



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Инженерная школа природных ресурсов
Направление подготовки 20.04.02. Природообустройство и водопользование
Отделение геологии

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Эколого-геохимическое состояние реки Ямуна в районе города Дели (Индия)

УДК: 556.53:504.5(540.23)

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ВМ12	Ядав Бхупендер		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОГ ИШПР	Токаренко Ольга Григорьевна	К.Г.-М.Н		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Рыжакина Татьяна Гавриловна	К.Э.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ООД ШБИП	Сечин Андрей Александрович	К.Т.Н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Чистая вода	Пасечник Елена Юрьевна	К.Г.-М.Н., доцент		

Томск – 2023 г.



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Инженерная школа природных ресурсов
Направление подготовки 20.04.02 Природообустройство и водопользование
Отделение геологии

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП
_____ Пасечник Е.Ю.

**ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Магистерской диссертации

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа

ФИО

2ВМ12

Ядав Бхупендер

Тема работы:

Эколого-геохимическое состояние реки Ямуна в районе города Дели (Индия)

Утверждена приказом директора (дата, номер)

От 23.12.2022 № 357-3/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:

05.06.2023

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе

(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).

Объектом исследования является участок р.Ямуна в г. Дели (Индия), протяженностью 22 км.

В основу работы положены:

1. Данные 16 проб воды из 6 точек пробоотбора, отобранные автором в разные сезоны года (зима, сезон дождей) 3 раза в 2022 году на р. Ямуна;
2. Материал, любезно предоставленный Институтом испытаний и исследований Шанти (г. Харьяна, Индия);
3. Результаты предыдущих исследований и данные из открытых источников, включая данные по гидрохимии из Центральной Комиссии по водным ресурсам Департамента водных ресурсов (правительство Индии) и Министерства окружающей среды Индии.

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов

(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки

1. Провести обзор более ранних исследований;
2. Изучить природные условия района исследования;
3. Изучить современный химический состав р.Ямуна и проанализировать его изменения в многолетней

<p>техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</p>	<p>динамике; 4. Провести сравнительную характеристику водного объекта на основе имеющихся данных химического состава, а также оценить его экологическое состояние; 5. Изучить явление ядовитого пенообразования, определить причины и последствия данного явления; 6. Оценить геохимические особенности р. Ямуна на основе исследования системы вода-алюмосиликатные породы.</p>
<p>Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)</p>	<p>1. Карта-схема расположения объекта исследования; 2. Схематический гидрогеологический разрез исследуемой территории; 3. Карта-схема топографии, землепользования, глубины уровня воды и уровня грунтовых вод города Дели; 4. Гидрологическая карта рек Северной Индии, бассейна р. Ямуны и г. Дели. 5. Диаграммы для оценки равновесно-неравновесного состояния вод</p>

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Рыжакина Татьяна Гавриловна
Социальная ответственность	Сечин Андрей Александрович
Иностранный язык	Сыскина Анна Александровна

Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:

На русском языке:

1. Физико-географические условия исследуемой территории
2. Гидрология и гидрогеология р. Ямуна
3. Материалы, методы и лабораторные исследования
4. Оценка экологического состояния вод р. Ямуна
5. Оценка геохимических особенностей вод р. Ямуна
6. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение
7. Социальная ответственность

На английском языке:

Ecological and geochemical state of the Yamuna River in city Delhi, India (Приложение I)

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	23.12.2022
--	------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОГ ИШПР	Токаренко Ольга Григорьевна	к.г.-м.н.		23.12.2022

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ВМ12	Ядав Бхупендер		23.12.2022

Инженерная школа природных ресурсов
Направление подготовки 20.04.02. Природообустройство и водопользование
Уровень образования магистратура
Отделение геологии
Период выполнения (осенний/весенний семестры 2022-2023 гг.; 2 учебный год)

Форма представления работы:

магистерская диссертация
(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы: 05.06.2023

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
05.12.2022	Сбор и обработка исходных материалов и обзор литературы	15
01.02.2023	Общие сведения и характеристика объекта исследований	10
02.03.2023	Гидрогеологические условия района исследований	10
10.04.2023	Методика и результаты изучения	10
10.05.2023	Оценка экологического состояния вод р. Ямуна	10
20.05.2023	Изучение геохимических особенностей вод р.Ямуна	15
31.05.2023	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	10
31.05.2023	Социальная ответственность	10
31.05.2023	Раздел на иностранном языке	10

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОГ ИШПР	Токаренко Ольга Григорьевна	К.Г.-М.Н.		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОГ	Пасечник Елена Юрьевна	К.Г.-М.Н., доцент		

Результаты освоения ООП

Код компетенции	Наименование компетенции	Подготовка и защита ВКР
УК(У)-1	Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	+
УК(У)-2	Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла	+
УК(У)-3	Способен организовывать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной цели	+
УК(У)-4	Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном (-ых) языке (-ах), для академического и профессионального взаимодействия	+
УК(У)-5	Способен анализировать и учитывать разнообразие культур в процессе межкультурного взаимодействия	+
УК(У)-6	Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки	+
ОПК(У)-1	способность и готовность руководить коллективом в сфере своей профессиональной деятельности, толерантно воспринимая социальные, этнические, конфессиональные и культурные различия	+
ОПК(У)-2	способность использовать на практике умения и навыки в организации исследовательских и проектных работ, находить и принимать управленческие решения, формировать цели команды, воздействовать на ее социально-психологический климат в нужном для достижения целей направлении, оценивать качество результатов деятельности	+
ОПК(У)-3	готовность к изучению, анализу и сопоставлению отечественного и зарубежного опыта по разработке и реализации проектов природообустройства и водопользования	+
ОПК(У)-4	способность использовать знания методов принятия решений при формировании структуры природно-техногенных комплексов, методов анализа эколого-экономической и технологической эффективности при проектировании и реализации проектов природообустройства и водопользования, проектов восстановления природного состояния водных и других природных объектов	+
ОПК(У)-5	способность профессионально использовать современное научное и техническое оборудование и приборы, а также профессиональные компьютерные программные средства	+
ОПК(У)-6	способность собирать, обобщать и анализировать экспериментальную и техническую информацию	+
ОПК(У)-7	способность обеспечивать высокое качество работы при проектировании, строительстве и эксплуатации объектов природообустройства и водопользования, при проведении научно-исследовательских работ	+
ПК(У)-7	способность разрабатывать и вести базы экспериментальных данных, производить поиск и выбор методов и моделей для решения научно-исследовательских задач, проводить сравнение и анализ полученных результатов исследований, выполнять математическое моделирование природных процессов	+
ПК(У)-1	способность определять исходные данные для проектирования объектов природообустройства и водопользования, руководить изысканиями по оценке состояния природных и природно-техногенных объектов	+
ПК(У)-2	способность использовать знания методики проектирования инженерных сооружений, их конструктивных элементов, методики инженерных расчетов, необходимых для проектирования систем, объектов и сооружений для природообустройства и водопользования	+
ПК(У)-3	способность обеспечивать соответствие качества проектов природообустройства и водопользования международным и государственным нормам и стандартам	+
ПК(У)-6	способность формулировать цели и задачи исследований, применять знания о методах исследования при изучении природных процессов, при обследовании, экспертизе и мониторинге состояния природных объектов, объектов природообустройства и водопользования и влияния на окружающую среду антропогенной деятельности	+
ПК(У)-7	способность разрабатывать и вести базы экспериментальных данных, производить поиск и выбор методов и моделей для решения научно-исследовательских задач, проводить сравнение и анализ полученных результатов исследований, выполнять математическое моделирование природных процессов	+
ПК(У)-8	способность делать выводы, формулировать заключения и рекомендации, внедрять результаты исследований и разработок и организовывать защиту прав на объекты интеллектуальной собственности	+
ПК(У)-9	способность проводить поиск, получение, обработку и анализ данных полевых и лабораторных исследований, обследований, экспертизы и мониторинга объектов природообустройства, водопользования	+
ДПК(У)-1	способность осуществлять педагогическую деятельность в области профессиональной подготовки	+

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа представлена на 131 страницах, включает 49 рисунков, 46 таблиц и перечень из 79 литературных источников. Ключевые слова: водопользование, водопотребление, сточные воды, экологическое состояние, превышение, предельно допустимые концентрации (ПДК), равновесно-неравновесное состояние речной воды.

Объект исследования – р. Ямуна в г. Дели, Индия.

Цель работы – изучить современный химический состав р. Ямуна в нескольких точках отбора проб в районе г. Дели для проведения эколого-геохимической оценки.

В результате исследования были изучены физико-географические условия региона, фактический материал ранее проведенных исследований, а также методы исследования.

В ходе работы был проведен анализ химического состава воды р. Ямуна (г. Дели), а также дана оценка эколого-геохимического состояния вод исследуемой реки. В итоге был выявлен перечень основных загрязняющих компонентов в составе воды реки, выявлены причины образования ядовитой пены, определены основные источники загрязнения/ предложены меры борьбы и даны рекомендации по сохранению благополучного экологического состояния р. Ямуна.

Учтена социальная ответственность на предприятии при проведении химического анализа проб воды из реки. Определены финансовые затраты на исследование.

ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Безопасность экологическая – состояние природной среды, обеспечивающее экологический баланс в природе и защиту окружающей среды и человека от вредного воздействия неблагоприятных факторов, вызванных естественными процессами и антропогенным воздействием, включая техногенное (промышленность, строительство) и сельскохозяйственное.

Нагрузка антропогенная – степень прямого и косвенного воздействия человека и его деятельности на природные комплексы и отдельные компоненты природной среды.

Опасность экологическая – возможность ухудшения показателей качества природной среды (состояний, процессов) под влиянием природных и техногенных факторов, представляющих угрозу экосистемам и человеку.

Охрана вод – система мер, направленных на предотвращение, ограничение и устранение последствий загрязнения, засорения и истощения вод.

Водосбор – часть земной поверхности и толща почв и горных пород, откуда вода поступает к водному объекту.

Эрозия – процесс разрушения горных пород водными потоками.

Водопользование – использование водных объектов для удовлетворения любых нужд населения и народного хозяйства.

Муссон – сезонный преобладающий ветер в регионе Южной и Юго-Восточной Азии, дующий с юго-запада в период с мая по сентябрь и приносящий дождь (влажный муссон), или с северо-востока в период с октября по апрель (сухой муссон).

СОКРАЩЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ

р.	Река;
г.	Город, год;
ГОСТ	Государственный стандарт;
ИЗВ	Индекс водного загрязнения;
ПДК	Предельно допустимая концентрация;
ПНДФ	Природоохранные нормативные документы федеративные;
РФ	Российская Федерация;
СНиП	Строительные нормы и правила;
СанПиН	Санитарно-эпидемиологические правила и нормы;
рН	Водородный показатель;
БПК	Биохимическое потребление кислорода;
ХПК	Химическое потребление кислорода;
РК	Растворенный кислород;
ТМ	Тяжелые металлы;
СРСВ	Central Pollution Control Board, India (Центральный совет по контролю загрязнения, Индия);
SPCB	State Pollution Control Board, India;
BIS	Bureau of Indian Standards (Бюро индийских стандартов);
GSI	Geological survey of India;
CGWB	Central Ground Water Board, India.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	11
1. ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ИССЛЕДУЕМОЙ ТЕРРИТОРИИ	15
1.1 Рельеф	15
1.2 Климат.....	17
1.3 Землепользование	20
2. ГИДРОЛОГИЯ И ГИДРОГЕОЛОГИЯ РЕКИ ЯМУНА	22
2.1 Гидрологические условия бассейна р. Ямуна.....	23
2.2 Климатические условия р. Ямуна	25
2.3 Гидрогеологические условия р. Ямуна.....	28
3. МАТЕРИАЛЫ, МЕТОДЫ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ	31
3.1 Полевые методы.....	31
3.2 Лабораторные методы	33
3.3 Сравнительные методы	34
4. ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВОД Р. ЯМУНА	36
4.1 pH.....	36
4.2 Биохимическое потребление кислорода.....	39
4.3 Растворенный кислород	40
4.4 Удельная электропроводность	41
4.5 Макрокомпонентный состав	42
4.6 Азотистые соединения	48
4.7 Органические вещества.....	49
4.8 Микрокомпонентный состав	52
4.9 Выявление причин образования ядовитой пены на р. Ямуна	59
5. ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ВОД РЕКИ	63
5.1 Анализ минерального равновесия речной воды	63
5.2 Антропогенно-техногенная нагрузка на объект исследования.....	67
6. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ	71
6.1 Предпроектный анализ.....	71
6.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования	71
6.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	72
6.1.3 SWOT-анализ	73

6.1.4	Оценка готовности проекта к коммерциализации	75
6.1.5	Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования.....	76
6.2	Инициация проекта.....	77
6.3	Планирование управления научно-техническим проектом.....	78
6.3.1	Иерархическая структура работ проекта.....	79
6.3.2	План проект.....	79
6.4	Бюджет научного исследования.....	81
6.4.1	Организационная структура проекта.....	87
6.4.2	План управления коммуникациями проекта	87
6.4.3	Реестр рисков проекта.....	87
6.5	Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности	88
6.5.1	Оценка абсолютной эффективности исследования	88
6.5.2	Оценка сравнительной эффективности исследования.....	92
7.	СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.....	98
7.1	Введение	98
7.2	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	98
7.3	Производственная безопасность	99
7.4	Анализ выявленных вредных и опасных факторов.....	101
7.4.1	Отклонение показателей микроклимата помещении.....	101
7.4.2	Недостаточная освещенность рабочей зоны.....	103
7.4.3	Превышение уровней электромагнитных и ионизирующих излучений.....	104
7.4.4	Электрический ток и статическое электричество	106
7.5	Экологическая безопасность	108
7.6	Безопасность в чрезвычайных ситуациях	110
7.7	Выводы по разделку	111
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ	112
	СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	115
	Приложение I.....	121

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность исследования. Вода оказывает значительное воздействие на здоровье человека и всех живых существ. Ни для кого не секрет, что употребление качественной питьевой воды – это залог здоровья населения и будущего поколения. Однако вопрос как обеспечить чистой водой население отдельных стран мира, которые зачастую испытывают дефицит чистых природных вод, заслуживает особого внимания.

Индия, как известно, одна из самых быстроразвивающихся в экономическом отношении стран в мире, где экономический рост сопровождается серьезными экологическими проблемами. В настоящее время меры, принимаемые для защиты окружающей среды, не могут полностью устранить интенсивное воздействие урбанизации, индустриализации и сельского хозяйства на природную среду, включая водные ресурсы.

Выбор темы настоящей диссертационной работы обусловлен тем, что поверхностные водные ресурсы Индии, а именно реки и водотоки, являются наиболее загрязненными. Реки являются важнейшей частью экосистемы и населения страны, они обеспечивают питьевой водой миллиарды людей, являются связующим звеном с нашей повседневной жизнью – занимают особое место и значение в религиозных и ежедневных ритуалах. Однако загрязнение в глобальном масштабе, такое как выброс промышленных, городских и сельскохозяйственных отходов, сбросы неочищенных сточных вод в известные реки Индии, нанесло существенный ущерб экосистеме реки и поставило под угрозу доступ к чистой питьевой воде. Более того, загрязненные реки Индии, впадающие в океан, оказывают существенное влияние на его экологическое состояние и приносят негативные последствия в ближайшей перспективе будущего. Многие реки, такие как р. Читарум (Индонезия), р. Желтая (Китай), р. Сарно (Европа), р. Миссисипи (США) и р. Ганг (Индия), являются самыми загрязненными реками в мире.

В Индии многие города сталкиваются с проблемой снабжения населения чистой водой, в том числе г. Дели, который является столицей Индии, где протекает р. Ямуна. В настоящее время р. Ямуна является второй по загрязненности рекой в Индии после Ганга. Качество воды в р. Ямуна в верхнем течении является актуальной проблемой по причине ее низкого экологического состояния не только в связи с промышленными и бытовыми загрязнениями, но и достаточно активной урбанизации вблизи берега реки в г. Дели. Кроме того, сельскохозяйственные отходы также играют большую роль в загрязнении данного водотока. Основной проблемой загрязнения реки является сброс вод в неочищенном состоянии, что не контролируется местным правительством – Советом Джал г. Дели. В городе Нью-Дели мало функционирующих очистных сооружений, что омрачает славу большой столицы. Река была

загрязнена настолько сильно, что создание системы очистки воды может лишь не существенно повлиять на уровень токсичности в реке.

Этот вопрос активно обсуждается десятилетиями; специалисты Центрального управления по контролю за загрязнением (CPCB), Государственных советов по контролю за загрязнением (SPCB), НПО, активисты и защитники окружающей среды выступили против прямого сброса сточных вод без очистки в реку, что регулярно освещается в средствах массовой информации.

В связи с вышеизложенным, была сформулирована следующая **цель работы** – изучить современный химический состав р. Ямуна в нескольких точках отбора проб в районе г. Дели для проведения эколого-геохимической оценки.

Объектом исследования является участок р. Ямуна (Индия), протяженностью 22 км, который протекает через г.Дели, впадает в плотину Вазирабад и вытекает из плотины Охла. Сам г.Дели занимает площадь в 1483 км² между 28°34 северной широты и 77°07 восточной долготы, расположен на высоте 213 м над уровнем моря.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие **задачи исследования**:

1. Провести обзор исследований, проведенных ранее;
2. Изучить природные условия района исследования;
3. Изучить современный химический состав р. Ямуна и проанализировать его изменения в многолетней динамике;
4. Провести сравнительную характеристику водного объекта на основе имеющихся данных химического состава, а также оценить его экологическое состояние;
5. Изучить явление ядовитого пенообразования, определить причины и последствия данного явления;
6. Оценить геохимические особенности р. Ямуна на основе исследования системы вода-алюмосиликатные породы.

Изученность объекта исследования. Изучением р. Ямуна ранее занимались многие авторы [37], например, такие, как Raveendra Kumar Rai и др. (2012), которые провели исследования речных бассейнов, выдвинули предложения к разработке плана управления бассейном рек Ганга, Ямуна, Бхагиратхи и т.д. в Индии и различных других в Южной Азии. В работе рассматриваются методы оценки экологического стока, а также сохранение и управление водными ресурсами.

В 2018 г. коллективом авторов [31] были проведены исследования по изучению состояния загрязнения р. Ямуна, г. Дели. На основе 13 участков пробоотбора, разбросанных

по дельийскому участку Ямуны, начиная от плотины Вазирабад и заканчивая плотиной Охла были определены физико-химические параметры, такие как рН, температура, DO, TDS, соленость, электропроводность, а также концентрация тяжелых металлов (ТМ – Cd, Ni, Zn, Fe, Cu, Pb и Cr). Обнаруженные концентрации ТМ авторы объясняли повсеместным сбросом промышленных стоков в реку. Общая средняя концентрация тяжелых металлов наблюдалась в следующем порядке: Fe>Zn>Cu>Ni>Cr>Pb>Cd. В итоге был сделан вывод, что воды р. Ямуна являются критически загрязненными по среднему содержанию Fe (6,175 мг/л) из-за поллютантной нагрузки от различной антропогенной деятельности и нуждается в очистке перед дальнейшим использованием.

В 2016 г. при оценке состояния качества воды р. Ямуна [38] так же было установлено, что воды р. Ямуна являются загрязненными и не пригодны для каких-либо целей. По мнению авторов, даже очень дорогие технологии водоподготовки не подходят для очистки загрязненной воды р. Ямуна в связи с наличием большого количества органических и неорганических веществ, многочисленных патогенных микроорганизмов, питательных веществ и многих других токсичных соединений и высокого значения TDS.

Таким образом, все изученные зарубежные публикации демонстрируют фактические данные только по таким показателям, как рН, температура, DO, TDS, соленость, электропроводность, редко по ТМ.

Вместе с тем остается неизученным полный химический состав, включая все макро- и микрокомпоненты, в том числе редкоземельные элементы, что дает возможность получить новые более расширенные данные химического состава, с новых позиций оценить экологическое состояние вод р. Ямуна, определить химический тип вод, а также выявить их геохимические особенности.

Исходные данные. Основой магистерской диссертации послужил фактический материал, полученный автором в ходе исследования, а именно данные 16 проб воды из 6 точек пробоотбора, отобранные автором в разные сезоны года (зима, сезон дождей) 3 раза в 2022 г. на р. Ямуна. Также в работе был использован материал, любезно предоставленный Институтом испытаний и исследований Шанти (г. Харьяна, Индия (Shanti Institute for Testing & Research)). Кроме того, были собраны и проанализированы результаты предыдущих исследований, данные из открытых источников, включая данные по гидрохимии из Центральной Комиссии (Central Water Commission) по водным ресурсам Департамента водных ресурсов (правительство Индии) и Министерства окружающей среды Индии (The Ministry of Environment and Forests).

Научная новизна исследований.

1. Впервые был изучен полный химический состав, включая все макро- и микрокомпоненты, что дало возможность определить химический тип вод р.Ямуна;
2. Благодаря использованию высокоточного современного оборудования удалось уточнить концентрации многих микроэлементов, в том числе ТМ и редкоземельных элементов, получить новые, более расширенные данные по химическому составу вод;
3. Полученные данные позволили с новых позиций оценить экологическое состояние вод р. Ямуна, а также выявить их геохимические особенности.
4. Установлены причины образования ядовитой пены и предложены рекомендации по ликвидации и профилактике подобного масштабного негативного явления.

Практическая значимость. Результаты исследования могут быть использованы как основа для принятия решений Правительством Индии при разработке плана управления бассейном р. Ямуна в районе г.Дели. Также результаты проведенной работы являются добротным научным заделом для постановки дальнейших научных исследований по изучению экологического состояния р.Ямуна, например, по части исследования микробиологической составляющей вод реки.

1. ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ИССЛЕДУЕМОЙ ТЕРРИТОРИИ

Район исследований расположен в северной части Индии, в г. Дели – столице Индии (рис. 1).

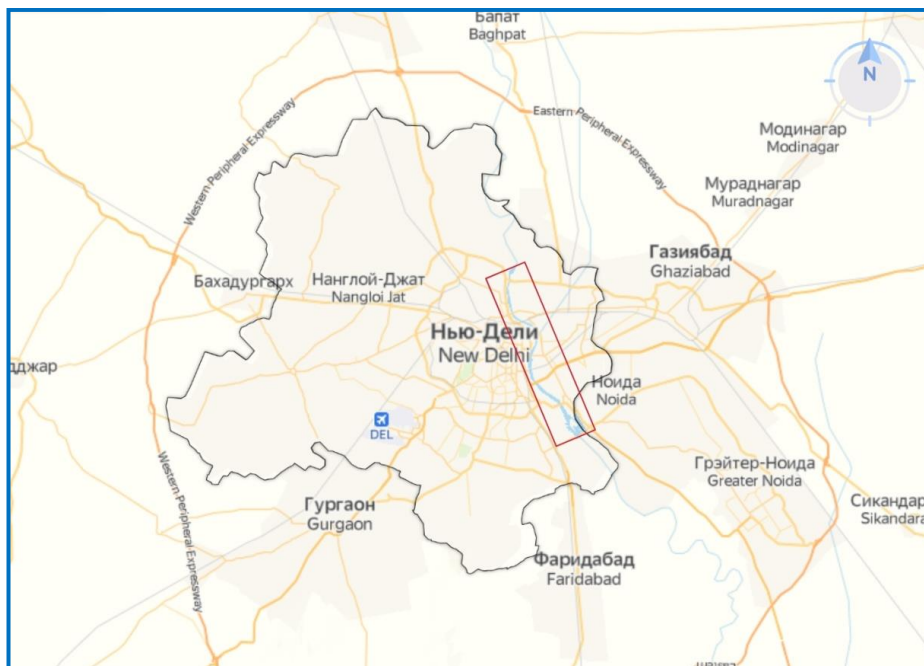


Рисунок 1 – Карта исследуемого региона

Условные обозначения:  Участок исследований
 Граница города

1.1 Рельеф

Территория находится в пределах Индо-Гангской равнины, её ландшафт очень разнообразен. Он варьируется от плоских сельскохозяйственных полей на севере до засушливых холмов на юге. С юга к городу подходят остатки горного хребта Аравалли, покрытые толстым слоем речных отложений (рис. 2). Эти холмы оживляют монотонность окружающих равнин (средняя высота г. Дели 293 м над уровнем моря).

Регион г. Дели расположен на западном берегу р. Ямуна, правого притока р. Ганга. На юге территории когда-то существовало несколько естественных озер, но они были осушены для добычи полезных ископаемых. Река Ямуна протекает через город, разделяя его на две части. Другая река, Хиндон, приток р. Ямуна, отделяет г. Дели от г. Газиабад на востоке. Аллювиальные почвы долины р. Ямуна пригодны для земледелия и очень плодородны, но подвержены риску затопления (рис.3). Среди холмов наиболее выделяется Делийский хребет высотой до 318 м [1]. Он является ответвлением хребта Аравалли и окружает город по дуге с юга на северо-запад.

