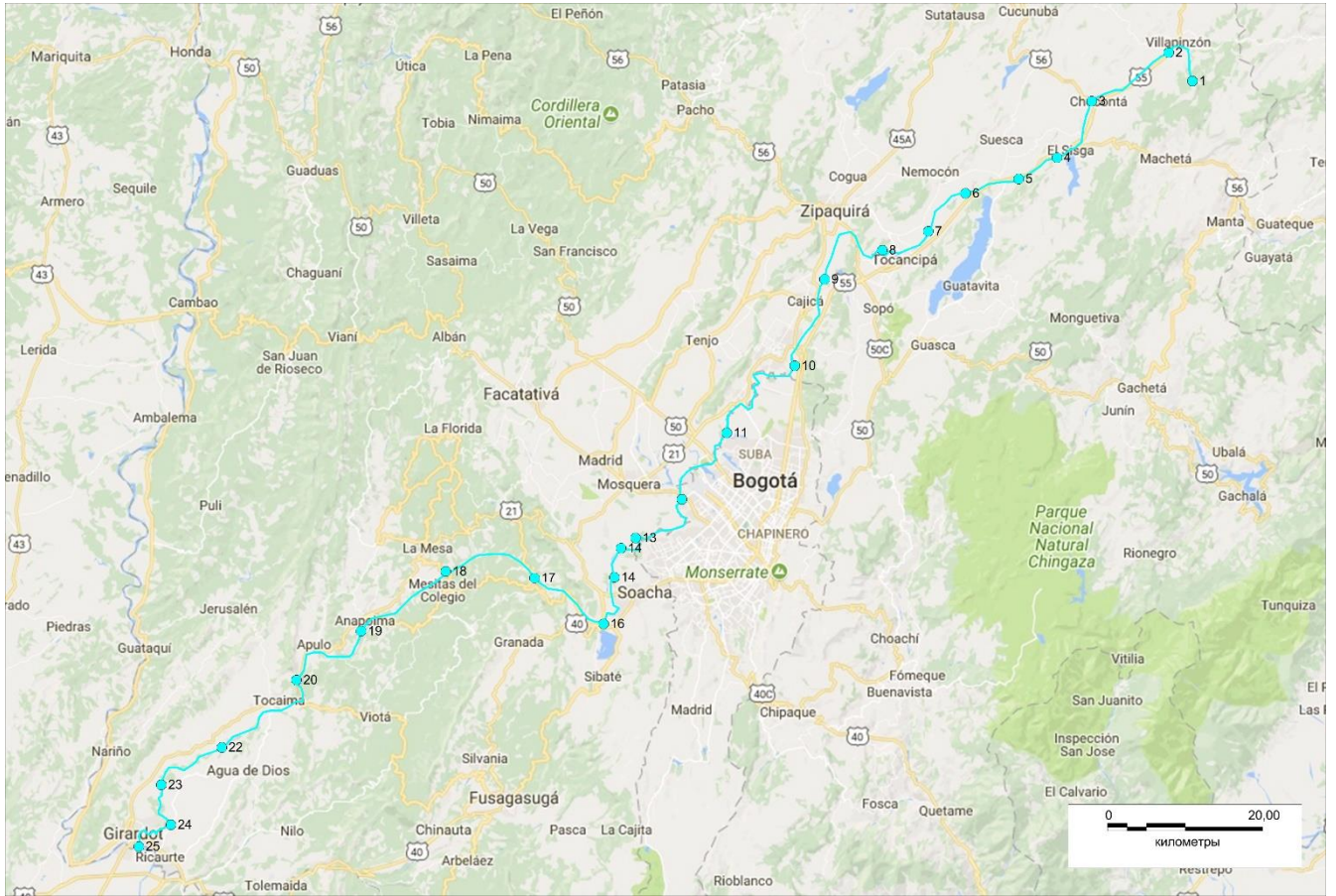


Рис.3.3. Точки пробоотбора на р. богота