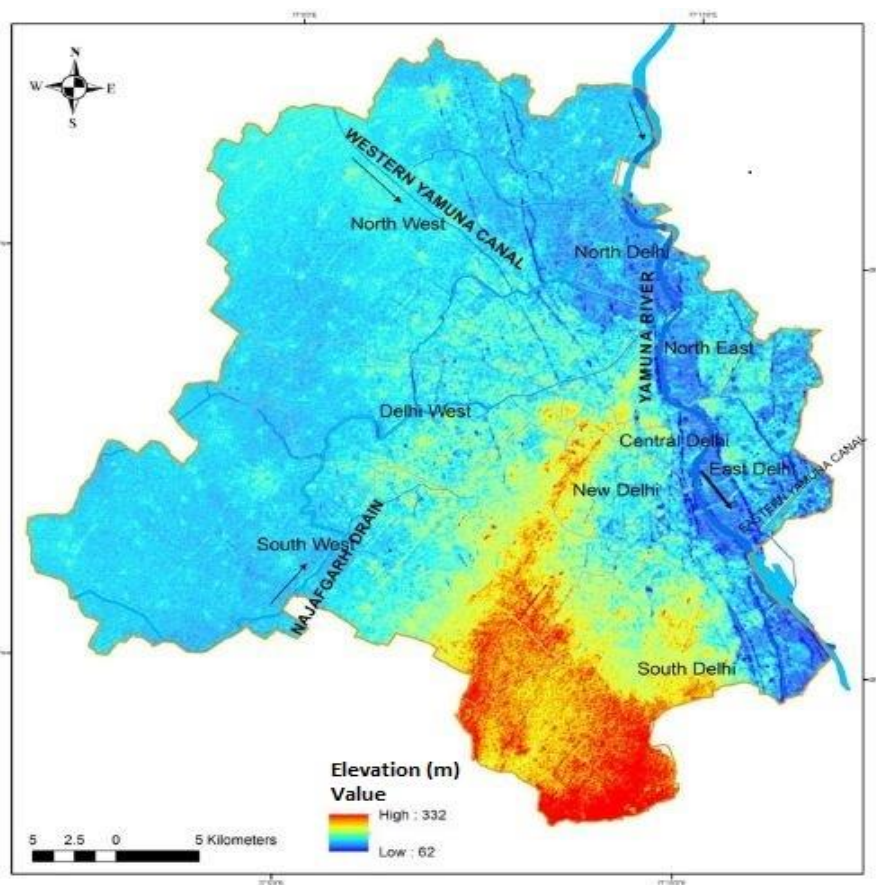


Рисунок 2 – Карта-схема топографических высот и рельефа г. Дели [5].

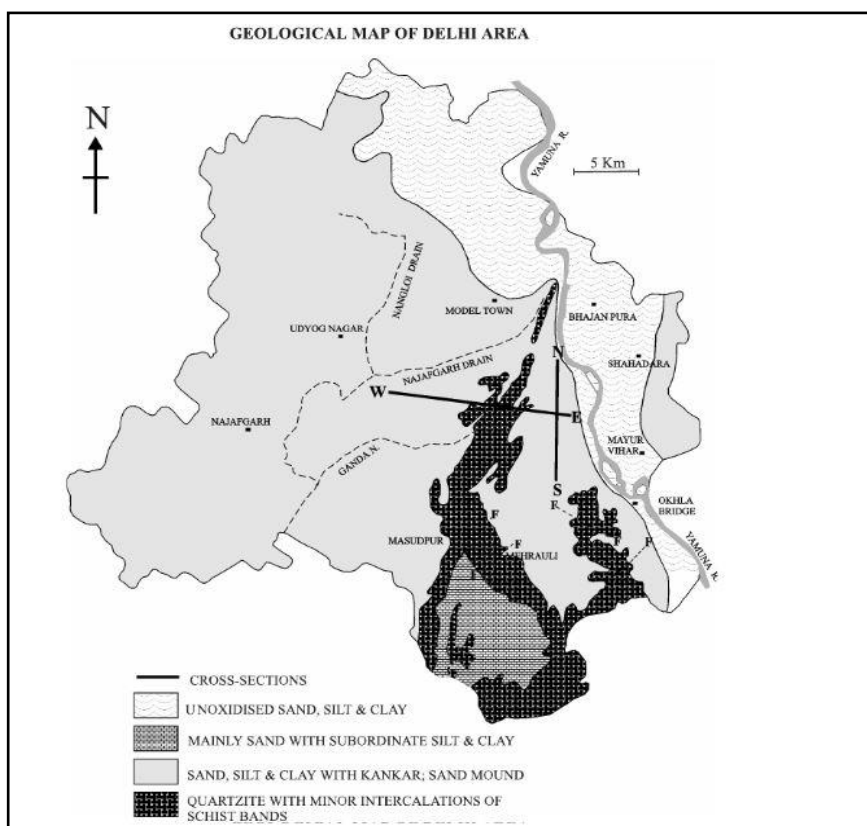


Рисунок 3 – Карта-схема расположения основных элементов рельефа района Дели [3].

Территория г. Дели относится к IV сейсмической зоне Индийского сейсмоопасного районирования, то есть существует опасность сильных землетрясений, хотя такие случаи еще не встречались [2].

По картографическим данным перепад высот г. Дели составляет от 192 м до 315 м.

С точки зрения морфологии район г. Дели является продуктом выветривания и эрозии геологического материала. Большинство геоморфологических особенностей были изменены и замаскированы столетиями городской деятельности. Северо-западная и юго-западная части района, покрытые аллювием, сложены алевритами, глинами с небольшим количеством линзовидных мелкозернистых песков и каменных прослоев. Северо-восточный аллювий в основном состоит из не окислённых песков, ила и глины, встречающихся в более старых и активных поймах р. Ямуна. Толщина аллювия как на восточной, так и на западной сторонах хребта неодинакова, хотя обычно она больше к западу от хребта (GSI2005-2008) [4].

1.2 Климат

Климат района Дели полусухой. Зимний сезон устанавливается в октябре месяце и продолжается до марта. В районе довольно продолжительное лето, которое начинается с апреля и продолжается до июня. Может и июнь очень жаркий, когда температура поднимается выше 45°C [4].

Таблица 1 – Климатические характеристики

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Средняя температура, °C												
13,4	16,8	22,4	29,1	32,7	32,9	29,9	28,8	27,9	25,5	20,5	15,3	24,6
Минимальная температура, °C												
7,5	10,4	15,1	20,8	25,2	27,5	26,7	25,9	24,0	19,2	14,1	9,1	18,79
Максимальная температура, °C												
19,8	23,4	29,7	36,6	39,5	38,1	33,6	32,4	32,3	31,9	27,3	22,1	30,56
Осадки/дождь, мм (дюймы)												
25	37	22	15	19	74	205	182	105	14	5	8	59,25
Влажность												
68%	62%	48%	29%	32%	47%	72%	77%	72%	55%	54%	62%	56%
Дождливые дни (день)												
2	3	3	2	4	8	15	15	8	2	1	1	5,33
Среднее солнечные часы (часы)												
8,1	9,3	10,6	11,5	12,1	11,7	9,5	9,1	9,2	10,1	9,5	8,7	9,95

Таблица данных: 1991–2021 мин. Температура °C, макс. Температура °C, Осадки / Дождь мм, Влажность, Дождливые дни. Данные: 1999–2019 гг.: ср. Солнечные часы [6].

Осадки/дождь. Разница в количестве осадков между самым засушливым и самым влажным месяцем составляет 200 мм. Дожди в г. Дели неравномерны. Муссон устанавливается в июне месяце. В июле и августе выпадает максимальное количество осадков. Зимние дожди минимальны (рис. 4).

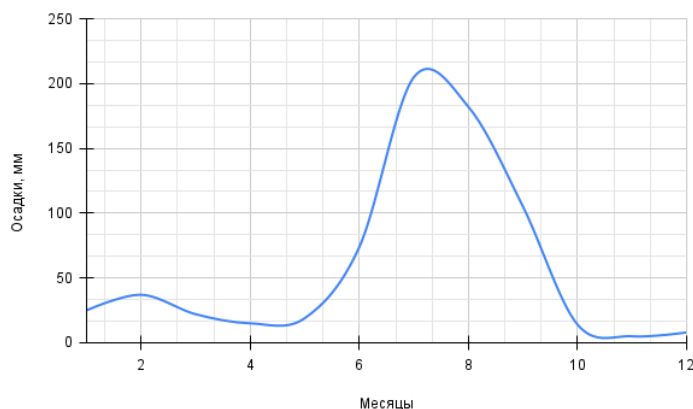


Рисунок 4 – Среднегодовой график осадков по месяцам для г. Дели. (1991-2021 гг.)

Влажность. В г. Дели меняется в течение года. Как правило, в городе значительную часть года наблюдается сухой климат с низким уровнем влажности. Однако в сезон дождей, который обычно длится с июня по сентябрь, уровень влажности значительно повышается.

В г. Дели апрель и май считаются самыми засушливыми месяцами с относительно низким уровнем влажности. В частности, в апреле отмечается самая низкая относительная влажность, составляющая в среднем около 29% (рис.5). Этот сухой период связан с жаркими и засушливыми погодными условиями.

С другой стороны, август месяц, когда в г. Дели наблюдается самая высокая относительная влажность, достигающая в среднем 77% (рис. 5). Это увеличение влажности связано в первую очередь с влиянием сезона муссонов, характеризующегося обильными осадками и повышенной влажностью атмосферы.

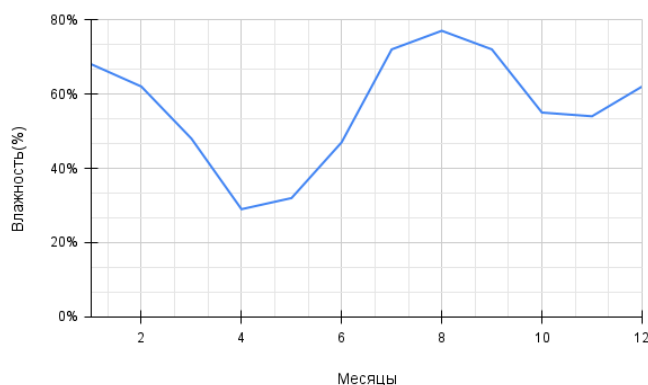


Рисунок 5 – Среднегодовой график влажности по месяцам для г. Дели. (1991-2021 гг.)

Температуры. Месяц с наибольшим количеством дождливых дней приходится на август (15 дней). Месяц с наименьшим количеством дождливых дней приходится на ноябрь-декабрь (рис. 6).

Температуры самые высокие в среднем в июне, около 32,9 °С. Самые низкие средние температуры в году бывают в январе, когда она составляет около 13,4 °С. Колебание температуры в течение года составляет 19,5 °С.

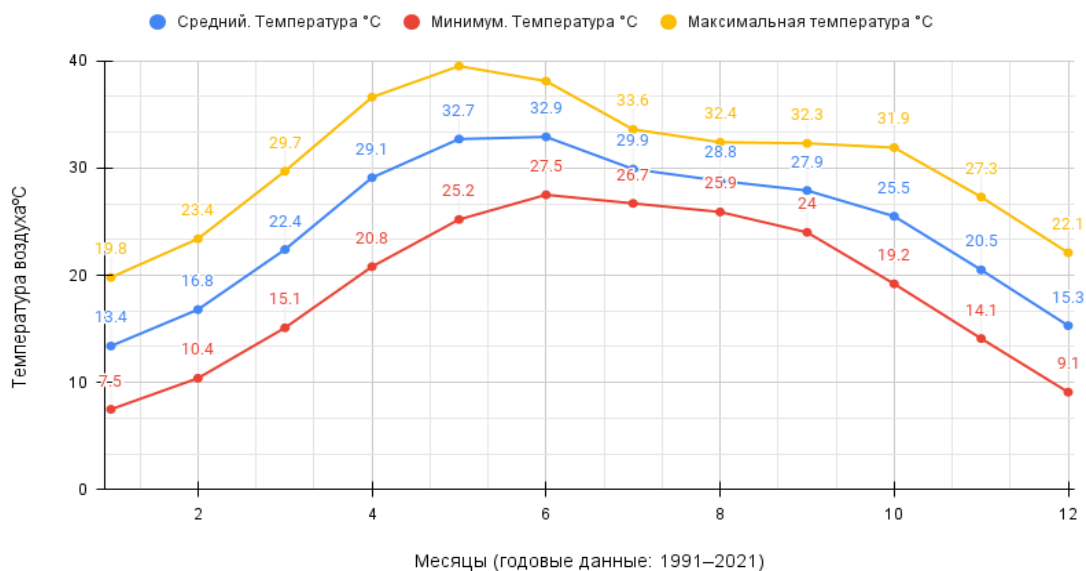


Рисунок 6 – Среднегодовой график температуры воздуха, г. Дели.

Средние солнечные часы. Согласно табл. 1, самое короткое среднее пребывание на солнце приходится на январь, а зимой всего около 8,1 часа в день. В то время как самый длинный средний день приходится на май и июнь, когда летний сезон составляет в среднем около 11,9 часов в день.

Ветры обычно слабые в пост муссонные и зимние месяцы. Они усиливаются летом и в сезон дождей. За исключением месяцев муссонов, ветры в основном дуют с запада или северо-запада, а во второй половине дня, как правило, более северные. В муссонные месяцы чаще дуют восточные и юго-восточные ветры.

Зимой на климат города влияют холодные северо-западные ветры из Гималаев. Плоская топография г. Дели позволяет ветрам свободно течь. Иногда пыльные бури и циклонические возмущения могут влиять на ветровые условия. Понимание этих закономерностей помогает оценивать климат, прогнозировать погоду и решать проблемы с качеством воздуха [4].

1.3 Землепользование

Карта земельного покрова г. Дели с 1989 по 2011 год на рис. 7.

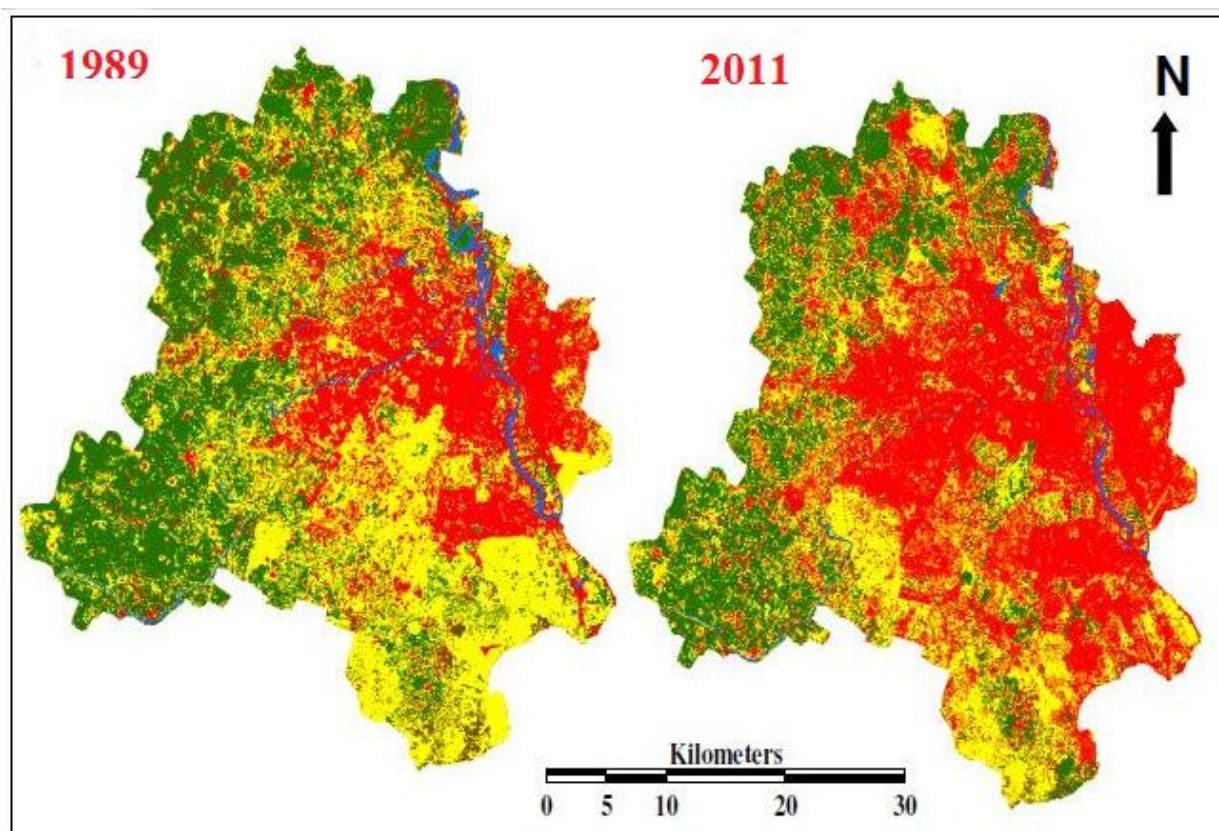


Рисунок 7 – Землепользование. Карты земельного покрова 1989 и 2011 гг. [14].



Таблица 2 – Данные о землепользовании г. Дели [5].

Класс земли	Площадь (кв. км)	Процент от общей площади, %
Сельскохозяйственная земля	572,242	38,57
Лесной массив (хребет)	100,776	6,79
Сельское жилье	46,762	3,15
Пустошь	9,383	0,63
Водоем	26,075	1,76
Город	728,478	49,10
Общая площадь	1483,716	

Отмечено, что из общей географической площади 1483,716 кв. км городская площадь составляет 728,478 кв. км, покрывая 49% города. Около 38% общей площади земель, охватывающих большую часть Юго-Западного и Северо-Западного округов, приходится на сельскохозяйственные угодья (табл. 2) [5].

Распределение землепользования в г. Дели графически представлено на рис. 8. Использование земли сильно изменилось за последние годы. Самым отличительным растительным покровом г. Дели является его горный хребет, который составляет 6,79% от общего земельного покрова. Сельскохозяйственное землепользование постоянно видоизменяется, все больше и больше площадей выводятся из-под возделывания и используются для других целей [5].

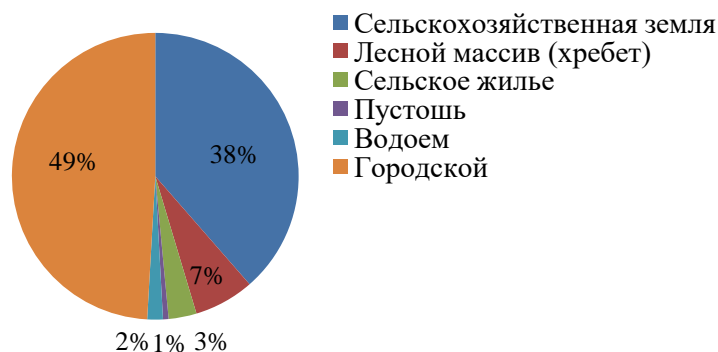


Рисунок 8 – Распределение землепользования в г. Дели (к 2012 г.).

Таким образом, г. Дели имеет плоскую топографию, обеспечивающую свободный поток ветра. Климат характеризуется жарким летом, прохладной зимой и сезоном дождей со значительным количеством осадков. В городе есть значительная городская территория и сельскохозяйственные угодья, при этом продолжающаяся урбанизация приводит к преобразованию сельскохозяйственных земель в несельскохозяйственные цели. Практика устойчивого землепользования необходима для решения проблем урбанизации и сохранения окружающей среды.

2. ГИДРОЛОГИЯ И ГИДРОГЕОЛОГИЯ РЕКИ ЯМУНА

В Индии реки имеют божественный статус в индийской истории. У каждого потока есть что-то особенное, связанное с его географическим положением, древней мифологией и физической демографией.

Реки Индии подвергаются первичной классификации, основанной на их географическом происхождении, и делятся на три категории:

- Гималайские реки
- Реки полуострова
- Прибрежные реки

Гималайские реки образуют большой бассейн в Индии, который включает в себя три реки (система рек Инд, Ганга и Брахмапутра), протекающие через Гималайский пояс, что привело к этому подъему в горном регионе. Гималайские реки являются многолетними. Это связано с тем, что их пресная вода поступает как от таяния ледяных шапок, так и от осадков (рис. 9).

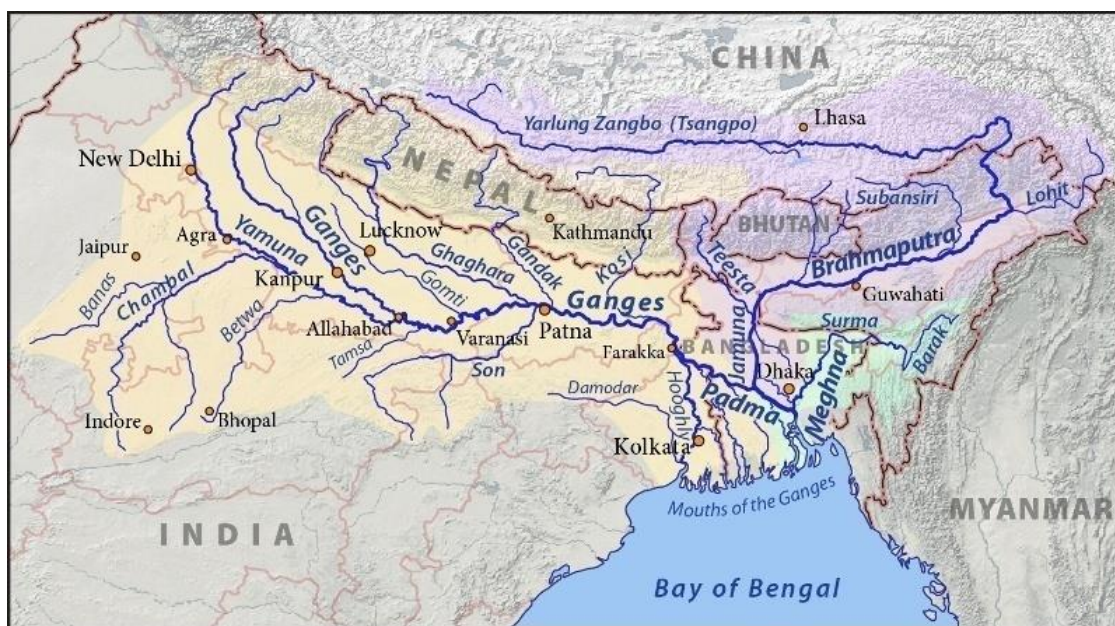


Рисунок 9 – Карта всех рек Гималаев в Индии [44].

Река Ганга разделяет свои географические границы с десятью различными штатами. Одна из крупнейших речных систем Индии, она охватывает около 26,3% территории страны. Река Ямуна является крупнейшим и самым западным притоком речной системы Ганга (табл.3).

Она берет начало от ледника Ямунотри на хребте Бандерпанч и впадает в р. Ганга в Прайаградж общей протяженностью около 1380 км. Она проходит через несколько штатов,

таких как Химачал-Прадеш, Уттар-Прадеш, Уттаракханд, Харьяна и Дели. Около 60 миллионов человек зависят от состояния ресурсов реки.

Таблица 3 – Выдающиеся участки р. Ямуна (СРСВ, 2006) [7]

Раздел	Начало-Конец	Длина, км
Гималайский сегмент	От места отправления до плотины Таджевала	172
Верхний сегмент	Плотина Таджевала – плотина Вазирабад	224
Делийский сегмент	Плотина Вазирабад – плотина Охла	22
Эвтрофированный сегмент	Плотина Охла до слияния Чамбал	490
Разбавленный сегмент	От слияния Чамбал до слияния Ганги	468

2.1 Гидрологические условия бассейна р. Ямуна

Основной поток р. Ямуна берет начало с ледника Ямунотри близ Бандар Панча (38°59' с.ш. 78°27' в.д.) в хребте Массури в нижних Гималаях на высоте около 6320 м над средним уровнем моря в районе Уттаркаши (Уттранчал). Площадь водосбора (табл. 4) речной системы Ямуна охватывает части штатов Уттаранчал, Уттар-Прадеш (UP), Химачал-Прадеш, Харьяна, Раджастхан, Мадхья-Прадеш и весь штат Дели.

Таблица 4 – Водосбор р. Ямуна [10]

Название штата	Общая площадь водосбора в Ямуне (в кв. км)
Уттаракханд и Уттар-Прадеш	74208
Химачал-Прадеш	5799
Харьяна	21265
Раджастхан	102883
Мадхья-Прадеш	14028
Дели	1485

Река Ямуна протекает на расстоянии около 1370 км по равнине от района Сахаранпур штата Уттар-Прадеш до впадения в р. Ганга в Аллахабаде. Есть четыре основные реки, которые впадают в Ямуну в более высоких гималайских хребтах, это р. Риши Ганга, которая впадает на правом берегу Ямуны, где г. Унта и Хануман Ганга впадают на левом берегу [9].

Однако р. Ямуна, протекающая через г. Дели от плотины Вазирабад вниз по течению до плотины Охла, охватывает участок р. Ямуна, протяженностью 22 км (рис.10), который считается наиболее загрязненной частью реки. Сам г. Дели занимает площадь 1483 км² между 28°34' северной широты и 77°07' восточной долготы, расположенный на высоте 213 м над уровнем моря. Со временем произошло радикальное изменение качества вод р. Ямуна в районе плотин Вазирабад и Охла из-за сброса неочищенных сточных вод из 17 малых и крупных канализационных стоков. Промышленная зона Наджафгарх сбрасывает сточные воды непосредственно в реку (рис.11) [8].

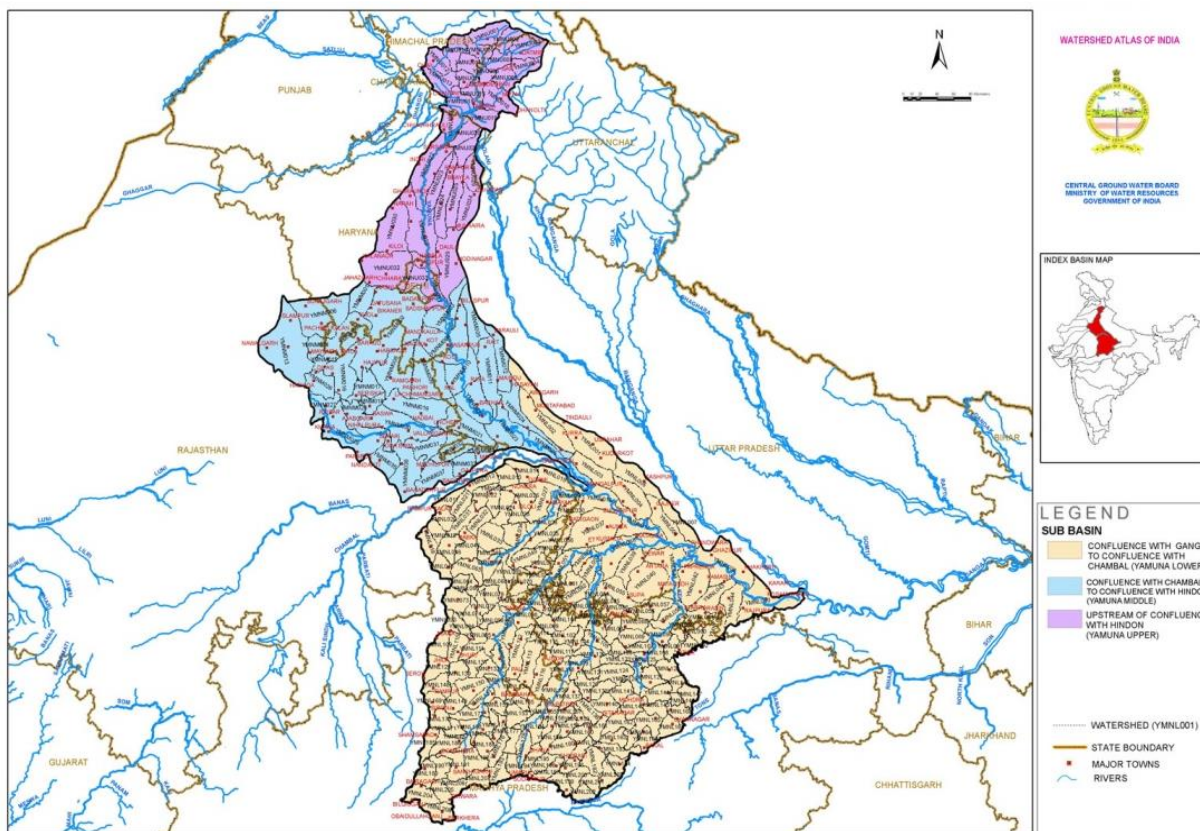


Рисунок 10 – Расположение всего бассейна Ямуны [10].



Рисунок 11 – Карта реки Ямуна в Дели, Индия.

В итоге, территорию г.Дели можно разделить на семь подбассейнов, впадающих в конечном итоге в р. Ямуну (рис. 12).

1. Дренаж Наджафгарх имеет длину около 39 км, течет на северо-восток и впадает в р. Ямуна в Вазирабаде в Северном Дели.
2. Дополнительный дренаж.
3. Дренаж Барапуллы.
4. Заповедник дикой природы.
5. Осушение района Шахра.
6. Водосборный бассейн Бавана.

Прочие стоки, непосредственно впадающие в р. Ямуна на правом берегу. Заболоченные участки обычны вдоль пойм Ямуны (из CGWB).

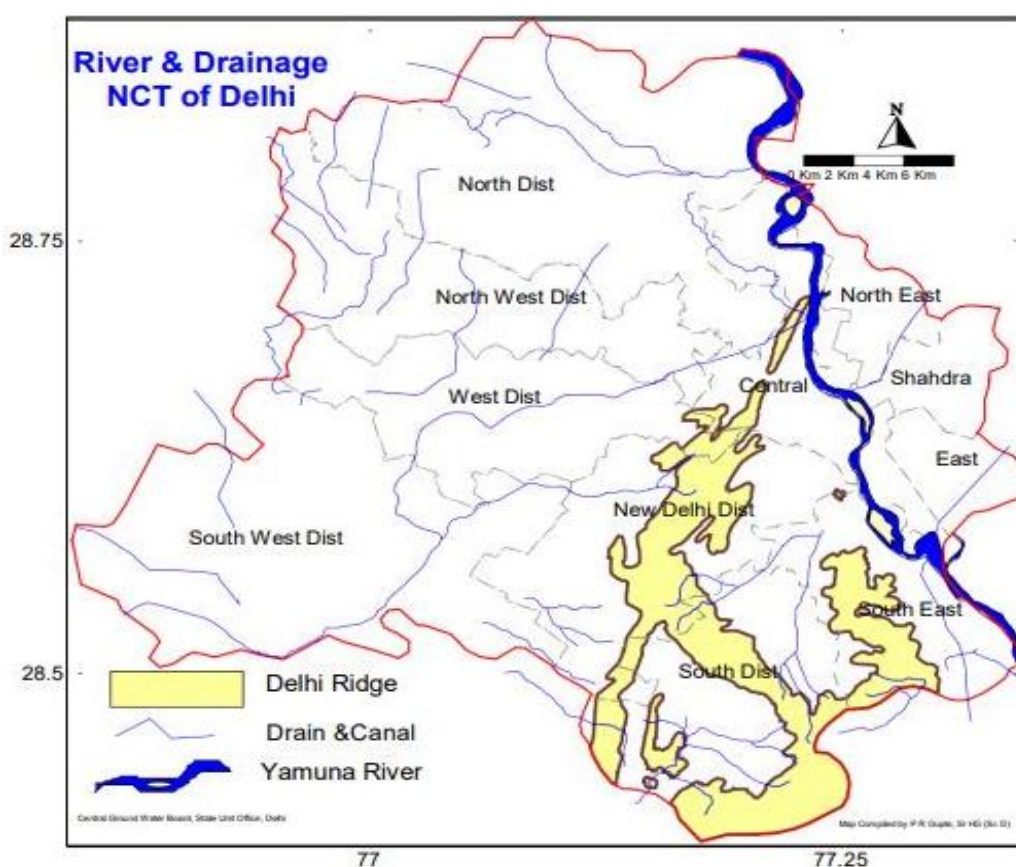


Рисунок 12 – Карта стоков и рек региона Дели [12].

2.2 Климатические условия р. Ямуна

На рис. 13 показано годовое количество осадков в исследуемом районе. В период с 1975 по 2015 год количество осадков в исследуемом районе сильно варьировалось. В 1987 году количество осадков составило до минимума в 423 мм, однако в следующем году количество осадков значительно увеличилось и достигло 1132 мм.

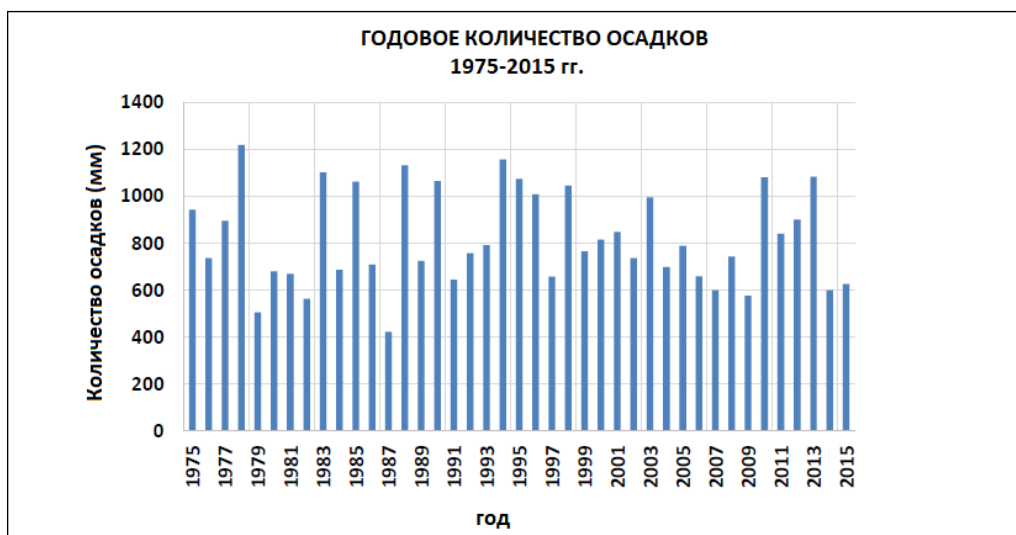


Рисунок 13 – Годовое количество осадков на р. Ямуна [9].

В период 1975-2015 гг. наибольшее количество осадков в размере 1217 мм было зафиксировано в 1978 году. В течение десятилетия 2007-2015 гг. наибольшее количество осадков в 1083 мм было зафиксировано в 2013 году, в то время как наименьшее количество осадков в 576 мм выпало в 2009 г. Среднемесячное количество осадков и среднемесячная температура показаны на рис. 14.

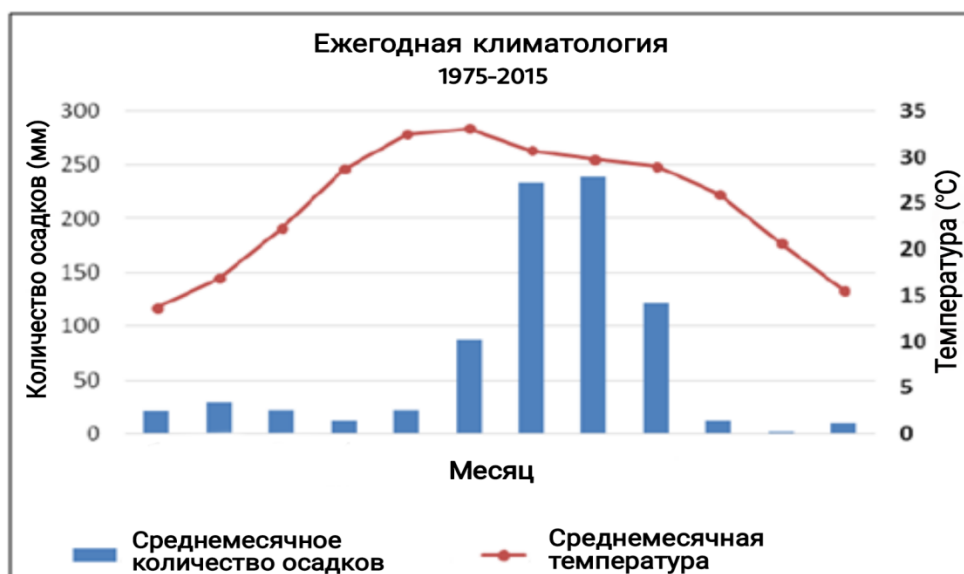


Рисунок 14 – Среднемесячные осадки и среднемесячная температура р. Ямуна [9].

В течение года на реке наблюдаются экстремальные засушливые и паводковые условия. Из-за высокой плотности населения в водосборном бассейне река остается почти пересохшей в течение января-июня на многих участках своего участка и в условиях затопления в течение июля-сентября.

На рис. 15 показано состояние годового стока р. Ямуна. В период без муссонов (с октября по июнь) речной сток значительно сокращается, и некоторые участки рек становятся

полностью пересыхающими, тогда как в период муссонов (с июль по сентябрь) в реки поступает значительное количество воды, которое превышает их пропускную способность, что приводит к наводнениям [7].

Муссон традиционно представляет собой сезонный реверсивный ветер, сопровождающийся соответствующими изменениями в количестве осадков, но в настоящее время используется для описания сезонных изменений в атмосферной циркуляции, а осадки, связанные с годовыми широтными колебаниями, происходят во многих тропических и субтропических регионах. Обычно термин "муссон" используется для обозначения дождливой фазы сезонно меняющегося характера, хотя технически существует также сухая фаза. Этот термин также иногда используется для описания местных сильных, но кратковременных дождей [11].

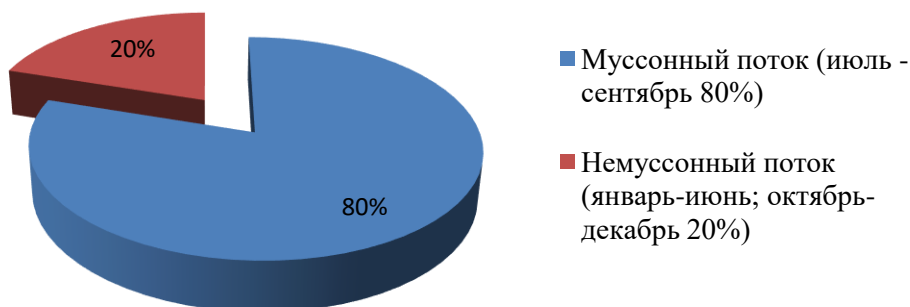


Рисунок 15 – Оценка расхода воды в р. Ямуна [10].

Осадки вносят свой вклад в сток р. Ямуна не только через ее притоки, но и по каналам и стокам из различных городских центров. Водные потоки ниже по течению от Вазирабадского заграждения представляют собой неочищенные или частично очищенные бытовые и промышленные сточные воды, а также воду, транспортируемую по Западному каналу Ямуна (WYC).

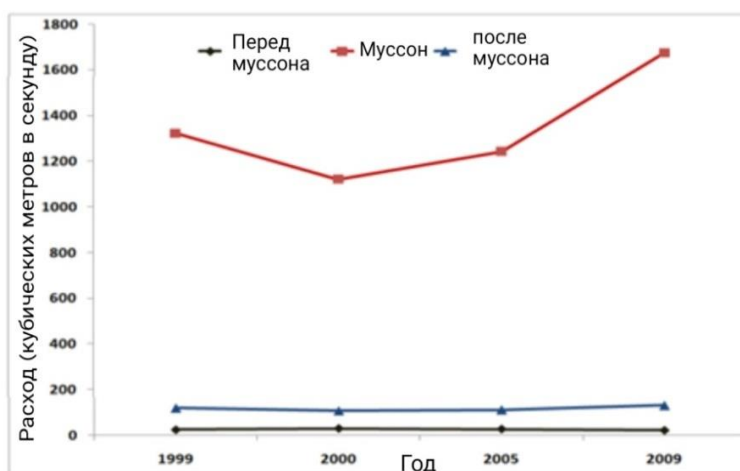


Рисунок 16 – Среднегодовой сток воды в р. Ямуна в г. Дели (по сезонам).

Через 22 км ниже по течению от плотины Вазирабад есть еще одна плотина Охла, через которую вода Ямуны отводится в канал Агры для орошения. Любая вода, протекающая в реке за плотиной Охла, поступает через бытовые и промышленные сточные воды, образующиеся в Восточном Дели, Нойде и Сахибабаде, и впадает в реку через дренаж Шахдара [10]. Поток в г. Дели показан на рис. 16.

2.3 Гидрогеологические условия р. Ямуна

Подповерхностный разрез поймы р. Ямуна показывает кварцитовый хребет, разделяющий преимущественно песчаную активную пойму вниз по течению от Джагатпура и вверх по течению от Усманпура. Подповерхностный профиль также показывает гораздо более глубокую границу раздела пресных и солёных вод к югу от хребта Дели от Шантивана до Молярной насыпи по отношению к Бурари и Джагатпуру, к северу от хребта (рис. 17) [13].

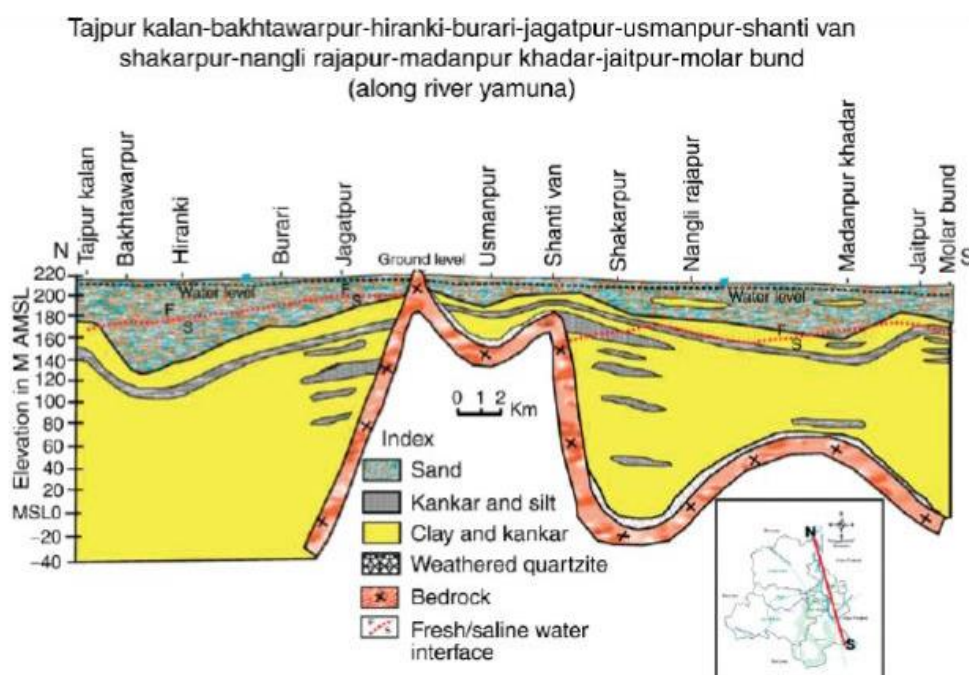


Рисунок 17 – Геологический разрез р. Ямуна (Источник:CGWB2006а) [13].

Глубина до уровня воды зарегистрированная в г. Дели в мае 2021 года, колеблется от 0,5 до 64,85 м над уровнем моря. Карта, показывающая уровень грунтовых вод в г. Дели в мае 2021 года, представлена на рис. 18.

В г. Дели есть мелководье с уровнем воды до 5 м над уровнем моря, которое приходится на части Северного, Северо-Западного, Западного, Юго-Западного и Центрального районов. Глубокие уровни воды от 20 м до 65 баррелей наблюдаются примерно на 24% территории Дели, в основном в южных районах и Нью-Дели, а также в

небольших районах юго-западного, юго-восточного и северного районов. В остальных районах Дели уровень воды колеблется от 5 до 20 м над уровнем моря [12].

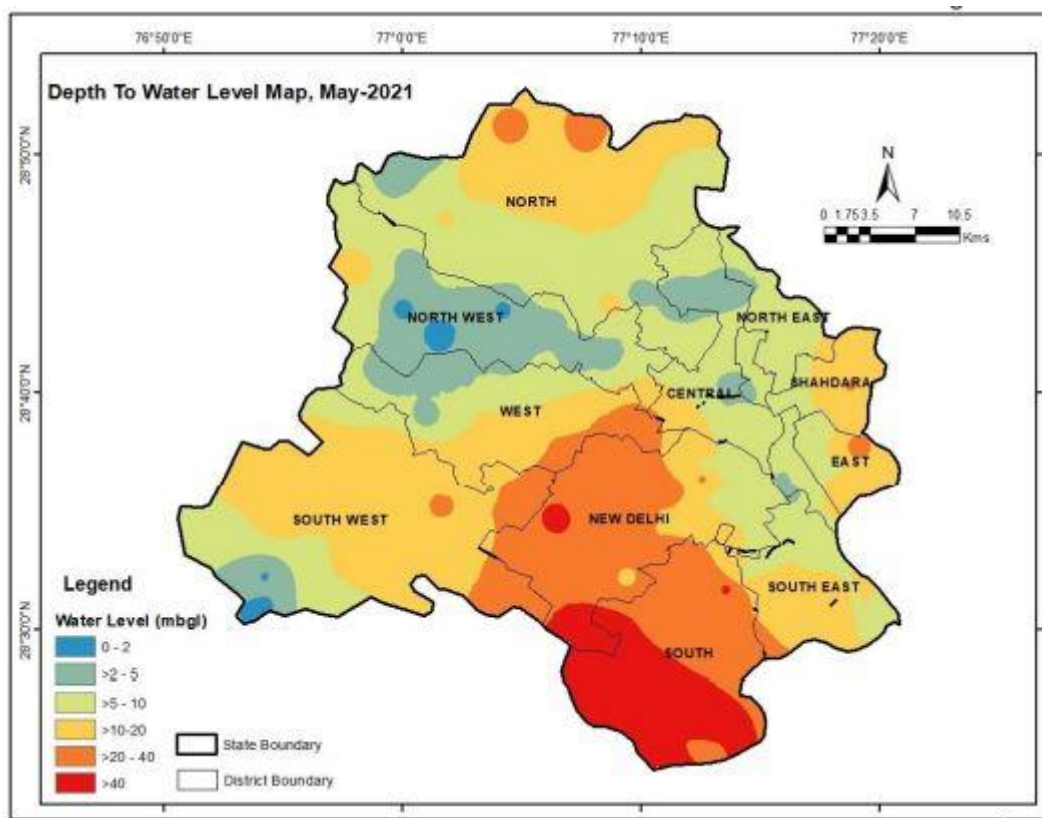


Рисунок 18 – Карта глубины до уровня воды в г. Дели на май 2021 г. [12].

Уровень грунтовых вод г. Дели. Контурная карта уровня грунтовых вод в мае 2021 г. представлена на рис. 19. При внимательном рассмотрении карты видно, что высота уровня грунтовых вод колеблется от 175,74 м над уровнем моря до 261 м над уровнем моря в южной части Дели. Районы хребта Аравалли являются основными зонами пополнения запасов Дели. В этих районах уровень грунтовых вод колеблется от 210 до 240 м над уровнем моря [13].

В оставшейся части г. Дели контур грунтовых вод повторяет общую топографию местности. В зоне затопления реки Ямуна уровень грунтовых вод находится в диапазоне от 185 до 200 м над уровнем моря. Основные части зоны затопления р. Ямуны в г. Дели, на обоих берегах, конфигурация зеркала грунтовых вод указывает на впадающий характер р. Ямуна на небольшом участке, проходящем через юго-восток.

Колебания уровня грунтовых вод подчеркивают важность принятия соответствующих стратегий по извлечению, пополнению и сохранению подземных вод. Кроме того, защита зон подпитки, таких как районы хребта Аравалли, имеет решающее значение для поддержания долгосрочной доступности подземных вод в г. Дели.

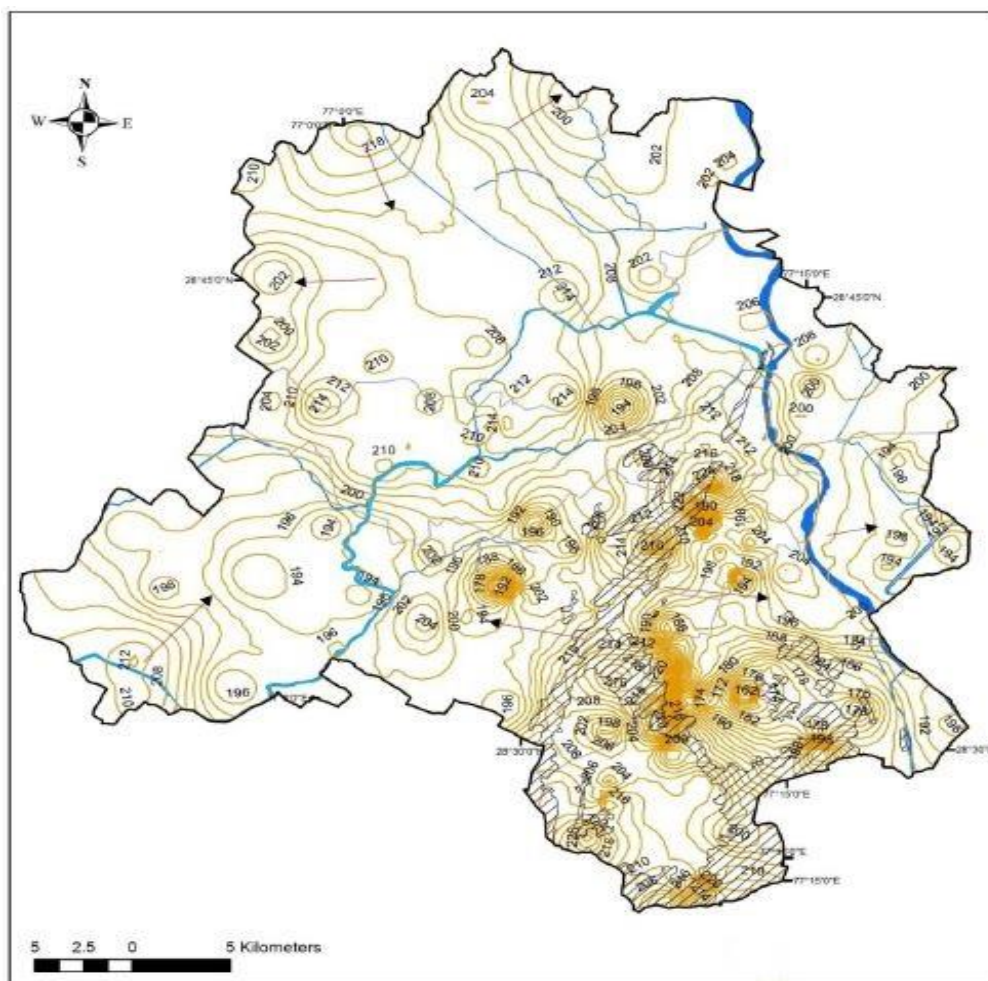


Рисунок 19 – Карта уровня грунтовых вод в г. Дели [12].

Подводя итог рассмотренной выше главы, можно сказать, что бассейн р.Ямуна – это значительный речной бассейн в северной Индии, охватывает г. Дели и находится под влиянием различных гидрологических факторов. Бассейн имеет жаркий климат со значительным сезоном дождей, на который приходится большая часть осадков. Характер осадков играет решающую роль в определении уровня воды и гидрологической динамики р.Ямуна. Сток реки меняется в зависимости от таких факторов, как осадки, таяние снега и расход воды. Река Ямуна длиной около 1376 км служит жизненно важным источником воды для г. Дели. На гидрогеологию г. Дели влияют пористые отложения, которые способствуют образованию водоносных горизонтов. Однако чрезмерное извлечение подземных вод привело к снижению их уровня. Эффективные методы управления водными ресурсами, включая сбор дождевой воды, управление грунтовыми водами и экологическое состояние р.Ямуна, необходимы для обеспечения устойчивого водоснабжения г. Дели и сохранения окружающей среды.

3. МАТЕРИАЛЫ, МЕТОДЫ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектом исследования были пробы воды из р. Ямуна в г. Дели, Индия. Отбор проб воды производился автором с разных участков реки: было отобрано 6 точек (A1-A6). Расположение объекта показано на рис. 20.

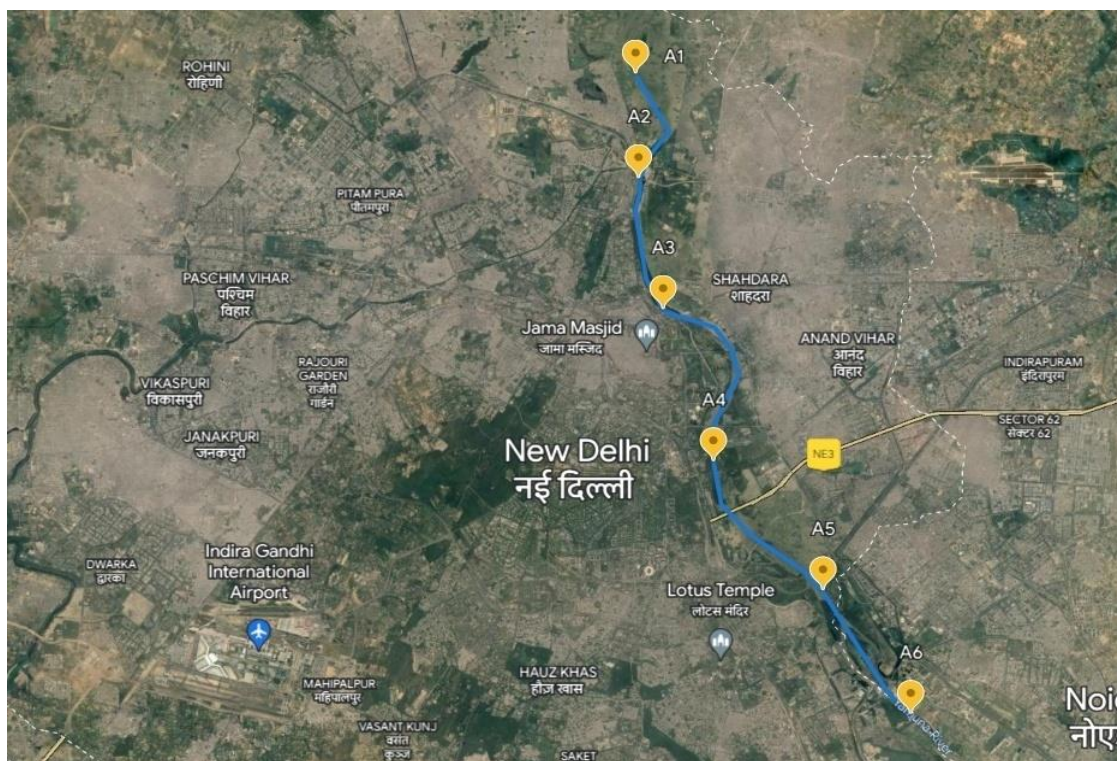


Рисунок 20 – Карта-схема расположения точек отбора проб на р. Ямуна в ноябре 2022 г. (г. Дели) [16].

Условные обозначения  – Место отбора проб.

3.1 Полевые методы

Отбор проб на физико-химический состав речной воды проводился трижды в 2022 г. Первый раз были взяты 4 пробы (A1-A4) на первых 4 точках 11 февраля 2022 г. в конце зимы. Второй раз было проведено 6 проб (A1-A6) на всех участках 27 августа 2022 г. в сезон дождей, когда в г. Дели сток реки высокий. Третий раз было проведено 6 проб (A1-A6) на тех же участках зимой 31 ноября 2022 г. При отборе проб воды руководствовались указаниями ГОСТ 31861-2012 Вода. Общие требования к отбору проб [17].

Для определения химического состава речной воды были взяты пробы из р. Ямуна, которые были собраны в предварительно очищенные полиэтиленовые бутылки. Всего образцов было 6. Каждая бутылка с образцом содержала 500 мл воды (рис. 21). Подробная информация о каждой пробной площадке представлена в табл 4.

Таблица 4 – Данные по точкам проб отбора реки Ямуна.

№ точки	Название	Местоположение	Координаты	Описание точки отбора
A1	Шьям Гхат	Вазирабад, Нью-Дели	28.738439, 77.229793	Проба была взята с левой стороны верхнего течения. Расположена выше по течению от г. Дели вдали от техногенного воздействия промышленных зон
A2	Ямуна Гхат	Вазирабадский мост	28.711706, 77.231288	Течение реки высокое по причине расположения по близости плотины Вазирабад. Наджафгарх Дренаж впадения в р.Ямуна
A3	Ямуна Гхат II	Мост Кашмирские ворота, ISBT	28.664235, 77.239377	Место пробоотбора находится рядом с храмом, где по индуистской религии происходит кремация. При осмотре состояния водного объекта обнаружено много пластиковых бутылок и бытового мусора
A4	ИТО	Ямуна Банк, Нью-Дели	28.616368, 77.256597	Открытый канал ливневых сточных вод, сток стабилен, прямой сброс в реку
A5	Низамуддине	Мост Дели-Нойда	28.5756571, 77.2947514	Расположен недалеко от г. Нойда и впадает в реку Хиндон, приток реки Ямуна
A6	Плотина Охла	Калинди Кундж	28.5370215, 77.3255752	Конечная точка р. Ямуна в Дели, недалеко от стока Шадхара и канала Агры



Рисунок 21 – Фотографии мест точек отбора проб на реке (от автора).

До анализа пробы воды хранили в холодильнике при температуре 5°C с целью снижения вероятности реакций, связанных с жизнедеятельностью микроорганизмов.

Далее пробы, отобранные в феврале и ноябре, были доставлены в Проблемную научно-исследовательскую лабораторию гидрогеохимии Томского политехнического университета (Россия), а пробы, отобранные в августе, доставлены в испытательно-исследовательский институт Шанти, Индия (Shanti Institute of Testing and Research, India) для дальнейшего анализа.

3.2 Лабораторные методы

Методы химического анализа. Исследования химического состава проб речной воды (А1-А6) проводились в проблемной научно-исследовательской лаборатории гидрогеохимии Национального исследовательского Томского политехнического университета (Россия).

Определены значения рН, электропроводности, перманганатной окисляемости, содержания Ca^{2+} , Mg^{2+} , HCO_3^- , Cl^- , CO_2 , SO_4^{2-} , NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- , $\text{Fe}_{\text{общ}}$, Na^+ , K^+ , микроэлементы, карбонаты, органическое вещество и общий азот. Методы, которыми был проведен химический анализ представлены в табл. 5.

Таблица 5 – Перечень химических компонентов и методы их анализа для проб, отобранных в феврале и ноябре.

Анализируемые компоненты	Используемые методы
рН	Потенциометрический
Удельная электропроводность (УЭП) ЕС	Кондуктометрический
Перманганата окисляемость (ПО)	Титриметрический
Магний, Mg^{2+} и Кальций, Ca^{2+}	Титриметрический
Гидрокарбонат-ион, HCO_3^-	Титриметрический
Хлор-ион, Cl^-	Титриметрический
Карбонат-ион, CO_2	Титриметрический
Сульфат-ион, SO_4^{2-}	Турбидиметрический [21]
Аммоний-ион NH_4^+	Фотоколориметрический
Нитрит-ион, NO_2^-	Фотоколориметрический
Нитрат-ион, NO_3^-	Фотоколориметрический
Натрий, Na^+	Пламенно-эмиссионная спектрометрия
калий, K^+	Пламенно-эмиссионная спектрометрия
Микроэлементы	Масс-спектрометрический с индуктивно-связанной плазмой с использованием масс-спектрометра NexION 300D
Углерод общий, С общ	Высокотемпературное каталитическое окисление
Углерод органический, Сорг Неорганический, Снеорг	Высокотемпературное каталитическое окисление
Азот общий, Нобщ	Высокотемпературное каталитическое окисление

Второй сегмент отбора проб (август) для анализа физико-химических свойств был проведен в институте испытаний и исследований Шанти. Исследовались такие параметры, как температура воды, общее содержание растворенных твердых веществ (TDS), электропроводность (ЕС), содержание растворенного кислорода (DO), солёность и мутность и т. д. Методы, который был использован для анализа параметров, представленных в табл.б.

Таблица 6 – Перечень химических компонентов и методы их анализа для проб, отобранных в августе 2022 г.

Параметр	Сокращенное название	Единицы	Используемые инструменты/техника
Значение pH	pH	–	Цифровой pH-метр
Мутность	TBR	NTU	Цифровой мутномер (модель 331E)
Общее количество растворенных твердых веществ	TDS	мг/л	Цифровой TDS-метр
Химическая потребность в кислороде	ХПК	мг/л	Титрование избытком $K_2Cr_2O_7$ [17]
Биохимическая потребность в кислороде	БПК	мг/л	Метод Винклера, инкубация 5 дней при 20°C [19]
Растворенный кислород	РК	мг/л	метод Винклера [20]
Электрическая проводимость	УЭП	мкСм/см	Измеритель проводимости
Солёность	-	ppt	Анализатор солёности (модель ConCal50)

3.3 Сравнительные методы

Обзор предыдущих исследований р. Ямуна в г. Дели и оценка динамических изменений химических параметров реки с 1999 г. Исследование было направлено на описание уровня загрязнения реки за 22-летний период (1999-2022 гг.). Исследование также определяет критические загрязняющие вещества, влияющие на качество речной воды во время ее прохождения через город. Были использованы данные мониторинга, а источником данных были отчеты СРСВ, Министерства водных ресурсов Индии и старые исследования.

Сравнивались физико-химические и химические параметры в начале, середине и конце реки в г. Дели. pH, БПК, РК, удельная электропроводность и другие важные параметры.

Метод выбора места для сравнительного исследования.

Для этого исследования были выбраны места в соответствии с начальной, средней и конечной точками на р. Ямуна в г. Дели (рис. 22), чтобы понять пространственные и временные изменения качества воды. Название мест (точки A1-A3):

1. Вазирабад
2. Низамуддин
3. Охла

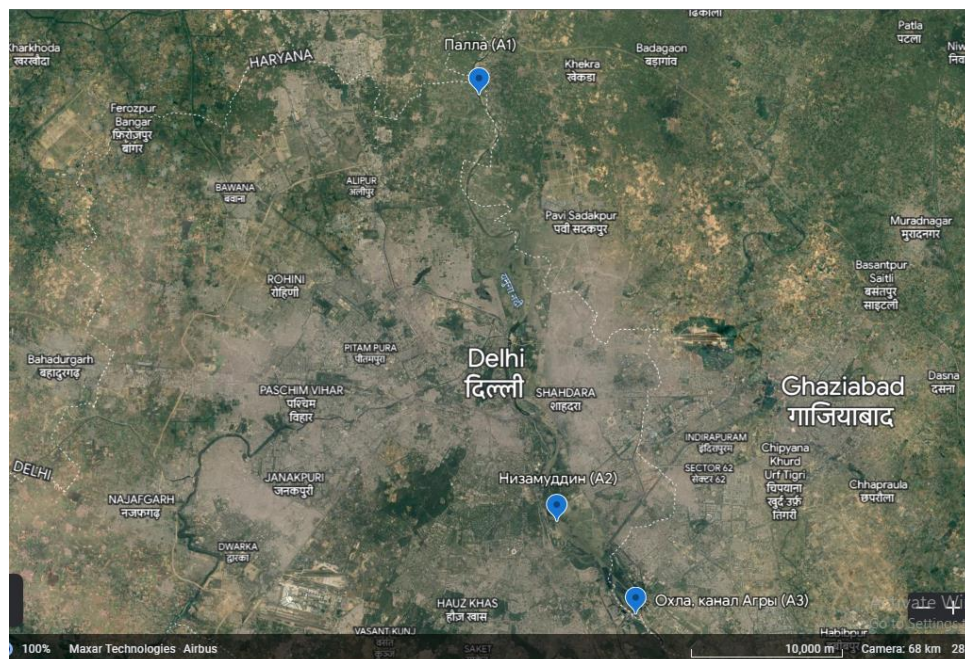


Рисунок 22 – Расположение пункта наблюдения

Точка Вазирабад A1 расположена перед плотиной Вазирабад, после плотины происходит множество культурных мероприятий. Эта точка также находится недалеко от места, где река Ямуна впадает в г. Дели.

Точка Низамуддин A2 расположена недалеко от средней или центральной части реки в г. Дели. Перед этим местом в реку впадает р. Сахиби, сток Барапулла и другие мелкие стоки.

Точка Охла A3 находится в конце реки в городе. Перед этим пунктом в реку впадает р. Хинден, сток Шахадра и стоки из г. Нойда.

4. ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВОД Р. ЯМУНА

Данные по исследуемым местам были взяты из статуса качества воды р. Ямуна (1999 – 2005 гг.) СРСВ 2006 [7], годовых отчетов по р. Ямуна Министерства водных ресурсов Индии [8], [15]. Было изучено несколько важных параметров, таких как рН, электропроводность (УЭП), растворенный кислород (РК) и биохимическая потребность в кислороде (БПК) (на табл. 7, 8).

4.1 рН

Значение рН р. Ямуна в исследуемом районе тщательно отслеживалось и анализировалось с 1999 по 2022 год. В течение всего этого периода уровни рН колебались в диапазоне от 7,1 до 8,3 на табл. 7 и 8.

Согласно индийскому стандарту для поверхностных вод (согласно IS: 2296) [27], если значение рН превышает установленные критерии в 8,5, это считается критическим для поддержания идеальной среды для размножения диких животных и рыболовства.

Однако рН в основном находился в щелочном диапазоне.

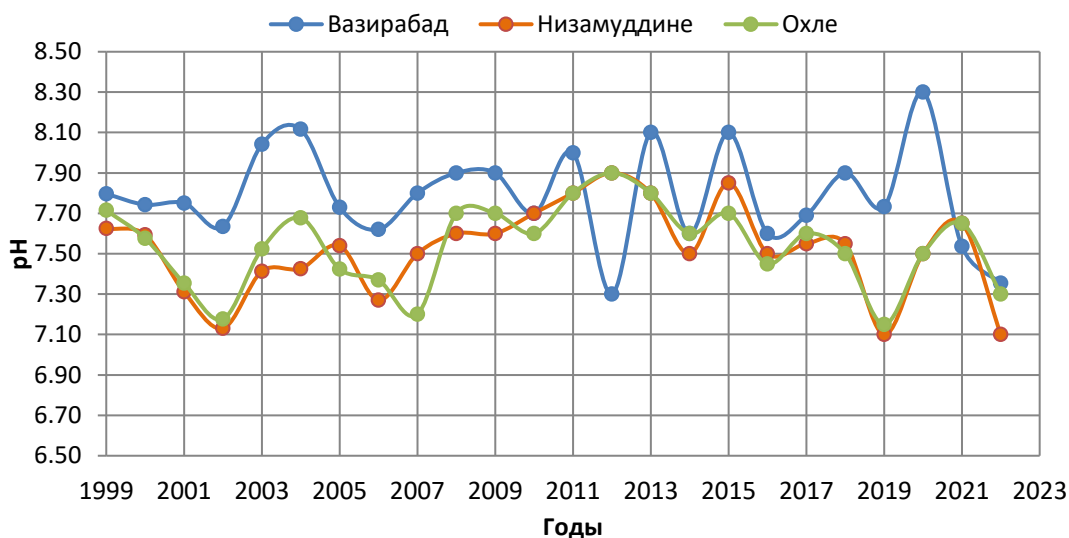


Рисунок 23 – Изменение значения рН воды р. Ямуна с 1999 по 2022 гг.

Кроме того, сравнительный анализ конкретных мест в пределах исследуемой территории выявил различия в уровнях рН. В частности, уровни рН, наблюдаемые в Вазирабаде (А1), были заметно выше по сравнению с показателями, зафиксированными в Низамуддине (А2) и Охле (А3). Значение рН в Вазирабаде (А1) было измерено на уровне $7,90 \pm 0,3$, в то время как Низамуддин (А2) и Охла (А3) зафиксировали значения $7,50 \pm 0,4$ и $7,48 \pm 0,42$ соответственно. Эти результаты свидетельствуют о том, что существуют локализованные факторы, влияющие на уровень рН в различных районах вдоль р. Ямуна. Замечено, что на Охле (А3) снижается рН реки (рис. 23).

Таблица 7 – Изменение значений химических свойств воды р. Ямуна в г. Дели (с 1999 по 2010 гг.), мг/л

Точка / Год	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
рН												
А1 –Вазирабад	7,80	7,74	7,75	7,64	8,04	8,12	7,73	7,62	7,80	7,90	7,90	7,70
А2 –Низамуддине	7,63	7,59	7,31	7,13	7,41	7,43	7,54	7,27	7,50	7,60	7,60	7,70
А3 –Охле	7,72	7,58	7,35	7,18	7,52	7,68	7,42	7,37	7,2	7,70	7,70	7,60
БПК												
А1 –Вазирабад	2	1	2	2	1	3	2	3,5	3	1,5	2,3	1,3
А2 –Низамуддине	11	18	21	23	22	24	23	36	23,8	25,7	23,4	16,8
А3 –Охле	9	10	13	13	13	18	15	30,5	1,9	12,8	14,5	13,8
РК												
А1 –Вазирабад	9,6	7,7	7,8	8	8,1	8,2	8,4	7,1	8,3	8,1	7,3	7,8
А2 –Низамуддине	1	1	1,4	0,6	0,9	0	1,6	0,8	0,3	0,5	0	0,8
А3 –Охле	1,3	1,2	1,1	1	1	0,3	0,8	3	7,4	0,2	0,1	0,3
УЭП, $\mu\text{s/cm}$												
А1 –Вазирабад	–	–	352	346	362	492	485	720	456	660	799	324
А2 –Низамуддине	–	–	791	802	896	1038	675	1256	1153	1590	1406	1087
А3 –Охле	–	–	642	632	702	869	724	1027	453	1200	892	781

Таблица 8 – Изменение значений химических свойств воды р. Ямуна в г. Дели (с 2011 по 2022 год), мг/л

Точка Год	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
pH												
A1 - Вазирабад	8,0	7,3	8,1	7,6	8,1	7,6	7,69	7,9	7,73	8,30	7,54	7,35
A2 - Низамуддине	7,80	7,90	7,80	7,50	7,85	7,50	7,55	7,55	7,1	7,50	7,65	7,10
A3 - Охле	7,80	7,90	7,80	7,60	7,70	7,45	7,60	7,50	7,15	7,50	7,65	7,30
БПК												
A1 - Вазирабад	2,2	2	3	2,4	4,5	5	4	2,5	5,25	5,8	6,75	8,5
A2 - Низамуддине	15,5	21,5	14	17,3	22,5	25	20,5	31,5	21,15	31,3	35	54,9
A3 - Охле	13	22	17	17,4	21,5	26	17	26,5	17,35	16,3	39	64,3
РК												
A1 - Вазирабад	7,8	8,8	10,5	9,3	8	9,3	7,75	7,7	10	11,35	9,3	5,9
A2 - Низамуддине	0,8	2,7	0,6	1,2	1,2	1,5	2,75	3,6	2,4	1,35	1,75	0,56
A3 - Охле	0,5	2	0	1,4	1,5	1,1	1,8	2,95	3,1	1,45	1,6	0
УЭП, $\mu\text{s/cm}$												
A1 - Вазирабад	594	–	–	–	442	2037	1070	700	425	494	1200	–
A2 - Низамуддине	1154	–	–	–	1267	1146	1300	1351	1069	1050	1864	–
A3 - Охле	969	–	–	–	1245	1018	975	820	925	1007	1395	–

4.2 Биохимическое потребление кислорода

Биохимическая потребность в кислороде (БПК) служит важнейшим показателем качества воды, отражающим уровень органических загрязнителей, присутствующих в реках. Согласно установленным стандартам, в чистых реках уровень БПК обычно не превышает 2 мг/л, в то время как в реках с умеренным загрязнением уровень колеблется от 2 до 8 мг/л. Когда уровень БПК превышает 8 мг/л, река классифицируется как сильно загрязненная (WWAP, 2016).

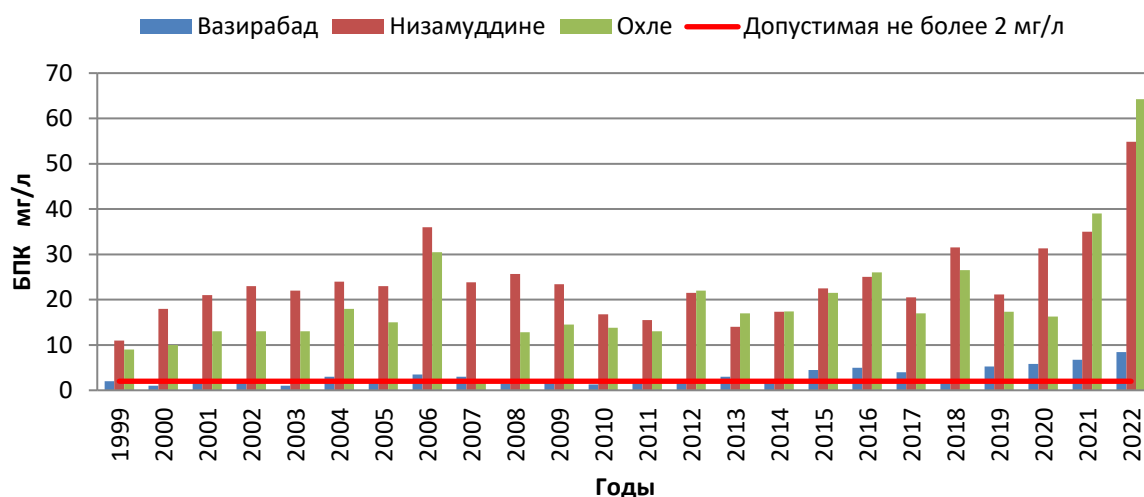


Рисунок 24 – Изменение значения БПК воды р. Ямуна с 1999 по 2022 гг.

Анализ значений его БПК выявляет интересную тенденцию на протяжении многих лет. В случае реки в местечке Вазирабад (A1) значение БПК было ниже 2 мг/л в течение 1999-2003 гг. Однако с 2004 г. по 2007 г. он колебался в пределах от 2 до 3,5 мг/л. Впоследствии, после 2009 года, уровень БПК начал повышаться, и к 2022 г. он достиг 8,5 мг/л (рис. 24). Эти наблюдения показывают, что речная вода в Вазирабаде (A1) первоначально была классифицирована как чистая в 1999 году, но постепенно перешла к умеренному уровню загрязнения, в конечном счете став сильно загрязненной к 2022 году.

В Низамуддине (A2) и Охле (A3), двух известных местах вдоль р. Ямуна, уровни биохимической потребности в кислороде (БПК) постоянно превышали пороговый уровень в 8 мг/л, что свидетельствует о серьезном загрязнении в этих конкретных районах. БПК р. Ямуна демонстрирует непрерывный рост на протяжении многих лет, достигнув ошеломляющих 50 мг/л в Низамуддине (A2) и Охле (A3) к 2022 году, как показано на рис. 24.

Основываясь на анализе и выводах, представленных ранее, становится ясно, что река в 2022 году была сильно загрязнена.

Это тревожный фактор, поскольку повышенный уровень БПК свидетельствует о высокой концентрации органических загрязнителей, которые могут оказывать пагубное воздействие на экосистему реки и качество воды.

Основной причиной такого значительного повышения уровня БПК может быть широко распространенная проблема загрязнения сточных вод. Недостаточно очищенные или неочищенные сточные воды сбрасываются непосредственно в р. Ямуна, что приводит к образованию огромного количества органических отходов.

4.3 Растворенный кислород

Концентрации растворенного кислорода (РК) в р. Ямуна в г. Дели находились в диапазоне от 0 до 10 мг/л, как показано на рис. 25. Стоит отметить, что для выживания гидробионтов и поддержания рыбного хозяйства требуется минимальное значение РК более 6 мг/л [22].

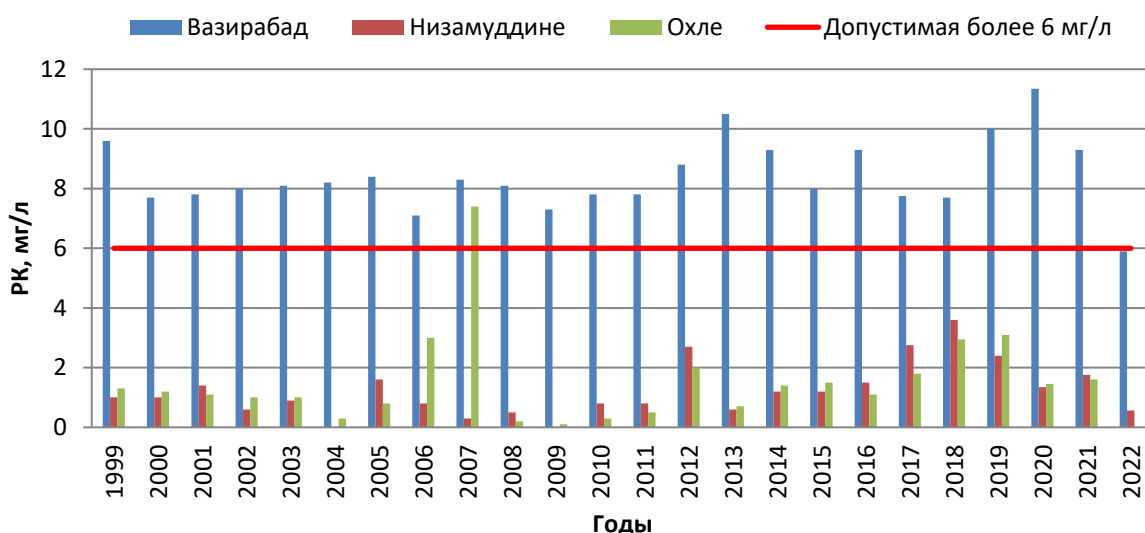


Рисунок 25 – Изменение значений РК воды р. Ямуна с 1999 по 2022 гг.

В конкретных населенных пунктах Низамуддин (А2) и Охла (А3) вдоль р. Ямуна уровни РК стабильно оставались ниже 2 мг/л в течение большей части года. Такая низкая концентрация РК указывает на недостаточное снабжение кислородом и окружающую среду, непригодную для поддержания рыболовства. И наоборот, в Вазирабаде уровни РК демонстрировали иную тенденцию, стабильно оставаясь в диапазоне от 5,9 до 10,5 мг/л. Такая высокая концентрация РК в Вазирабаде свидетельствует о более благоприятной окружающей среде, которая может поддерживать водную флору и фауну, и рыболовство.

Значительное различие в уровнях РК между Низамуддином (А2), Охлой (А3) и Вазирабадом (А1) подчеркивает различия в качестве воды вдоль р. Ямуна в пределах исследуемого района. Устойчиво низкие уровни РК в Низамуддине (А2) и Охле (А3)

подчеркивают настоятельную необходимость принятия мер по улучшению качества воды и усилению насыщения кислородом в этих регионах. Напротив, относительно более высокие уровни РК, наблюдаемые в Вазирабаде (A1), указывают на сравнительно более здоровую водную экосистему.

4.4 Удельная электропроводность

Значения УЭП служат косвенным показателем растворенных твердых веществ в воде и могут дать ценную информацию об изменениях качества воды. В случае р. Ямуна значения УЭП значительно колебались на участке, простирающемся от Вазирабада до Охлы, в период с 2001 по 2021 гг., как показано на рис. 26.

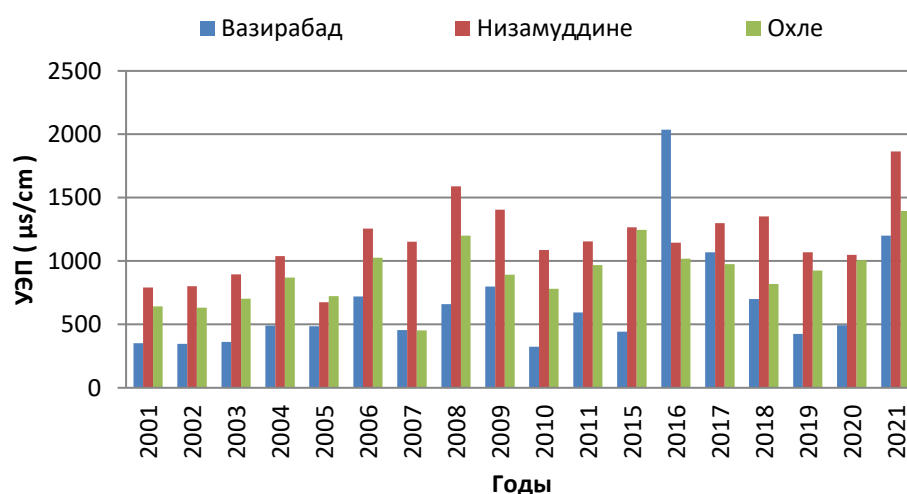


Рисунок 26 – Изменение значения УЭП воды реки Ямуна с 1999 по 2022 гг.

Зарегистрированные значения УЭП варьировались от 352 до 2037 мкс/см, отражая колебания концентрации растворенных твердых веществ в речной воде. Эти колебания значений УЭП можно объяснить несколькими факторами, включая природные процессы, деятельность человека и присутствие загрязняющих веществ.

Высокие значения УЭП часто указывают на наличие повышенных уровней растворенных солей и минералов в воде, что может иметь последствия для качества воды и ее пригодности для различных целей. Наблюдаемый диапазон значений УЭП в р. Ямуна подчеркивает динамический характер качества воды в пределах исследуемого участка, предполагая пространственные и временные изменения в составе растворенных твердых веществ.

Мониторинг значений УЭП с течением времени дает ценную информацию об общем состоянии здоровья и изменениях в качестве воды. Внезапные или постоянные отклонения

от базовых значений УЭП могут указывать на источники загрязнения, изменения в землепользовании или изменения в гидрологических режимах.

4.5 Макрокомпонентный состав

Химический состав речной воды представляет собой сложную комбинацию различных макрокомпонентов, при этом основное внимание уделяется присутствию различных ионов воды. Эти ионы, которые имеют решающее значение для понимания химического состава речной воды, включают бикарбонаты, сульфаты, хлориды, натрий, калий, магний и кальций.

Бикарбонаты (HCO_3^-) являются одними из наиболее распространенных ионов, обнаруживаемых в речной воде. Они повышают щелочность воды и играют жизненно важную роль в поддержании уровня pH. Сульфаты (SO_4^{2-}) являются еще одним важным компонентом, часто получаемым из природных источников или в результате деятельности человека, такой как промышленные процессы или методы ведения сельского хозяйства. Хлориды (Cl^-) также составляют значительную часть содержания ионов и образуются из таких источников, как соли, сточные воды и естественные геологические образования.

Натрий (Na^+) и калий (K^+) являются важными катионами, содержащимися в речной воде, которые способствуют ее общей солености и электропроводности. Магний (Mg^{2+}) и кальций (Ca^{2+}), часто называемые минералами жесткости, являются жизненно важными макрокомпонентами, которые влияют на вкус, текстуру и пригодность воды для различных целей.

Макрокомпонентный состав вод р. Ямуна в г. Дели по данным опробования в феврале и ноябре 2022 г. приведен в табл. 9.

Присутствие и концентрация этих макрокомпонентов в речной воде играют решающую роль в определении ее химических характеристик и общего качества. Они могут влиять на вкус воды, щелочность, pH, электропроводность и пригодность для конкретных целей, таких как питье, орошение или промышленные процессы.

Мониторинг и анализ макрокомпонентов химического состава речной воды необходимы для оценки качества воды, выявления потенциальных источников загрязнения.

Таблица 9 – Макрокомпонентный состав вод р. Ямуна г. Дели (по данным опробования февраль и ноябрь 2022 г.), мг/л

Показатели	Номер точки опробования						ПДК _{рбх} РФ	BIS Индии для рыб				
	А1		А2		А3				А4		А5	А6
Номер месяца	02	11	02	11	02	11	02	11	11	11		
рН	7,82	7,98	7,81	7,73	7,32	7,72	6,8	7,65	7,85	7,57	Фон	6,5 – 8,5
Минерализация	300	453	318	1522	639	525	519	738	662	706	–	–
Общ. жесткость, мг-экв/л	3,04	3,9	3,02	9*	5,48	4,1	4,38	5,4	4,9	5	7	–
Натрий, Na ⁺	11,24	55	11,46	290*	78,57	73	49,36	112	104	114	120	–
Калий, K ⁺	2,57	4,93	2,8	18	8,09	6	6,81	9,6	7,9	8	50	–
Кальций, Ca ²⁺	44	44,1	33,6	74,2	57,6	46,1	52	54,1	50,1	52,1	180	–
Магний, Mg ²⁺	10,2	20,7	16,3	65*	31,7	21,9	21,7	32,8	29,2	29,2	40	–
Гидрокарбонат, HCO ₃ ⁻	156	185	117	517	229	215	220	273	249	278	–	–
Хлориды, Cl ⁻	20	55,8	19	360*	100	74	63,4	152	127	130	300	–
Сульфаты, SO ₄ ²⁻	50	82	51	198*	132*	85	104*	104*	95	95	100	–

* превышает ПДК_{рбх} РФ, А1 – Шьям Гхат, А2 – Ямуна Гхат, А3 – Ямуна Гхат II, А4 – ИТО, А5 – Низамуддине, А6 – Плотина Охла

Анионный состав. Анализируя полученные данные образцов февраля (A1-A4) по анионному составу, можно сделать вывод, что он изменяется незначительно для каждого аниона. Для бикарбонат-иона минимальное значение 156 мг/л зафиксировано в первой пробе A1, максимальное 229 мг/л – в третьей пробе A3. Сульфаты в наибольшем содержании обнаружены в пробах № A3 132 мг/л и № A4 104 мг/л, что выше предельно допустимой нормы ПДКрбх 100 мг/л, минимальное значение – в пробе № A1. По хлоридам отмечено наибольшее содержание – 100 мг/л в пробе № A3, наименьшее – в пробе № A2 – 19 мг/л (рис. 27).

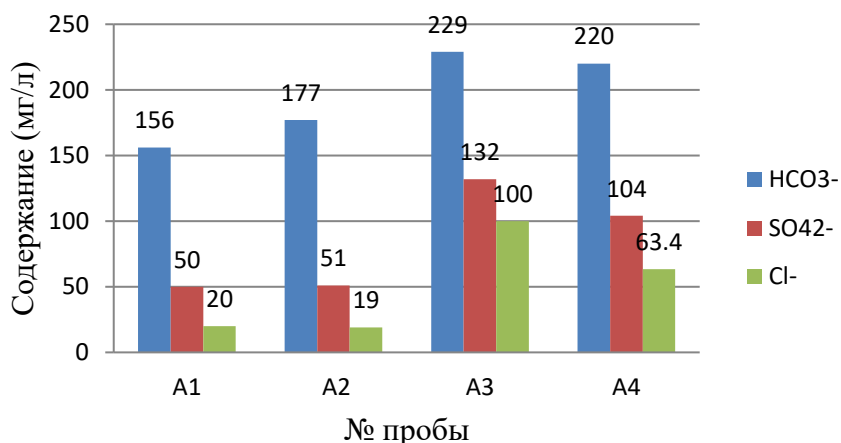


Рисунок 27 – Анионный состав проб воды (A1-A4) р. Ямуна в феврале

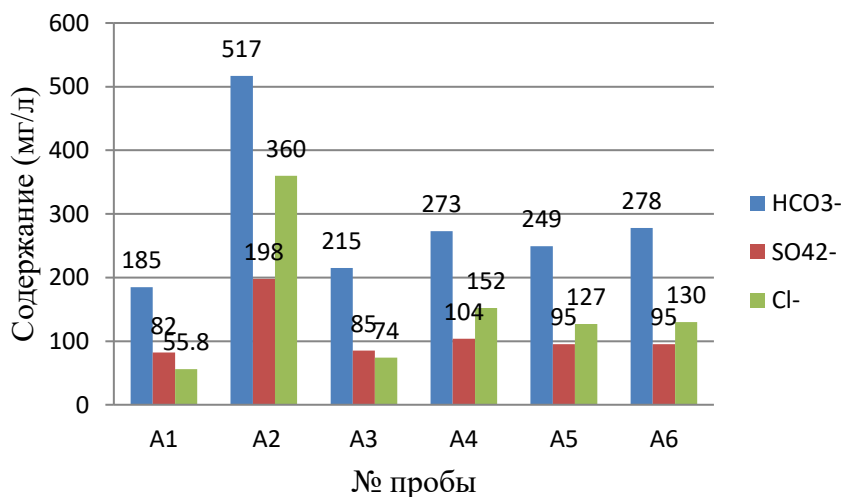


Рисунок 28 – Анионный состав проб воды (A1-A6) р. Ямуна в ноябре

Также анализируя полученные данные образцов в ноябре (A1-A6) по анионному составу, можно заметить, что он незначительно меняется для каждого аниона. Для бикарбонат-иона минимальное значение 185 мг/л зафиксировано в первой пробе A1, максимальное 517 мг/л – в третьей пробе A2. Сульфаты в наибольшем содержании

обнаружены в пробах № А2 198 мг/л и № А4 104 мг/л, что выше предельно допустимой нормы ПДКрбх 100 мг/л, минимальное значение – в пробе № А1. По хлоридам наибольшее содержание отмечено – 360 мг/л в пробе № А2, что выше предельно допустимой нормы по ПДКрбх – 300 мг/л, наименьшее – в пробе № А3 – 74 мг/л (рис. 28).

Сульфат-ион вносится в воду из атмосферы, горных пород или вместе с растворенными удобрениями. Ион бикарбоната является результатом растворения угольной кислоты в подземных водах. Хлор является хорошим мигрантом и индикатором активной антропогенной деятельности.

Катионный состав. Анализируя полученные данные образцов февраля (А1–А4) по катионному составу, пробы воды А1–А4 (рис. 29) также меняется незначительно. Минимальное значение магния составляет 10,2 мг/л в образце № А1, максимальное 31,7 мг/л в образце № А3. По кальцию минимум зафиксирован в пробе № А2 – 33,6 мг/л, максимум – в пробе № А3. Для натрия минимальное значение в пробе № А1, А2 – 11 мг/л, максимальное значение – 78,57 мг/л в пробе № А3. Для калия во всех пробах от 2,5 до 8 мг/л.

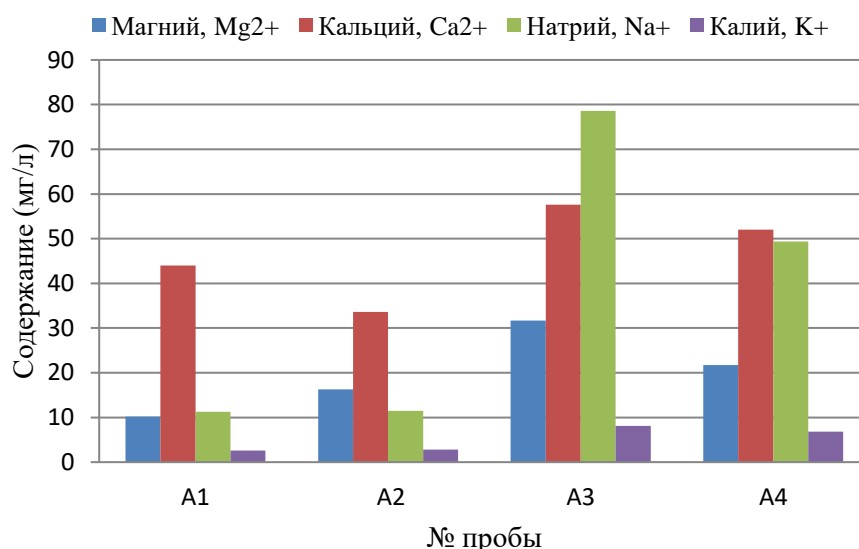


Рисунок 29 – Катионный состав проб воды (А1-А4) р. Ямуна в феврале

По полученным данным образцов в ноябре (А1–А6) по катионному составу (рис. 30) минимальное значение по магнию 20,7 мг/л в пробе № А1, максимальное 65 мг/л в пробе № А2, что выше предельно допустимой нормы ПДКрбх (40 мг/л). По кальцию минимум зафиксирован в пробе № А1 – 44,1 мг/л, максимум – в пробе № А2. Для натрия минимальное значение в пробе № А1 – 55 мг/л, максимальное значение – 290 мг/л в пробе № А2, что выше предельно допустимой нормы ПДКрбх (120 мг/л). Для пробы калия № А2 составляет 18 мг/л, а для остальных проб от 5 до 9,6 мг/л.

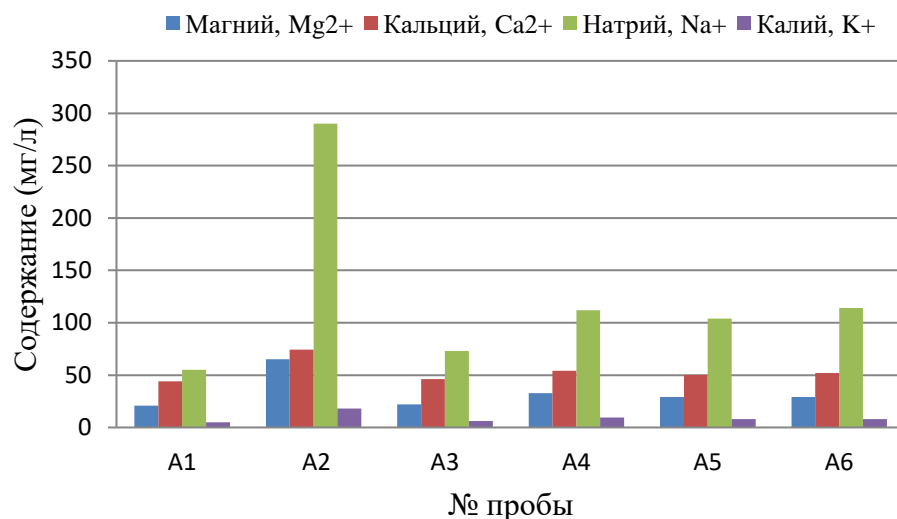


Рисунок 30 – Катионный состав проб воды (А1-А6) р. Ямуна в ноябре 2022 г.

Если сравнить обе пробы по месяцам февраль и ноябрь 2022 года, то видно, что в водах р. Ямуна в районе плотины Вазирабад (точка А2) установлены превышения ПДКрбх РФ по общей жесткости, натрию, магнию, хлоридам и сульфатам. Значения последнего выше нормы в точках А3 и А4 ниже по течению.

В целом, в конце зимнего периода концентрации компонентов и рН в водах реки выше, чем в начале сезона. Вероятно, это связано с большей обеспеченностью реки после сезона дождей, когда происходит разбавление концентраций до безопасных значений.

Таким образом, проанализировав макро компонентный состав, можно провести расчеты содержаний компонентов в мг-экв и мг/экв% форме для определения **химического типа вод**. Химический тип воды классифицирует воду на основе ее химического состава, часто определяемого с использованием таких формул, как формула Курлова [23]. Эта классификация дает представление о природе источников воды и их пригодности для различных применений. Состав проб воды с описанием химического типа, как по данным Щукарева С.А. [41], представлен в табл. 10. Согласно проведенным анализам и результатам расчетов, воды р. Ямуна слабощелочные, преимущественно пресные, кроме вод точки А2 (Ямуна Гхат), где минерализация почти в 2,5 раза выше, а химический тип становится близок к подземным содовым водам Ямуны. Вниз по течению сульфатная составляющая заменяется на хлоридную (Табл. 10).

Таблица 10 – Определение химического типа проб вод (А1-А6) по данным опробования в 2022 г.

№ точки	Название объекта	Формула Курлова	Описание химического типа (по Щукареву С.А.)
А1	Шьям Гхат	$M_{0,45} \frac{HCO_3 47,38 SO_4 26,69 Cl 24,55}{Na 37,35 Ca 34,35 Mg 26,43}$, рН 7,98	Воды пресные, слабощелочные, гидрокарбонатно-сульфатныенатриево-кальциево-магниевые
А2	Ямуна Гхат	$M_{1,52} \frac{Cl 44,59 HCO_3 37,26 SO_4 18,14}{Na 57,03 Mg 24,10 Ca 16,78}$, рН 7,73	Воды слабосоленоватые, слабощелочные, хлоридно-гидрокарбонатныенатриевые
А3	Ямуна Гхат II	$M_{0,52} \frac{HCO_3 47,32 Cl 27,99 SO_4 23,78}{Na 42,73 Ca 31,03 Mg 24,73}$, рН 7,72	Воды пресные, слабощелочные, гидрокарбонатно-хлоридные натриево-кальциевые
А4	ИТО	$M_{0,74} \frac{HCO_3 40,96 Cl 39,19 SO_4 19,83}{Na 46,42 Ca 25,70 Mg 25,54}$, рН 7,65	Воды пресные, слабощелочные, гидрокарбонатно-хлоридные натриево-кальциево-магниевые
А5	Низамудин	$M_{0,66} \frac{HCO_3 42,35 Cl 37,11 SO_4 20,53}{Na 46,99 Ca 26,03 Mg 24,87}$, рН 7,85	Воды пресные, слабощелочные, гидрокарбонатно-хлоридные натриево-кальциевые
А6	ПлотинаОхла	$M_{0,71} \frac{HCO_3 44,68 Cl 35,91 SO_4 19,41}{Na 48,78 Ca 25,64 Mg 23,56}$, рН 7,57	Воды пресные, слабощелочные, гидрокарбонатно-хлоридные натриево-кальциевые
10 проб	Общая формула по средним значениям	$M_{0,64} \frac{HCO_3 44,18 Cl 33,45 SO_4 22,38}{Na 43,80 Ca 28,46 Mg 22,48}$, рН 7,62	Воды пресные, слабощелочные, гидрокарбонатно-хлоридные натриево-кальциевые

Таблица 11 – Азотистые соединения в воде р. Ямуна г. Дели по пробам (по данным опробования февраль и ноябрь 2022 г.) мг/л

Показатели	Номер точки опробования												ПДКрбх РФ	BIS Индии для рыб
	А1		А2		А3		А4		А5		А6			
Номер месяца	2	11	2	11	2	11	2	11	2	11	2	11		
Аммоний, NH ₄ ⁺	<0,05	1,12	<0,05	28	0,17	4,6	0,12	11		9,5		11	0,5	–
Нитрит, NO ₂ ⁻	2,05	0,27	3,48	<0,02	1,89	0,47	1,75	<0,02	–	<0,02	–	<0,02	0,08	–
Нитрат, NO ₃ ⁻	6,11	5,3	6,59	0,19	1,72	4,1	2,02	0,14		0,044		0,029	40	–

А1 – Шьям Гхат, А2 – Ямуна Гхат, А3 – Ямуна Гхат II, А4 – ИТО, А5 – Низамуддине, А6 – Плотина Охла

4.6 Азотистые соединения

Нитраты присутствуют в речной воде в количествах, не превышающих ПДК для питьевых и хозяйственно-бытовых вод (рис. 31 и 32). Если смотреть нитриты в образцах А1-А4, то в феврале присутствовали в более высоких концентрациях, чем норма (табл. 11) [25].

Избыток концентрации аммония очень высок в образцах А1–А6, максимальное количество было в образце № А2 – 28 мг/л, а минимальное 4,6 мг/л в образце № А3 к ПДК для рыбохозяйственных вод (0,5 мг/л).

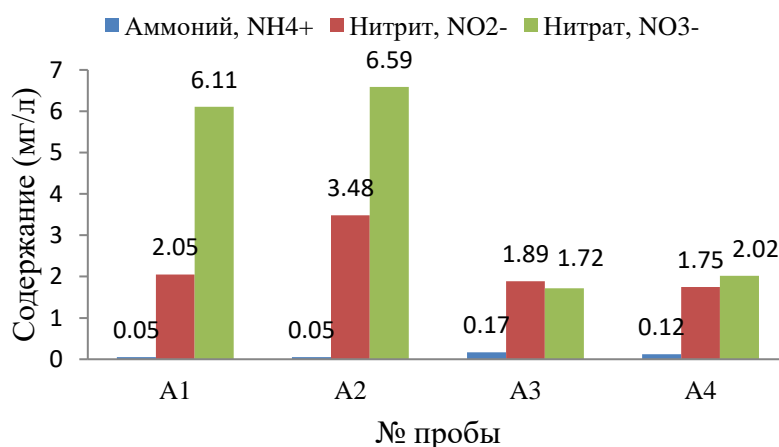


Рисунок 31 – Соединения азота в р. Ямуна (А1-А4) в феврале

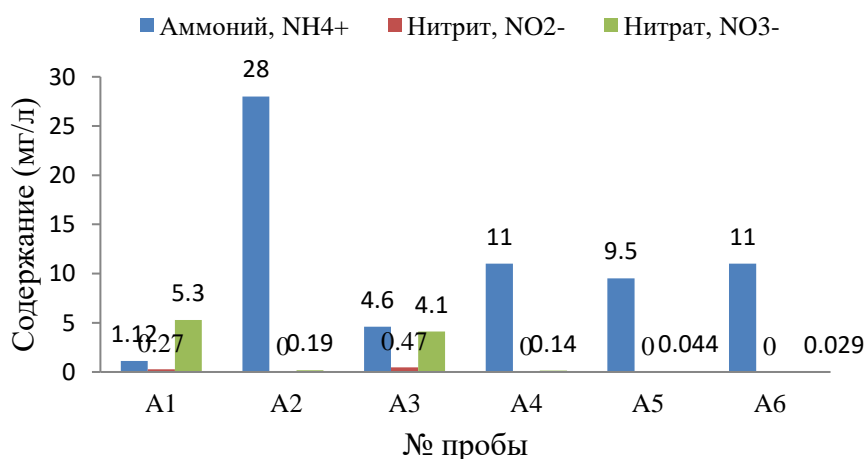


Рисунок 32 – Соединения азота в р. Ямуна (А1-А6) в ноябре

В водах р. Ямуна отмечается значительное содержание соединений азота, образующихся при разложении органического вещества, которое в большом количестве поступает в речную систему со сточными водами [26]. Из соединений азота для речных вод наиболее характерны нитраты. Поскольку воды рек хорошо аэрированы, аммоний и нитриты

в таких условиях неустойчивы, они быстро окисляются до нитратов. Они могут служить индикатором загрязнения, причем ионы аммония указывают на первичный, кратковременный источник загрязнения, а ионы нитрита указывают на долговременный и постоянный источник.

Содержание нитратов в воде обусловлено наличием несанкционированных свалок отходов жизнедеятельности человека и животных вблизи долины реки. Кремация и культурная деятельность весьма активно участвуют в загрязнении реки [27].

4.7 Органические вещества

Результат проб воды Ямуна по данным опробования август 2022 г показывает (табл. 12), что интегральное содержание органических веществ оценивается по БПК и ХПК. В поверхностных водах величина БПК колеблется от 0,5 до 5,0 мг/л; она подвержена сезонным и суточным изменениям, которые в основном зависят от перепадов температуры и физиолого-биохимической активности микроорганизмов. Весьма значительные изменения БПК природных водоемов – из-за загрязнения сточными водами.

Анализируя полученные данные по БПК, можно отметить, что допустимая концентрация составляет от 48 мг/л до 68 мг/л для всех проб (А1-А6), что выше допустимого содержания 2 мг/л. Загрязнение реки по БПК показано на рис. 33.

В водоемах и водотоках, сильно пострадавших от деятельности человека, изменение окисляемости выступает как характеристика, отражающая режим поступления сточных вод.

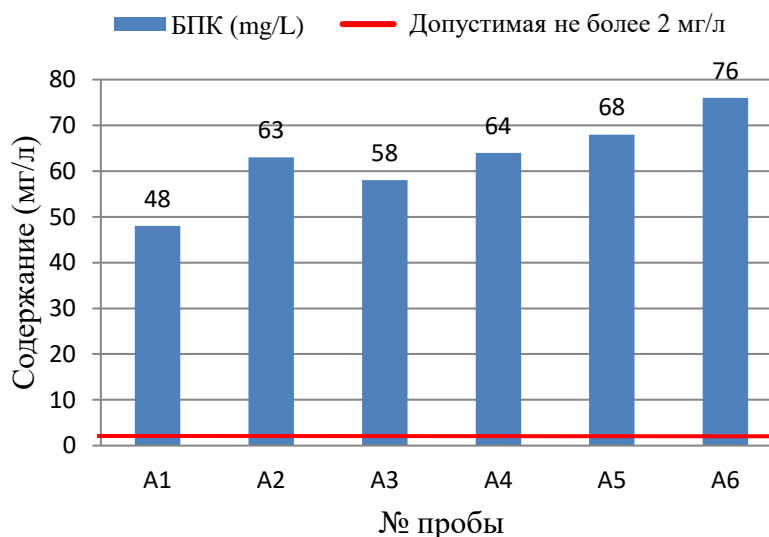


Рисунок 33 – Изменение значения БПК в воде р. Ямуна по пробам в августе

Таблица 12 – Химические показатели р. Ямуна (по данным опробования август 2022 г.), мг/л

Показатели	Номер точки опробования						ПДКрбх РФ	BIS Индии для рыб	BIS Индии для купания	BIS Индии для питья
	A1	A2	A3	A4	A5	A6				
рН, ед. рН	7,6	7,4	6,85	7,3	7,5	7,4	–	6,5-8,5	6,5-8,5	6,5-8,5
УЭП (µs/cm)	441	522	1636	1145	1662	920	–	1000	–	–
Мутность (NTU)	1,1	1,6	12,2	7,9	1,4	1,5	–	–	–	5
TDS	420	1054	1126	808	1130	595	–	–	–	500
ХПК	120	68	184	165	204	216	–	–	250	–
БПК	48	63	58	64	68	76	2,1–3	3	3	2
ПК	–	8,3	–	–	0,8	–	4-6 и более	4	5	6

A1 – Шьям Гхат, A2 – Ямуна Гхат, A3 – Ямуна Гхат II, A4 – ИТО, A5 – Низамуддине, A6 – Плотина Охла

В программах мониторинга ХПК используется как мера количества органического вещества в образце, которое подвержено окислению сильным химическим окислителем. ХПК используется для характеристики состояния водотоков и водоемов, поступления хозяйственно-бытовых и промышленных сточных вод (в том числе степени их очистки), а также поверхностного стока.

Уровень растворенного кислорода в р. Ямуна был хорошим в точке А1 с 8,1 мг/л, и это место расположено недалеко от места впадения Ямуны в г. Дели, но после этого РК всех проб было меньше 1 мг/л или не обнаружено (рис. 34).

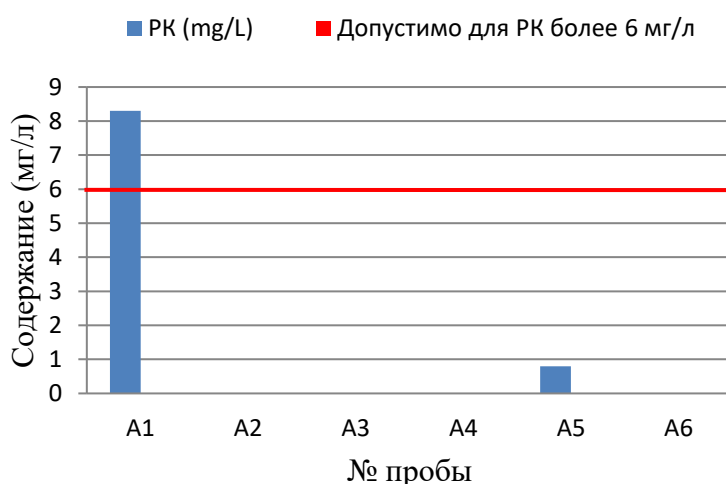


Рисунок 34 – Изменение значения РК в воде р. Ямуна по пробам в августе 2022 г.

Основные выводы по полученным данным по р. Ямуна в августе в сезон дождей следующие:

- рН вод р.Ямуны колеблется от 6,85 до 7,6, то есть в сезон дождей **воды нейтральные**, редко слабо щелочные;
- Вниз по течению р. Ямуна в целом увеличиваются значения УЭП;
- В центральной части исследуемого участка воды реки более мутные;
- Более высокий показатель TDS, который наблюдается во всех точках ниже по течению, увеличивает значения ХПК и БПК, напрямую связанных с уровнем растворенного кислорода (РК) в воде;
- Высокий БПК вреден для экосистем, так как рыба и другие водные организмы могут не выжить в бедных кислородом водах;
- По значениям превышения БПК и РК согласно системе классификации качества воды по А.А. Былинкиной и С.М. Драчеву (Оценка качества водоемов РФ), воды р. Ямуна **грязные и очень грязные** [30].

4.8 Микрокомпонентный состав

При детальном анализе микрокомпонентного состава проб воды (А1-А6) важно отметить, что изменения в составе воды незначительны. Однако, при изучении табл. 13, можно увидеть, что некоторые компоненты превышают предельно допустимые концентрации (ПДКрбх РФ), в том числе цинк, медь, железо, никель, стронций, фтор, алюминий, бор и марганец.

Относительно содержания микроэлементов в водах р. Ямуна, можно отметить повышенные значения меди, железа и стронция во всех точках исследования, превышающие ПДКрбх (превышение концентрации данных микроэлементов от 2 до 13 раз). Особенно высокие значения микроэлементов, превышающих нормы, наблюдаются в точке А2 (Ямуна Гхат), где также выявлено присутствие цинка среди загрязняющих компонентов.

Превышения нормативов отмечены по фтору – 4-15 ПДКрбх и марганец – 1–28 ПДКрбх. Также отмечены незначительные превышения бора в точках отбора проб с А2 по А6. Особо следует отметить превышения таких компонентов, как алюминий, которые для первого составляют 11 ПДКрбх, а для второго – в сотни тысяч раз и в точке А2 очень высоки 3,6 мг/л. Избыток алюминия, вероятно, связан с захватом илистых частиц донных отложений, что требует дополнительного отбора проб для перепроверки полученных данных исследований (на рис. 35, 36 и 37).

Эти результаты свидетельствуют о наличии загрязнений в водах р. Ямуна, особенно вблизи Ямуна Гхат (А2).

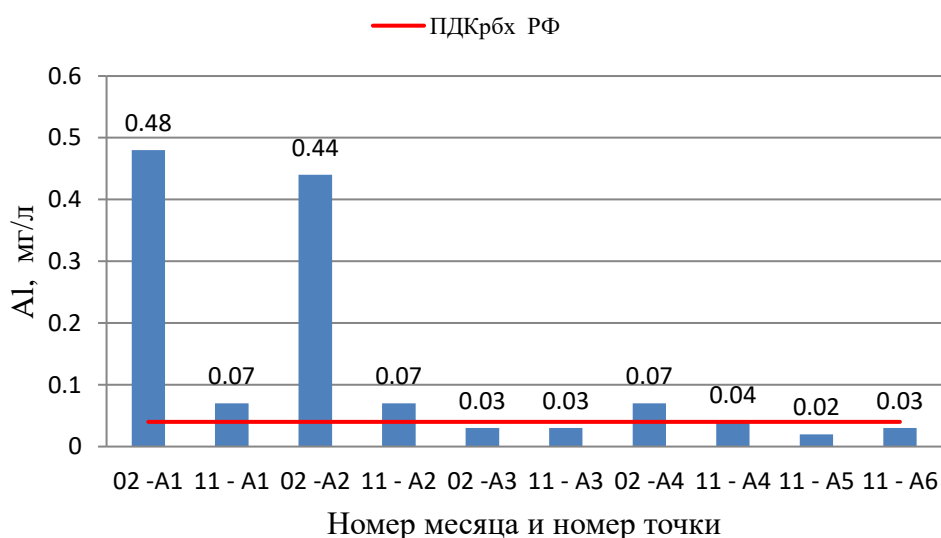


Рисунок 35 – Содержание алюминия в воде р. Ямуна

Таблица 13 – Микрокомпонентный состав р. Ямуна (по данным опробования 2022 г.), мг/л

Показатели	Номер точки опробования										ПДК _{рбх} РФ	BIS Индии для рыб
	A1		A2		A3		A4		A5	A6		
Номер месяца	2	11	2	11	2	11	2	11	11	11		
pH	7.89	7,98	7,81	7,73	7.32	7,72	6,8	7,72	7,85	7,57	6,5-8,5	6,5-8,5
Zn	0,001	0	0	0,031*	0,007	0,004	0,007	0,009	0,005	0,006	0,01	-
Cu	0,003*	0,0015*	0	0,007*	0,004*	0,002*	0,003*	0,002*	0,002*	0,002*	0,001	-
Cr	0,002	0,02	0,002	0,013	0,006	0,002	0,003	0,005	0,003	0,005	0,07	-
Cd	0,00002	0,00005	0,00002	0,00001	0,00002	0,00003	0,000034	0,00005	0,00004	0,00004	0,005	-
Fe	0,61*	0,09	0,4*	0,39*	0,14*	0,09	1,15*	0,27*	0,25*	0,31*	0,1	-
Pb	0,0006	0	0,0006	0,001	0,0003	0	0,0009	0,0001	0	0	0,006	-
Ni	0,001	0,001	0,002	0,021*	0,01*	0,005	0,008	0,008	0,007	0,008	0,01	-
As	0,003	0,004	0,003	0,003	0,003	0,004	0,003	0,004	0,004	0,004	0,05	-
Ba	0,05	0,063	0,06	0,059	0,06	0,051	0,054	0,059	0,054	0,054	0,74	-
Se	0	0	0	0	0,001	0	0,001	0	0	0,0010	0,02	-
Sr	0,2	0,25	0,22	1,26*	0,75*	0,35	0,55*	0,59*	0,48*	0,53*	0,4	-
F ⁻	0,19*	0,25*	0,18*	0,75*	0,42*	0,29*	0,3*	0,43*	0,37*	0,6*	0,05	-
B	0,06	0,07	0,03	0,4*	0,13*	0,1*	0,12*	0,19*	0,14*	0,15*	0,1	-
Al	0,48*	0,07*	0,44*	0,07*	0,03	0,03	0,07*	0,04*	0,02	0,03	0,04	-
Mn	0,01*	0,01*	0,01*	0,28*	0,03*	0,01*	0,04*	0,13*	0,12*	0,18*	0,01	-

* превышает ПДК_{рбх} РФ, A1 – Шьям Гхат, A2 – Ямуна Гхат, A3 – Ямуна Гхат II, A4 – ИТО, A5 – Низамуддине, A6 – Плотина Охла.

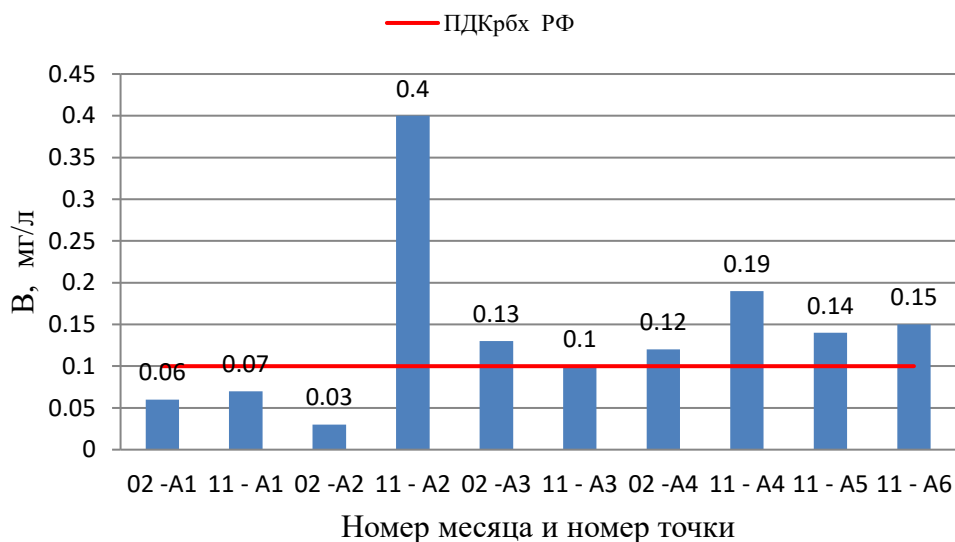


Рисунок 36 – Содержание бора в воде р. Ямуна

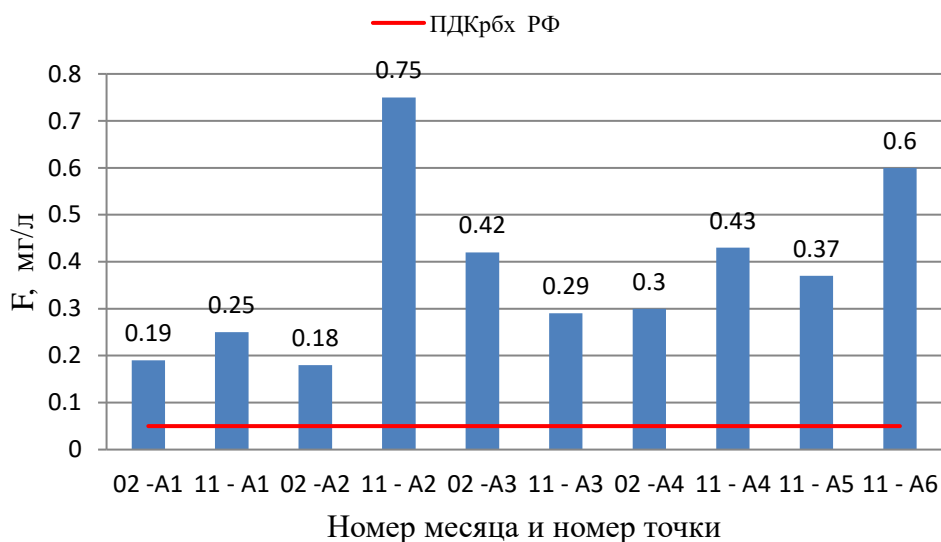


Рисунок 37 – Содержание фтора в воде р. Ямуна

Тяжелые металлы. О концентрации тяжелых металлов (Zn, Cu, Cr, Cd, Fe, Pb, Ni) в водах р. Ямуна и в г. Дели сообщается с 6 участков, расположенных на делейском участке Ямуны. Обнаружена различная концентрация тяжелых металлов.

Общая средняя концентрация тяжелых металлов выстраивается в следующем порядке:



Ранее исследователи установили порядок общей средней концентрации тяжелых металлов в 2018 и 2012 годах:

1. $\text{Fe} > \text{Zn} > \text{Cu} > \text{Ni} > \text{Cr} > \text{Pb} > \text{Cd}$ [31]

2. Fe > Cr > Mn > Zn > Pb > Cu > Ni > Cd [32]

Таблица 14 – Средняя концентрация тяжелых металлов в р. Ямуна в г. Дели, мг/л

Тяжелые металлы	Средний 2022 г. (в этом исследовании)	Другие данные 2018 г. [31]	ПДК _{рбх} РФ [22]	BIS [29] (Индийский стандарт питьевой воды)	СРСВ (Индийский стандарт для внутренних поверхностных вод) [27]
Zn	0,007	1,365	0,01	5	5
Cu	0,00265	0,08	0,001	005	3
Cr	0,0061	0,03	0,07	0,05	2
Cd	0,0000314	0,03	0,005	0,003	2
Fe	0,37	6,127	0,1	0,3	3
Pb	0,00035	0,02	0,006	0,01	0,1
Ni	0,007	0,025	0,01	0,02	3

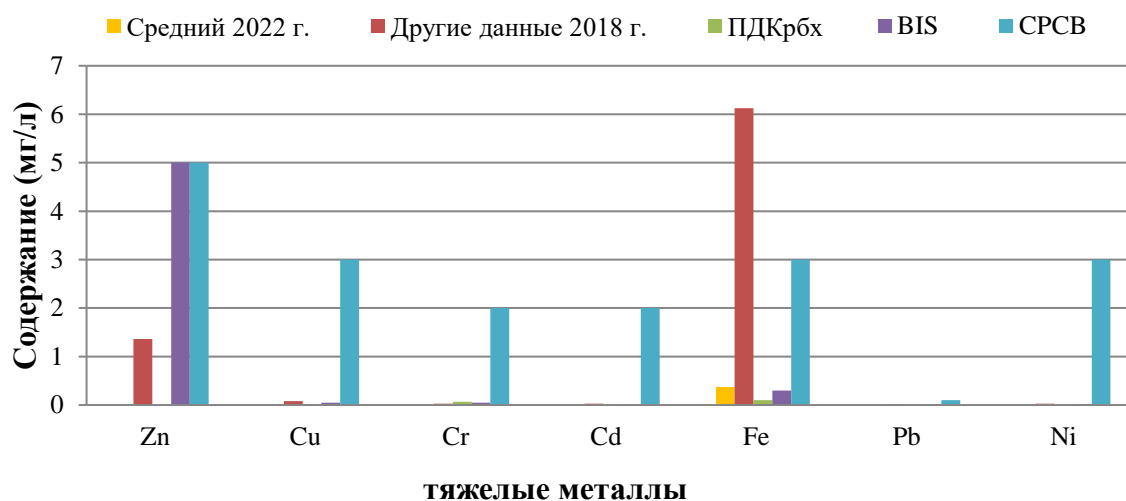


Рисунок 38 – Сравнение средних концентраций ТМ по разным данным и нормам в р.Ямуна

Исследуемая территория в целом загрязнена по средней концентрации тяжелых металлов по ПДК_{рбх} Fe (0,37 мг/л) и Cu (0,0026 мг/л), а по индийским стандартам меньше, однако концентрация тяжелых металлов также ниже других данных.

Усилия по борьбе с загрязнением р. Ямуна тяжелыми металлами продолжаются. Правительство и природоохранные агентства приняли меры по регулированию промышленных сбросов, улучшению инфраструктуры очистки сточных вод и продвижению устойчивых методов ведения сельского хозяйства для смягчения последствий и предотвращения дальнейшего загрязнения р. Ямуна [26].

Редкоземельные элементы. В табл. 15 показано содержание редкоземельных элементов в отобранных пробах за 2022 г. Анализ их концентраций представляет ценную информацию о распределении и потенциальной значимости в различных экологических контекстах.

Редкоземельные элементы представляют собой группу из семнадцати металлических элементов, обладающих уникальными свойствами и играющих решающую роль в различных современных технологиях. Эти элементы включают скандий (Sc) и пятнадцать лантаноидов: лантан (La), церий (Ce), празеодим (Pr), неодим (Nd), прометий (Pm), самарий (Sm), европий (Eu), гадолиний (Gd), тербий (Tb), диспрозий (Dy), гольмий (Ho), эрбий (Er), тулий (Tm), иттербий (Yb) и лютеций (Lu).

Сообщается, что средний состав редкоземельных элементов в р. Ямуна в г. Дели колеблется от 0 до 0,01 мгк/л. Такая концентрация указывает на то, что уровни РЗЭ относительно низкие или незначительные.

В настоящее время не существует общепризнанных конкретных стандартов или нормативных ограничений содержания редкоземельных элементов (РЗЭ) в воде. РЗЭ представляют собой группу из 17 химически сходных элементов, и их присутствие в воде обычно не рассматривается как загрязняющие вещества или параметры для мониторинга качества воды [75].

Однако в некоторых случаях, когда редкоземельные элементы связаны с добычей полезных ископаемых или промышленной деятельностью, могут существовать руководящие принципы или правила для отдельных элементов в группе РЗЭ.

Присутствие редкоземельных элементов в реках может варьироваться в зависимости от нескольких факторов, включая геологический состав, процессы выветривания и деятельность человека в прилегающих районах.

Состав урана (U) в речной воде колебался от 1,88 мгк/л до 4,11 мгк/л, а средний состав урана в пробах речной воды р.Ямуны составил 2,85 мгк/л.

Однако среднее содержание урана в речных водах составляет 0,04 мгк/л (по данным С.Л. Шварцева, 1998 г.) [41]. Допустимые пределы по урану колеблются от 15 до 40 мгк/л в воде в разных регионах [75]. Высокие уровни урана в питьевой воде могут привести к ухудшению здоровья: повреждению почек, повышенному риску рака и потенциальным последствиям для репродуктивной системы и развития [76].

Таблица 15 – Редкоземельные элементы р. Ямуна (по данным опробования 2022 г.), мкг/л

Показатели (мкг/дм ³)	Номер точки опробования										Средние значения для р. Ямуна
	А1		А2		А3		А4		А5	А6	
Номер месяца	2	11	2	11	2	11	2	11	11	11	
Zr	0,28	0,09	0,25	0,09	0,02	0,03	0,02	0,05	0,02	0,03	0,09
Nb	0,10	0,01	0,04	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02
Mo	5,70	2,39	8,62	2,24	7,15	2,68	6,17	2,54	2,15	2,16	4,18
Ru	0,00	0,02	0	0	0	0,01	0	0,05	0	0	0,01
Rh	0,01	0	0	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Pd	0	0	0	0,03	0,04	0	0,04	0,01	0	0,01	0,01
Ag	0	0	0	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0	0,01
Cd	0,02	0,05	0,02	0,10	0,02	0,03	0,03	0,05	0,04	0,04	0,04
La	0,12	0,05	0,12	0,03	0,02	0,01	0,02	0,28	0,02	0,02	0,07
Ce	0,59	0,07	0,28	0,05	0,06	0,02	0,12	0,08	0,04	0,02	0,13
Pr	0,03	0,02	0,04	0,01	0,01	0	0	0,01	0	0	0,01
Nd	0,20	0,05	0,12	0,02	0,01	0,01	0,06	0,03	0	0,01	0,05
Sm	0,04	0,01	0,03	0	0	0	0,01	0	0	0	0,01
Eu	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Gd	0,02	0	0,04	0,03	0,01	0	0,01	0,01	0,01	0	0,01
Tb	0,01	0	0,01	0	0	0	0	0	0	0	0
Dy	0,02	0,01	0,02	0	0,01	0	0	0	0	0	0,01
Ho	0,01	0	0,01	0	0	0	0	0	0	0	0
Er	0,01	0	0,01	0	0	0	0	0	0	0	0
Tm	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Yb	0,01	0	0	0,01	0	0	0	0	0	0	0
Lu	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
In	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Продолжение таблицы 15

Sn	0,04	0,01	0,03	0,14	0,09	0,03	0,09	0,07	0,05	0,07	0,06
Sb	0,96	1,13	0,94	0,53	0,93	1,38	0,94	1,08	1,24	0,95	1,01
Te	0,02	0,11	0,03	0,04	0,05	0,10	0,02	0	0	0	0
I	5,15	1,92	2,31	18,18	73,91	0,76	62,91	13,05	9,66	9,69	19,60
Cs	0,12	0,03	0,13	0,11	0,07	0,03	0,05	0,05	0,04	0,04	0,07
Hf	0,01	0	0,02	0	0,01	0	0	0	0	0	0
Ta	0,01	0	0	0,01	0	0	0	0	0	0	0
W	0,14	0,19	0,12	0,66	0,27	0,20	0,23	0,32	0,32	0,33	0,28
Re	0	0	0	0,01	0	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Os	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ir	0,05	0	0	0	0,01	0	0,01	0	0	0	0,01
Pt	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Au	0,07	0	0,08	0,01	0,03	0	0,11	0,01	0,01	0	0,01
Hg	0	7,32	0	8,60	0,02	10,53	0,01	4,63	3,70	3,04	3,78
Tl	0,01	0,01	0,01	0	0	0	0	0	0	0	0
Bi	0,02	0	0	0	0,02	0	0	0	0	0	0
Th	0,10	0,02	0,07	0,01	0,01	0,001	0,01	0,05	0,01	0,01	0,03
U	1,88	2,81	1,93	4,11	3,55	2,67	2,84	3,01	2,92	2,76	2,85

A1 – Шьям Гхат, A2 – Ямуна Гхат, A3 – Ямуна Гхат II, A4 – ИГО, A5 – Низамуддине, A6 – Плотина Охла

4.9 Выявление причин образования ядовитой пены на р. Ямуна

Пенообразование — явление, наблюдаемое на многих реках мира, в том числе на р.Ямуна в Индии. Вспенивание происходит, когда пузырьки воздуха смешиваются с водой, образуя пену, которая покрывает поверхность реки. Эта пена может быть вызвана различными факторами, в том числе выбросом загрязняющих веществ, высоким уровнем органических веществ и изменениями температуры или рН [34]. Вспенивание вызвано загрязнением в результате деятельности человека и представляет собой серьезную проблему для людей и окружающей среды, поскольку представляет риск для здоровья человека и влияет на водную жизнь.

На рис. 39 р. Ямуна в г. Дели видна пена, плавающая по поверхности реки (источник изображений с индийского новостного сайта). Точно так же, изучая спутниковые снимки Google, становится очевидным, что на плотине Охла также видна пена.

Некоторые исследования пришли к выводу, что в р. Ямуна наблюдается тревожное явление ядовитой пены. Это явление объясняется избыточным присутствием фосфатов и поверхностно-активных веществ [35].

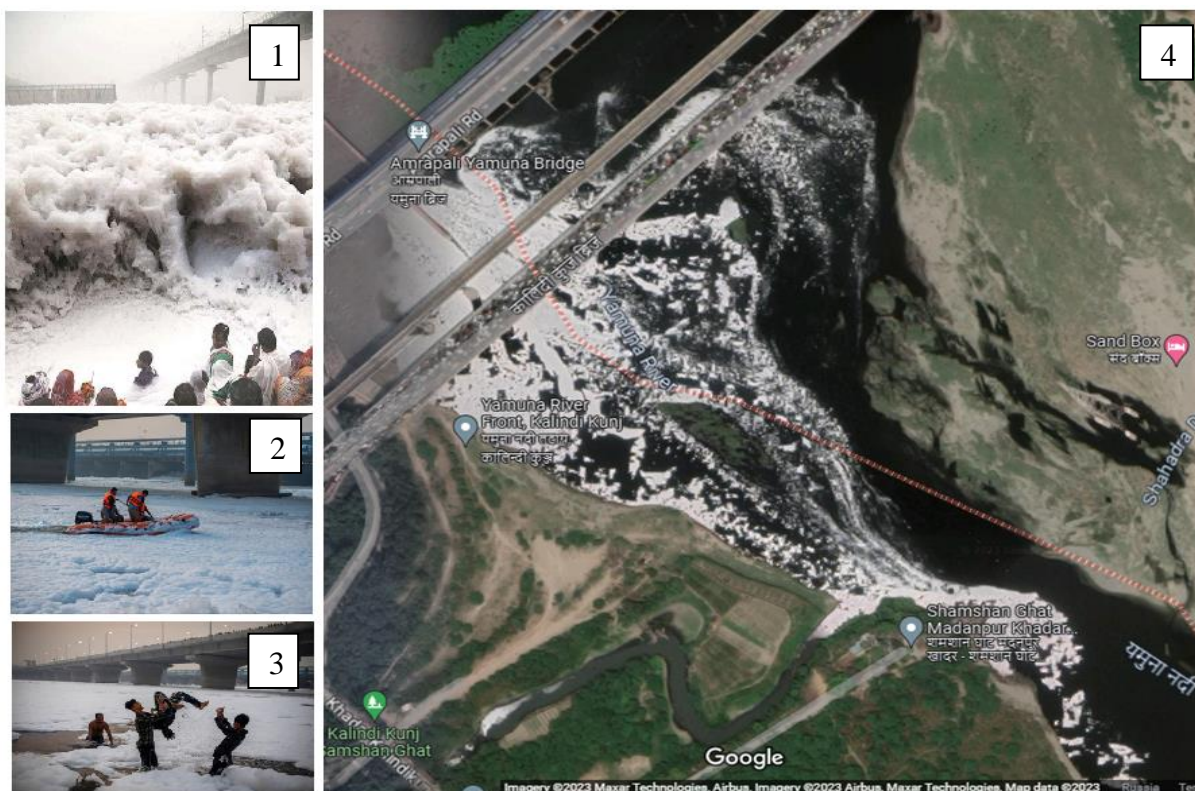


Рисунок 39 – Токсичная пена на поверхности р.Ямуна

1 – пена на высоте более 1 м над водой; 2, 3 – рядом с плотиной Охла; 4 – изображение со спутника

Вспенивание р. Ямуна вызвано сложным взаимодействием физических, химических и биологических процессов. Это зависит от многих факторов, включая сброс в реку загрязняющих веществ, таких как моющие средства, удобрения и сточные воды. Эти загрязнители могут создавать слой пены на поверхности воды, который может блокировать солнечный свет и уменьшать количество кислорода, попадающего к водные растениям и животным.

Одной из основных причин пенообразования является высокая концентрация органических веществ в воде. Органическое вещество поступает из неочищенных сточных вод и промышленных отходов, которые сбрасываются в реку из городов Дели, Агра и Матхура. Отходы содержат большое количество азота и фосфора, что приводит к росту водорослей и других водных растений. Когда эти растения умирают, они выделяют органические вещества, которые разрушаются бактериями, образуя такие газы, как метан и сероводород. Затем газы попадают в воду и вызывают образование пены. Изменения температуры и уровня рН также могут вызвать пенообразование в реках, равно как и попадание воздуха в воду из-за турбулентного течения.

Есть и физическая причина пенообразования в г.Дели, когда вода падает с высоты на плотину Охла, после чего образуются пенные пузырьки на водной поверхности.

Сама пена не токсична, но может содержать вредные вещества, такие как тяжелые металлы, пестициды и другие химические вещества, присутствующие в реке. Пена также может поглощать загрязняющие вещества из воздуха и становиться еще более опасной [37].

Содержание фосфатов в р. Ямуна. Состав фосфатов в р. Ямуна, обнаруженный в ходе данного исследования, показан на табл. 16 во всех точках отбора проб. Нормы PO_4^{3-} по ПДКрбх РФ – 0,05 мг/л и Индийский стандарт BIS для поверхностных вод – 0,1 мг/л.

Таблица 16 – Состав фосфатов в р. Ямуна по данным 2022 г., мг/дм³

Показатели	Номер точки опробования									
	A1		A2		A3		A4		A5	A6
Номер месяца	2	11	2	11	2	11	2	11	11	11
PO_4^{3-}	0,19	0,62	0,19	9,9	3,2	3,6	2,89	3,49	0,044	0,029

A1 – Шьям Гхат, A2 – Ямуна Гхат, A3 – Ямуна Гхат II, A4 – ИТО, A5 – Низамуддине, A6 – Плотина Охла.

Чрезмерный уровень фосфатов в водоемах может привести к эвтрофикации – процессу, при котором повышенное количество питательных веществ вызывает чрезмерный рост растений, цветение водорослей и истощение кислорода.

Присутствие фосфатов было высоким в образцах с A1 по A4 и составляло от 0,19 мг/л до 9,9 мг/л. Для ПДКрбх РФ должна быть <0,05 мг/л, а для поверхностных вод необходима

концентрация фосфатов <0,1 мг/л. Однако в образцах А5 и А6 меньше значений обоих стандартов.

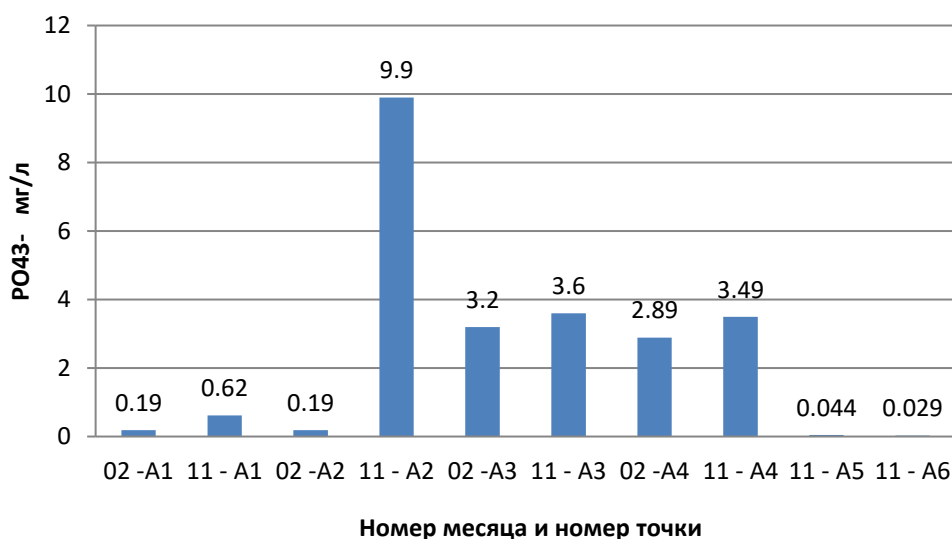


Рисунок 40 – Содержание фосфатов в воде р. Ямуна

Концентрация поверхностно-активного вещества в речной воде также является еще одним фактором появления этой ядовитой пены, что показано в табл. 17. Эти данные были отмечены центральным советом по контролю загрязнения Индии в отчете «Annual Report 2020 – 2021» [35].

Таблица 17 – Состав поверхностно-активного вещества р, Ямуна в июле 2020 г. [35], мг/л.

Показатель	A1	A2	A3	A4	A5	A6	ПДК _{рбх} РФ	Стандарт Индии
ПАВ-МВАС	0	0	0	1,28*	1,23*	1,37*	0,1	0,2

* превышает стандарт. А1 – Шьям Гхат, А2 – Ямуна Гхат, А3 – Ямуна Гхат II, А4 – ИТО, А5 – Низамуддине, А6 – Плотина Охла.

Поверхностно-активные вещества – это химические вещества, которые уменьшают поверхностное натяжение воды, облегчая попадание воздуха в воду и образование пузырьков. Поверхностно-активные вещества содержатся во многих бытовых и промышленных продуктах, таких как моющие средства, мыло и шампуни. Когда эти продукты смываются рекой, они способствуют образованию пены.

В дополнение к этим воздействиям на окружающую среду пенообразование в р. Ямуна оказывает много негативного воздействия на водную жизнь и здоровье населения. Пена может покрывать большие участки поверхности реки, блокируя доступ солнечного света к подводным растениям и снижая уровень кислорода в воде. Это может нанести вред водным обитателям и привести к гибели рыб и других водных организмов. Пена может вызвать

проблемы с дыханием у людей, которые вступают с ней в контакт, а также может привести к раздражению кожи и другим проблемам со здоровьем.

Возможные решения проблемы вспенивания в р.Ямуна включают [77, 78]:

- Сокращение выбросов загрязняющих веществ за счет строительства большего количества очистных сооружений, регулирования утилизации промышленных отходов и совершенствования методов очистки сточных вод;
- Внедрение правил, ограничивающих использование моющих средств и удобрений в сельском хозяйстве;
- Использование естественных методов очистки воды, таких как водно-болотные угодья, для очистки сточных вод и промышленных отходов перед сбросом в реку;
- Увеличение расхода воды или использование методов аэрации для разрушения пены и повышения уровня кислорода;
- Применение химических и биологических средств обработки, таких как полиакриламид и хлорид железа, для коагуляции частиц пены и добавление бактерий для переваривания органических веществ;
- Физическое удаление пены с помощью скиммеров, пылесосов или насосов;
- Информирование общественности о воздействии на окружающую среду и рисках для здоровья, связанных с загрязнением, поощрение ответственной практики обращения с отходами.

Таким образом, изменения качества воды в р. Ямуна в г. Дели с 1999 по 2021 год свидетельствуют о тревожной экологической тенденции. Уровни растворенного кислорода снизились, уровень рН колебался, биологическая потребность в кислороде возросла, а электропроводность повысилась. В ходе исследования было установлено, что концентрация тяжелых металлов превышает допустимые пределы, создавая угрозу экосистеме реки. Содержание катионов и анионов в воде так же указывает на загрязнение. Кроме того, присутствие соединений азота и фосфатов превышает установленные нормы, что приводит к эвтрофикации и снижению уровня растворенного кислорода. В р.Ямуна также содержится большое количество органического вещества. Превышая допустимые уровни, фосфаты и поверхностно-активные вещества способствуют образованию ядовитой пены. В целом р.Ямуна сильно загрязнена и непригодна для обитания водных организмов. Действительно, сильное загрязнение р. Ямуна может объяснить инцидент с тысячами мертвых рыб [33], обнаруженных в ноябре 2018 года в г. Матхуре, расположенной примерно в 185 км от г.Дели.

5. ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ВОД РЕКИ

5.1 Анализ минерального равновесия речной воды

Расчет минеральных равновесий осуществляется общепринятыми методами, разработанными на основе термодинамики гидрогеохимических процессов с использованием программы HydroGeo. Впервые комплексное решение научной проблемы равновесий в системе вода-порода-газ-органическое вещество было начато в Томской научной гидрогеохимической школе профессорами С.Л. Шварцевым и М.Б. Букаты [39].

По своему химическому составу 10 проб вод р. Ямуна в г. Дели в основном хлоридно-гидрокарбонатные или гидрокарбонатно-хлоридные (по преобладающему содержанию анионов) с различным соотношением магний, кальций, натрий (табл. 9 и 10). Воды слабощелочные и пресные.

При настройке гидрогеохимической модели учитывались следующие минералы: кальцит, доломит и сидерит. Расчеты ведутся при температуре 25°C. При недонасыщенности раствора к минералу (отрицательных значениях индекса насыщения) раствор способен растворять минерал. При насыщении – индекс становится положительным, а раствор способен выводить минерал в осадок.

Равновесие с карбонатными минералами. Кальцит. По результатам моделирования в программе HydroGeo с использованием термодинамических расчетов показано, что при наблюдаемых значениях кальция в р. Ямуна в г. Дели наблюдается равновесно-неравновесное состояние с кальцитом. На рис. 41 отражено состояние карбонатного равновесия в вод р. Ямуна, из которого видно, что значительная часть точек расположена в области пересыщения речной воды кальцитом, хотя пробы воды из Шам-Гхат (А1) и Ямуна-Гхат II (А3) находятся на участке неравновесных и ненасыщенных кальцитом. Пример различия данных можно привести для кальцита [41].

Для проведения сравнительного анализа нами были взяты данные по атмосферным осадкам г. Дели (химический состав дождя над г. Дели во время сезона дождей, 1978 г. [40]), средняя минерализация дождевой воды 90 мг/л, содержание гидрокарбонат-иона 30,90 мг/л, кальция 2,90 мг/л при $pH = 7,47$.

Средний химический состав 10 проб воды реки характеризуется величиной минерализации 675,8 мг/л, гидрокарбонат-иона - 203,9 мг/л и кальция - 50,8 мг/л при $pH 7,6$.

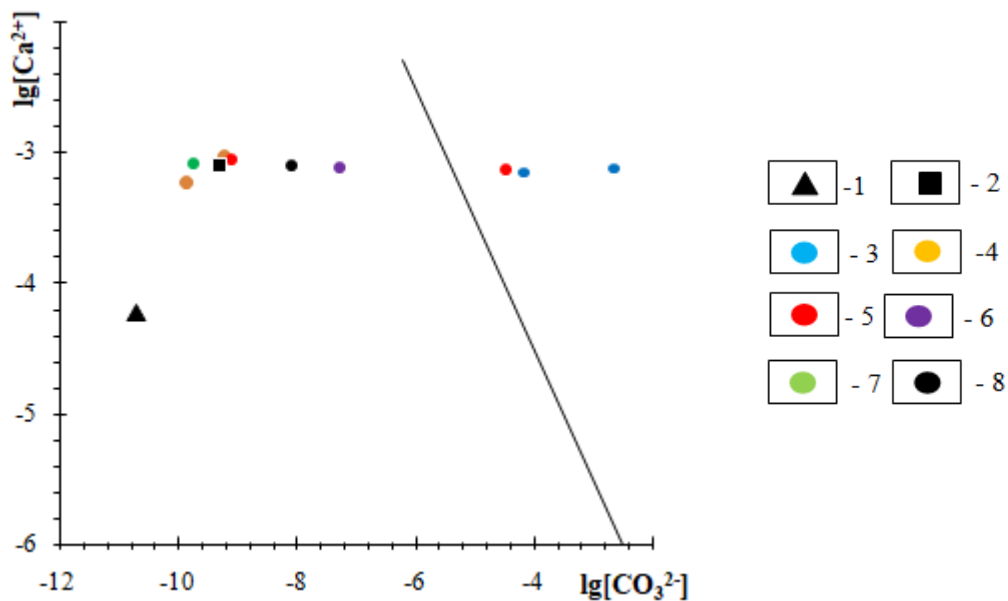


Рисунок 41 – Диаграмма равновесия с кальцитом при 25 °С с нанесением данных по составу воды р. Ямуна

1 – атмосферные осадки Индии; 2 – среднее значение по 10 пробам; 3 – Шьям Гхат; 4 – Ямуна Гхат; 5 – Ямуна Гхат II; 6 – ИТО; 7 – Низамуддине; 8 – Плотина Охла

Доломит. Рисунок 42 отражает результат моделирования в программе HydroGeo карбонатного равновесия на участке реки в г.Дели с использованием значений активных концентраций кальция и магния, входящих в состав доломита.

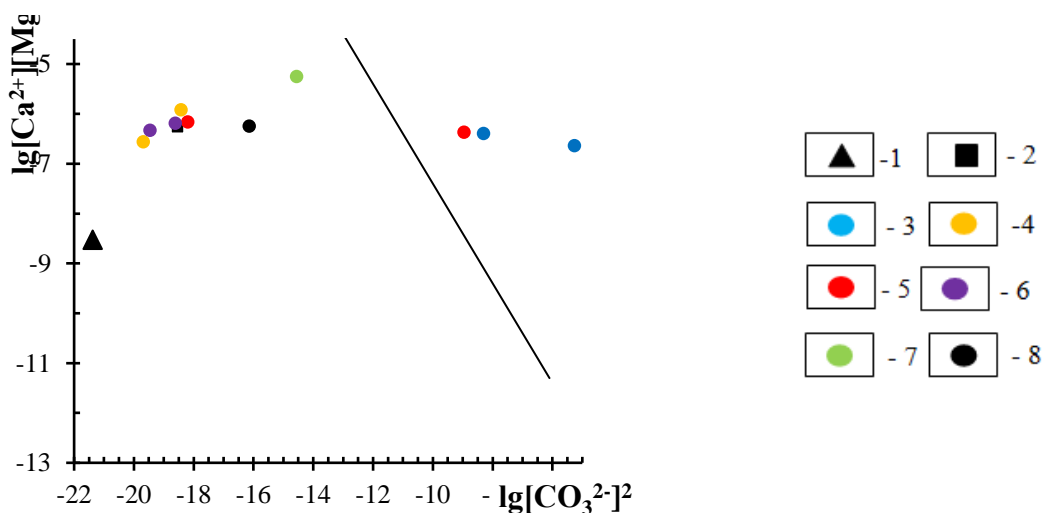


Рисунок 42 – Диаграмма равновесия с доломитом при 25 °С с нанесением данных о составе проб воды р. Ямуна:

1 – атмосферные осадки Индии; 2 – среднее значение по 10 пробам; 3 – Шьям Гхат; 4 – Ямуна Гхат; 5 – Ямуна Гхат II; 6 – ИТО; 7 – Низамуддине; 8 – Плотина Охла

Видно, что часть точек, в среднем по 10 пробам и атмосферным осадкам, находится в зоне недонасыщенности речной воды доломитом, хотя пробы воды из Шьям-Гхат (А1) и Ямуна-Гхат II (А3), как и на примере с кальцитом, расположены в области пересыщения доломитом. Максимально удалена и соответственно более пересыщена доломитом является вода из Низамудина (А5).

Магнезит. На рис. 43 видно, что воды р. Ямуна в районе Шьям Гхат (точка А1), Ямуна-Гхат II (А3) и Низамудина (А5) достигают равновесия к магнезиту, в то время как на остальных исследуемых участках реки такого равновесия не наблюдается.

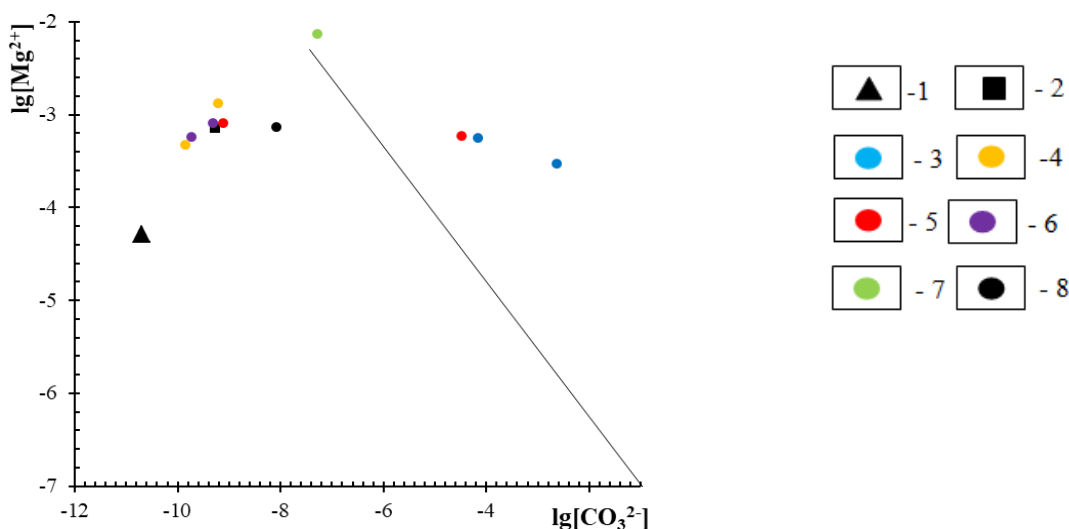


Рисунок 43 – Диаграмма равновесия с карбонатом магния при 25 °С с нанесением данных о составе проб воды р. Ямуна:

- 1 – атмосферные осадки Индии; 2 – среднее значение по 10 пробам; 3 – Шьям Гхат; 4 – Ямуна Гхат; 5 – Ямуна Гхат II; 6 – ИТО; 7 – Низамуддине; 8 – Плотина Охла

Сидерит. Исходя из результатов расчета, можно утверждать, что в некоторых точках отбора проб созданы все условия для образованием вторичных карбонатных минералов, не только таких, как кальцит, доломит, магнезит, но и сидерит. Образование вторичного сидерита возможно за счет щелочной среды и высоких концентраций железа, которые, как было указано автором ранее, наблюдаются в водах в районе Шьям Гхат и Ямуна Гхат. Особенно интересно заметить, что проба воды из р. Ямуна, взятая в районе Низамудина (обозначенная как образец А5), находится в около равновесном состоянии с сидеритом. Содержание железа (Fe) в этом образце при этом составляет 0,25 мг/л.

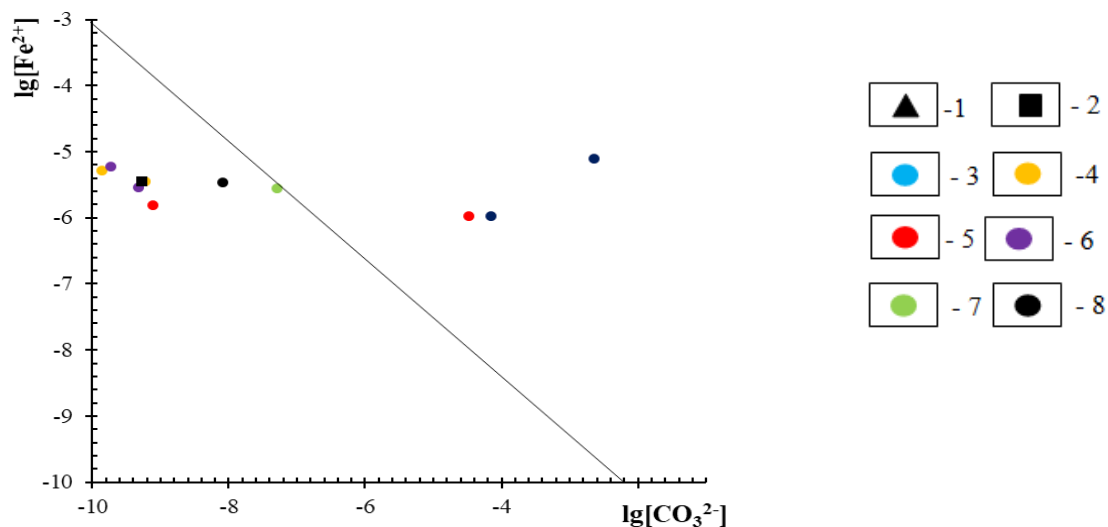


Рисунок 44 – Диаграмма равновесия с сидеритом при 25 °С с нанесением данных о составе проб воды реки Ямуна:

1 – атмосферные осадки Индии; 2 – среднее значение по 10 пробам; 3 – Шьям Гхат; 4 – Ямуна Гхат; 5 – Ямуна Гхат II; 6 – ИТО; 7 – Низамуддине; 8 – Плотина Охла

Таким образом, полученные результаты показывают наличие частичного равновесия с вторичными карбонатными минералами в некоторых точках опробования р.Ямуна, такими как кальцит, доломит, магнезит и сидерит, что указывает на техногенно-измененное состояние речных вод по сравнению с местными атмосферными осадками. В этих точках опробования возможно наблюдать образование вторичных минеральных фаз в виде твердых отложений. Если оценивать значения усредненного состава реки исследуемого участка р.Ямуна, то равновесия по перечню вышеуказанных карбонатных минералов не наблюдается.

Равновесие воды с алюмосиликатами на первых этапах ее образования подробно изучалось Я.Х. Фет и др. (1964) на примере ультрапресных вод гранитного массива Сьерра-Невада. Они показали, что уже на ранних этапах своего формирования подземные воды, образующиеся при таянии снежников и питаемые атмосферными осадками, насыщены по отношению к каолиниту, реже гидрослюде и монтмориллониту [41].

Установлено, что уже на ранних стадиях взаимодействия воды с минералами горных пород происходит синтез вторичных продуктов и, соответственно, накопление химических элементов в водах не может быть пропорционально составу горных пород.

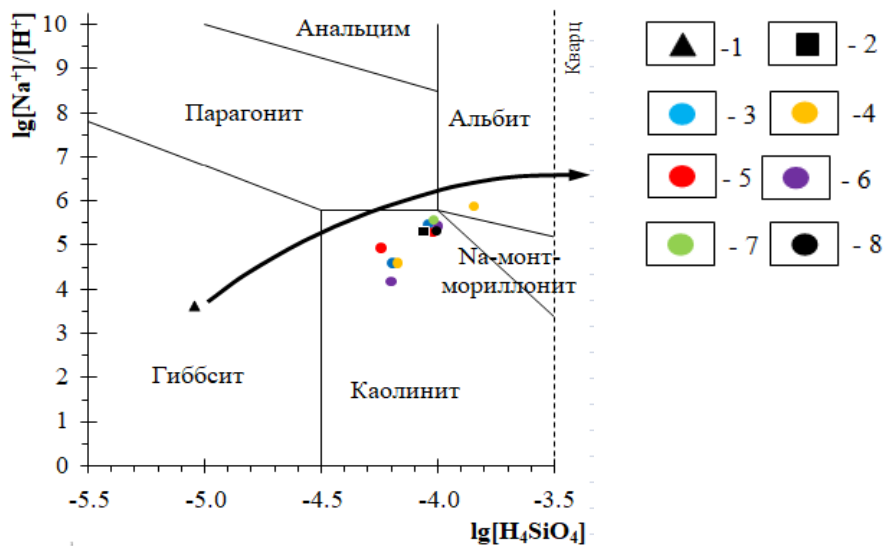


Рисунок 45 – Диаграмма равновесия воды с алюмосиликатами 25 °С с нанесением данных о составе проб воды реки Ямуна:

1 – атмосферные осадки Индии; 2 – среднее значение по 10 пробам; 3 – Шьям Гхат; 4 – Ямуна Гхат; 5 – Ямуна Гхат II; 6 – ИТО; 7 – Низамуддине; 8 – Плотина Охла

Равновесно-неравновесное состояние системы речная вода-алюмосиликатные минералы хорошо видна на рис. 45, где установлено равновесие речных вод р. Ямуна в г.Дели с каолинитом и даже альбитом (вода в районе Ямуна Гхат, где воды являются слабосолеными), что, как правило, не свойственно для поверхностных пресных вод водотоков. В то же время воды р.Ямуны во всех точках пробоотбора не находятся в равновесии с эндогенными первичными алюмосиликатами (такими как анортит, парагонит, анальцим).

В контексте исследования примечательно, что распределение точек состава на диаграмме отражает динамический характер водно-алюмосиликатной системы. Наличие неравновесных состояний свидетельствует о продолжающихся взаимодействиях и процессах внутри системы, где существенную роль играют такие факторы, как химический состав воды и условия окружающей среды. Необходимы дальнейшие исследования для более глубокого понимания равновесного и неравновесного поведения водно-алюмосиликатной системы и его последствий для экосистемы р. Ямуна.

5.2 Антропогенно-техногенная нагрузка на объект исследования

Исзуемая территория является индикатором неправильной и расточительной деятельности человека. По всей длине реки в г.Дели расположено большое количество земель сельскохозяйственного назначения, культурной деятельности, угольная электростанция, заповедный лес, свалки твердых бытовых отходов и строительные площадки и мусорщики.

Большое количество построенных мостов через реку через город, мостомосты и железнодорожные мосты.

Половина прибрежной зоны представляет собой почти полностью застроенную территорию с остатками поймы. Также были отмечены домашний скот, приют для животных, открытая прачечная, детские площадки, открытая дефекация, захоронение пластика и заправочные станции. Несмотря на неудовлетворительное состояние прибрежной зоны, долина реки является излюбленным местом для прогулок и отдыха людей.

В рамках проводимого исследования на р. Ямуна, некоторых незаконных населенных пунктах и организациях, расположенных в прибрежной зоне, незаконном разделении сточных вод на открытых площадках, незаконном сбросе сточных вод автотранспортом, стройками, гаражами и автосервисами, а также неизвестными источниками загрязнения, также были замечены такие «незаконные канализационные трубы».

Рассмотрев показания химического анализа вод и характер антропогенной и техногенной нагрузки, было отмечено, что основными загрязнителями воды р. Ямуна являются ливневые стоки, самовольно сбрасываемые в водохранилище сточные воды, бытовые сточные воды, строительные отходы, неочищенные сточные воды, бытовые отходы, открытый дренаж, незавершенное строительство, открытые сточные воды прачечных, твердые бытовые отходы, отходы авторемонта, отходы открытой дефекации, биологические загрязнители (фекалии человека, экскременты животных). Сброс сточных вод из специальных резервуаров и отдельных источников загрязнения от людей и домашних животных.

Таким образом, резюмируя все вышеизложенное в данной главе, можно сделать следующие выводы. Результаты расчетов показали, что содержание кальция, магния, железа в сочетании с щелочными условиями при повышенных значениях рН на некоторых участках р. Ямуна в г.Дели таково, что воды могут достигать равновесия с рядом карбонатных минералов, таких как кальцит, доломит, магнезит и сидерит. Наличие различных равновесно-неравновесных состояний в разных образцах воды подчеркивает важность дальнейших исследований взаимодействия р. Ямуна с минеральными составляющими. Динамическая природа системы вода-алюмосиликаты очевидна и указывает на продолжающееся взаимодействие и процессы, на которые влияют состав воды и условия окружающей среды, создаваемые деятельностью человека. Необходимы дальнейшие исследования, чтобы углубить наше понимание равновесного и неравновесного поведения системы вода-алюмосиликат и его последствий для экосистемы р. Ямуна.

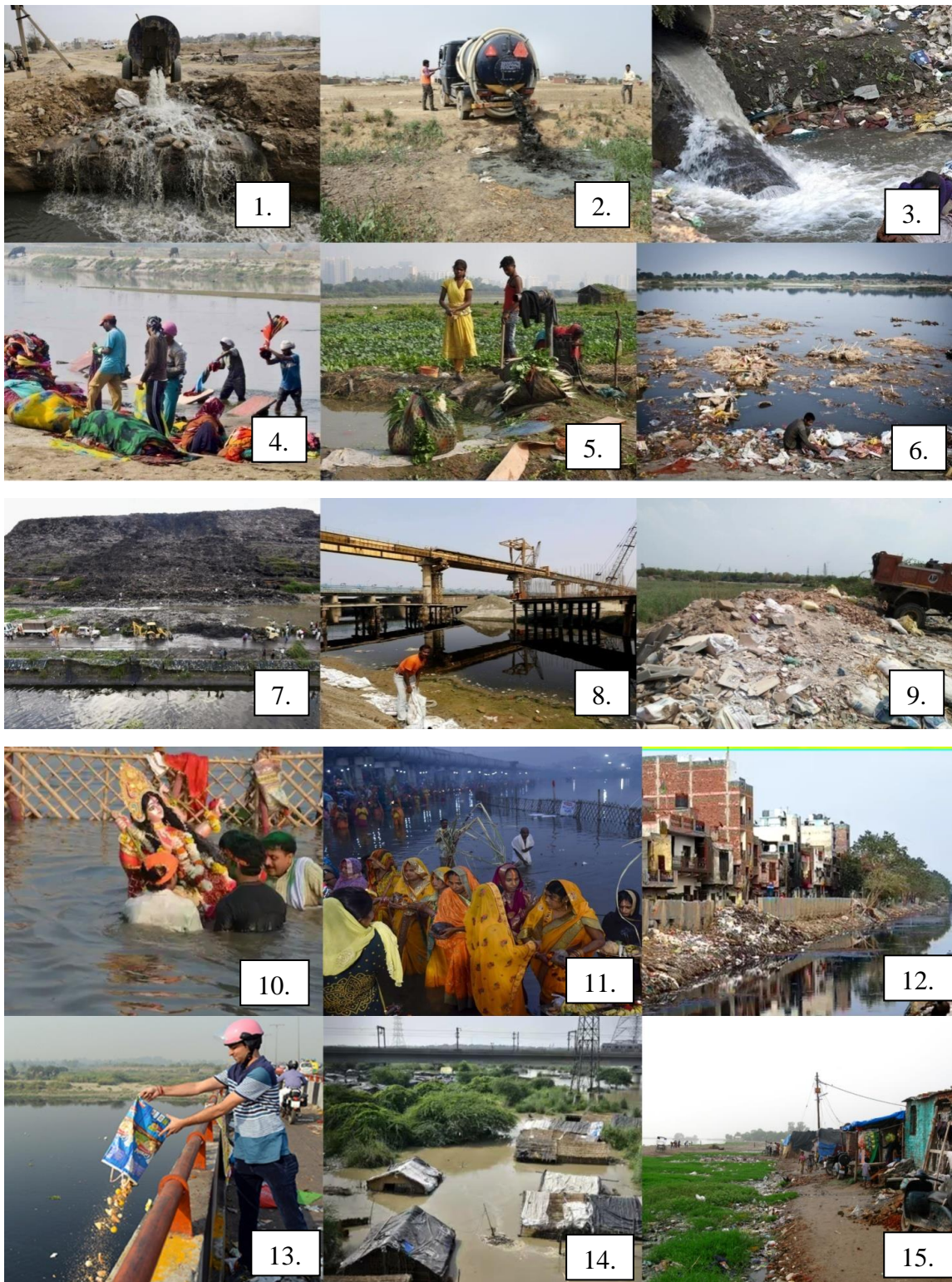


Рисунок 46 – Изображения антропогенно-техногенной нагрузки на р. Ямуна в Дели, где 1 и 2 – Сброс сточных вод из септикотенка автотранспортом, 3 – Сточные воды, 4 – Открытая прачечная на берегу реки, 5 – Сельское хозяйство, 6 – Пластиковые отходы на берегу реки, 7 – Свалка новой реки, 8 – Строительная площадка, 9 – Строительные отходы и мусор, 10 и 11 – Культурная деятельность, 12 – Открытый дренаж, 13 – Сбрасывание отходов в реку с моста, 14 – Неизвестные хижины, затопленные во время паводка у берега реки, 15 – Незаконные поселения. (Фотографии взяты с новостного сайта, СМИ и интернет-источников, таких как *timeofindia.com*, *Hindustan.times*, *downtoearth.com*, *Firstpost.com* и т. д.)

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
2ВМ12	Ядав Бхупендер

Школа	ИШПР	Отделение	Отделение геологии
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	20.04.02 Природообустройство и водопользование

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:	
Район исследования составляет 22 км от Дели, где река Ямуна впадает в город и заканчивается, Ямуна - вторая загрязненная река в Индии.	Работа с научной литературой, представленной в России, Индии и зарубежных научных изданиях, аналитических материалах, Годовых отчетах Министерства окружающей среды Индии.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив разработки проекта с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Проведение предпроектного анализа. Определение целевого рынка и проведение его сегментирования. Выполнение SWOT-анализа проекта
2. Планирование и формирование бюджета разработки	Определение целей и ожиданий, требований проекта. Определение бюджета научного исследования
3. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности разработки	Проведение оценки экономической эффективности, ресурсоэффективности и сравнительной эффективности различных вариантов исполнения
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):	
1. Оценка конкурентоспособности технических решений 2. Матрица SWOT 3. График проведения и бюджет проекта 4. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности разработки	

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	01.03.2023
---	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Рыжакина Татьяна Гавриловна	Кандидат экономических наук		01.03.2023

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ВМ12	Ядав Бхупендер		15.05.2023

6. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

В настоящее время перспективность научного исследования определяется не столько масштабом открытия, оценить которое на первых этапах жизненного цикла высокотехнологического и ресурсоэффективного продукта бывает достаточно трудно, сколько коммерческой ценностью разработки. Оценка коммерческой ценности разработки является необходимым условием при поиске источников финансирования для проведения научного исследования и коммерциализации его результатов.

Целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является определение перспективности и успешности научно-технического исследования, оценка его эффективности, уровня возможных рисков, разработка механизма управления и сопровождения конкретных проектных решений на этапе реализации.

Для достижения обозначенной цели необходимо решить следующие задачи:

- организовать работы по научному исследованию;
- осуществить планирование этапов выполнения исследования;
- оценить коммерческий потенциал и перспективность проведения научного исследования;
- рассчитать бюджет проводимого научно-технического исследования;
- произвести оценку социальной и экономической эффективности исследования.

В качестве объекта детального изучения выступает р. Ямуна в г. Дели, Индия. Основной целью работы является оценка эколого-геохимического состояния реки в черте города. В результате исследования дана оценка физико-географическим условиям региона и химическому составу воды р. Ямуна (г. Дели). Район исследования охватывает 22-километровый участок р. Ямуна, которая протекает через г. Дели, впадает в плотину Вазирабад и вытекает из плотины Охла.

В ходе работы были выявлены основные источники загрязнения и основные загрязняющие компоненты реки проведена оценка экологического состояния акватории.

6.1 Предпроектный анализ

6.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Для анализа потребителей результатов исследования необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование.

- В данном проекте сегментами рынка являются;

- Департамент природных ресурсов и охраны окружающей среды республики Хакасия;
- Коммунальные предприятия, занимающиеся водоснабжением;
- Научно-исследовательские организации, университеты;
- Граждане.

6.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения.

В данном научном исследовании анализируется влияние геологического строения на природные объекты, главным образом ищутся аномалии золота и сопутствующих элементов в объектах исследования.

В таблице 6.1 представлена оценка конкурентов, где F–проект в разработке, k1 – исследование, проведенное инженером-экологом научно-исследовательского института, k2 – исследование, проведенное организацией Центрального совета по контролю за загрязнением окружающей среды (СРСВ, Государственная организация).

Таблица 6.1 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок).

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Повышение производительности	0,14	5	3	4	0,7	0,42	0,56
2. Точность	0,18	4	4	4	0,72	0,72	0,72
3. Скорость	0,15	5	4	3	0,75	0,6	0,45
4. Технологичность	0,15	4	4	4	0,6	0,6	0,6
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	0,12	5	4	4	0,6	0,48	0,48
2. Цена	0,14	5	3	2	0,7	0,42	0,28
3. Время	0,12	4	5	3	0,48	0,6	0,36
Итого	1	32	27	24	4,55	3,84	3,45

Критерии оценки подбираются, исходя из выбранных объектов сравнения с учетом их технических и экономических особенностей разработки, создания и эксплуатации.

Вес показателей в сумме должны составлять 1. Позиция разработки и конкурентов оценивается по каждому показателю по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum V_i \cdot B_i$$

где: K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

V_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i-го показателя.

Основываясь на проведенном анализе конкурентов, можно сказать, что проект превосходит конкурентные исследования, что связано с ценой, производительностью, а также скоростью разрабатываемого проекта. Однако уязвимость разрабатываемого проекта в том, что требуется больше времени на его выполнение.

6.1.3 SWOT-анализ

SWOT – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта (таблица 6.2). Применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта. Анализ проводится в 3 этапа.

Первый этап заключается в описании сильных и слабых сторон проекта, в выявлении возможностей и угроз для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде.

Таблица 6.2 – Матрица SWOT-анализа

<p>Сильные стороны С1. Низкая цена проекта С2. Достаточно высокая точность результатов С3. Распространённость и доступность объектов исследования С4. Экологичность проведенных исследований</p>	<p>Слабые стороны Сл1. Привезти образцы в чужой стране территории для исследования, Сл2. Погрешность методов анализа Сл3. Для реализации исследования необходимо привлечение большого массива информации</p>
<p>Возможности В1 Использование работы для информирования людей В2 Появление дополнительного спроса на исследования В3 Использование возможности по привлечению молодых специалистов</p>	<p>Угрозы У1. Обрушение берегов из-за эрозии; У2. Загрязнение воды химическими, биологическими и механическими загрязнителями, У3. Получение разрешения от правительства Индии</p>

Второй этап состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды.

Интерактивная матрица проекта представлена в табл. 6.3. Каждый фактор помечается либо знаком «+» (означает сильное соответствие сильных сторон возможностям), либо знаком «-» (что означает слабое соответствие); «0» – если есть сомнения в том, что поставить «+» или «-».

Таблица 6.3 – Интерактивная матрица проекта

	Сильные стороны проекта					
Возможности проекта		C1.	C2.	C3.	C4.	C5.
	B1.	+	+	+	+	0
	B2.	+	+	+	0	+

	Слабые стороны проекта			
Возможности проекта		Сл1.	Сл2.	Сл3.
	B1.	-	-	+
	B2.	0	-	+

	Сильные стороны проекта					
Угрозы		C1.	C2.	C3.	C4.	C5.
	У1.	+	+	+	-	0
	У2.	-	-	-	-	-

	Слабые стороны проекта			
Угрозы		Сл1.	Сл2.	Сл3.
	У1.	-	-	-
	У2.	+	0	+

В рамках *третьего этапа* должна быть составлена итоговая матрица SWOT-анализа (табл.6.4).

Таблица 6.4 –SWOT-анализ

	Сильные стороны	Слабые стороны
	С1. Низкая цена проекта С2. Достаточно высокая точность результатов С3. Распространённость и доступность объектов исследования С4. Экологичность проведенных исследований	Сл1. Привезти образцы в чужой стране территории для исследования, Сл2. Погрешность методов анализа Сл3. Для реализации исследования необходимо привлечение большого массива информации
Возможности В1. Использование работы для информирования людей В2. Появление дополнительного спроса на исследования В3. Использование возможности по привлечению молодых специалистов	Введение метода в вузы для обучения; Быстрое продвижение исследования в связи с преимуществами данного исследования; Дополнительный спрос может появиться за счет	Проверка результатов, отправлять пробы на внешний и внутренний контроль.

	универсальности исследования.	
Угрозы У1. Обрушение берегов из-за эрозии; У2. Загрязнение воды химическими, биологическими и механическими загрязнителями; У3. Получение разрешения от правительства Индии	Создание конкурентоспособного проекта.	Из-за относительной длительности анализа могут возникнуть проблемы с продвижением данного исследования.

6.1.4 Оценка готовности проекта к коммерциализации

На какой бы стадии жизненного цикла не находилась научная разработка полезно оценить степень ее готовности к коммерциализации и выяснить уровень собственных знаний для ее проведения (или завершения). Для этого заполнена специальная форма, содержащая показатели о степени проработанности проекта с позиции коммерциализации и компетенциям разработчика научного проекта (табл. 6.5).

При проведении анализа по таблице, по каждому показателю ставится оценка по пятибалльной шкале. При оценке степени проработанности научного проекта 1 балл означает не проработанность проекта, 2 балла – слабую проработанность, 3 балла – выполнено, но в качестве не уверен, 4 балла – выполнено качественно, 5 баллов – имеется положительное заключение независимого эксперта. Для оценки уровня имеющихся знаний у разработчика система баллов принимает следующий вид: 1 означает не знаком или мало знаю, 2 – в объеме теоретических знаний, 3 – знаю теорию и практические примеры применения, 4 – знаю теорию и самостоятельно выполняю, 5 – знаю теорию, выполняю и могу консультировать.

Таблица 6.5 – Оценка степени готовности проекта к коммерциализации

№ п/п	Наименование	Степень проработанности научного проекта	Уровень имеющихся знаний у разработчика
1.	Определен имеющийся научно-технический задел	5	5
2.	Определены перспективные направления коммерциализации научно-технического задела	4	4
3.	Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке	4	4
4.	Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок	4	4

5.	Определены авторы и осуществлена охрана их прав	5	5
6.	Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	5	5
7.	Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	3	3
8.	Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	2	2
9.	Определены пути продвижения научной разработки на рынок	3	3
10.	Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	5	5
11.	Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	2	2
12.	Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	5	5
13.	Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	5	4
14.	Имеется команда для коммерциализации научной разработки	4	3
15.	Проработан механизм реализации научного проекта	5	5
	ИТОГО БАЛЛОВ	61	59

Оценка готовности научного проекта к коммерциализации (или уровень имеющихся знаний у разработчика) определяется по формуле:

$$B_{\text{сум}} = \sum B_i$$

где: $B_{\text{сум}}$ – суммарное количество баллов по каждому направлению;

B_i – балл по i -му показателю.

Значение $B_{\text{сум}}$ позволяет говорить о мере готовности научной разработки и ее разработчика к коммерциализации. В итоге получилось, что разработка является перспективной, а уровень имеющихся знаний у разработчика выше среднего.

По результатам оценки выделяются слабые стороны исследования, дальнейшего улучшения необходимо провести маркетинговые исследования рынков сбыта, разработать бизнес-план коммерциализации научной разработки и проработать вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок.

6.1.5 Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования

Для коммерциализации результатов, проведенного исследования будут использоваться следующие методы: инжиниринг и передача интеллектуальной собственности.

Инжиниринг будет предполагать предоставление на основе договора инжиниринга одной стороной, именуемой консультантом, другой стороне, именуемой заказчиком, комплекса или отдельных видов инженерно-технических услуг, связанных с проектированием, строительством и вводом объекта в эксплуатацию, с разработкой новых технологических процессов на предприятии заказчика.

Передача интеллектуальной собственности будет производиться в уставной капитал предприятия или государства.

Данные методы коммерциализации будут наиболее продуктивными в отношении данного проекта.

6.2 Инициация проекта

Группа процессов инициации состоит из процессов, которые выполняются для определения нового проекта или новой фазы существующего. В рамках процессов инициации определяются изначальные цели и содержание и фиксируются изначальные финансовые ресурсы. Определяются внутренние и внешние заинтересованные стороны проекта, которые будут взаимодействовать и влиять на общий результат научного проекта. Данная информация закрепляется в Уставе проекта (табл.6.6).

Таблица 6.6 – Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
НИ ТПУ	Выпуск высококвалифицированных специалистов

В табл.6.7 представлена иерархия целей проекта и критерии достижения целей.

Таблица 6.7 – Цели и результат проекта

Цели проекта:	Изучение распределения химических элементов в природных объектах в контексте необходимости анализа геологического строения территорий при эколого-геохимических исследованиях
Ожидаемые результаты проекта:	Нахождение аномалий золота и сопутствующих элементов в природных объектах
Критерии приемки результата проекта:	Найти в природных объектах золото и сопутствующие элементы, подкрепляя доказательствами
Требования к результату проекта:	Требование:
	Отбор проб реки Ямуна в районе Дели и транспортировка в Томскую область для проведения лабораторно-аналитических исследований;
	Подготовить пробы для анализа в лаборатории, отдать пробы на анализ;
	Провести обработку полученных данных; Выявить факторы, влияющие на химический состав реки Ямуна.

В табл. 6.8 представлена организационная структура проекта (роль каждого участника, их функции, трудозатраты).

Таблица 6.8 – Рабочая группа проекта

№ п/п	ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции	Трудозатраты, час
1,	Токаренко О.Г., НИ ТПУ, доцент ОГ ИШПР	Руководитель проекта	Консультирование, координация деятельности, определение задач, контроль выполнения	600
2,	Ядав Бхупендер магистрант ОГ ИШПР	Исполнитель по проекту	Анализ литературных источников, отбор проб, пробоподготовка, анализ лабораторных данных, написание работы	4320
ИТОГО:				4920

Ограничения проекта – это все факторы, которые могут послужить ограничением степени свободы участников команды проекта, а также «границы проекта» – параметры проекта или его продукта, которые не будут реализованных в рамках данного проекта (табл. 6.9).

Таблица 6.9 – Ограничения проекта

Фактор	Ограничения/ допущения
3.1. Бюджет проекта	956 615,65руб.
3.1.1. Источник финансирования	НИ ТПУ
3.2. Сроки проекта:	01.09.2021-31.05.2023
3.2.1. Дата утверждения плана управления проектом	15.09.2021
3.2.2. Дата завершения проекта	31.05.2023

6.3 Планирование управления научно-техническим проектом

Группа процессов планирования состоит из процессов, осуществляемых для определения общего содержания работ, уточнения целей и разработки последовательности действий, требуемых для достижения данных целей.

План управления научным проектом должен включать в себя следующие элементы:

- иерархическая структура работ проекта;
- контрольные события проекта;
- план проекта;
- бюджет научного исследования.

6.3.1 Иерархическая структура работ проекта

Иерархическая структура работ (ИСР) – детализация укрупненной структуры работ. В процессе создания ИСР структурируется и определяется содержание всего проекта (рис. 6.1).



Рисунок 6.1 – Иерархическая структура работ

6.3.2 План проект

В рамках планирования научного проекта построены календарный график проекта (табл. 6.10 и 6.11).

Таблица 6.10 – Календарный план проекта

Название	Длительность, дни	Дата начала работ	Дата окончания работ	Состав участников
Утверждение темы магистерской диссертации	66	16,11,21	21,01,22	Токаренко О.Г., Ядав Б.
Согласование плана работ	7	07,02,22	14,02,22	Токаренко О.Г., Ядав Б.
Литературный обзор	85	15,05,22	08,08,22	Ядав Б,
Обработка полученных данных и обсуждение результатов	304	19,03,22	17,01,23	Токаренко О.Г., Ядав Б.
Написание отчета	119	01,02,20	31,05,23	Ядав Б.
Итого:	581			

Таблица 6.11 – Календарный план график проведения НИОКР по теме

Наименование этапа	Т, дней	2021		2022												2023				
		Ноябрь	Декабрь	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май
Утверждение темы магистерской диссертации	66	■	▨																	
Согласование плана работ	7				■															
Литературный обзор	85							▨	▨	▨										
Обработка полученных данных и обсуждение результатов	304						▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨					
Написание отчета	119																▨	▨	▨	▨



- Токаренко О.Г. и Ядав Б.



- Ядав Б.

6.4 Бюджет научного исследования

При планировании бюджета научного исследования должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов планируемых расходов, необходимых для его выполнения. В процессе формирования бюджета, планируемые затраты сгруппированы по статьям. В данном исследовании выделены следующие статьи:

1. Сырье, материалы, покупные изделия и полуфабрикаты;
2. Специальное оборудование для научных работ;
3. Заработная плата;
4. Отчисления на социальные нужды;
5. Научные и производственные командировки;
6. Оплата работ, выполняемых сторонними организациями и предприятиями;
7. Накладные расходы.

Сырье, материалы, покупные изделия и полуфабрикаты (за вычетом отходов). В эту статью включаются затраты на приобретение всех видов материалов, комплектующих изделий и полуфабрикатов, необходимых для выполнения работ по данной теме (табл. 6.12).

Таблица 6.12 – Расчет затрат по статье «Сырье и материалы»

Наименование	Количество, шт	Цена за единицу, руб,	Сумма, руб,
Тетрадь	2	40,0	80,0
Ручка шариковая	3	31,0	93,0
Ластик	2	20	40,0
Печать	150	2	300,0
Крафт-пакеты	16	8	128
Плата за багаж	2 раз	3500	7000
Бутылки полиэтиленовая	16	10	160
потраченные деньги при сборе образцов	2 раз	1000	2000
Всего за материалы	9801		
Транспортно-заготовительные расходы (5%)			490,05
Итого по статье			10291,05

Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ. В данную статью включены все затраты, связанные с приобретением специального оборудования, необходимого для проведения работ по теме НИР (табл. 6.13).

Таблица 6.13 – Расчет затрат по статье «Спецоборудование для научных работ»

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования, руб,	Общая стоимость оборудования, руб,
1	Компьютер (lenovo)	1	30000,0	30000,0
2	Программное обеспечение Microsoft Office	1	5990,0	5990,0
3	ArcGIS	1	5000,0	5000,0
4	hydroGEO	1	2000,0	2000,0
Итого, руб.:				42990

Расчет основной заработной платы. В настоящую статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, рабочих макетных мастерских и опытных производств, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы оплаты труда. Расчет основной заработной платы сводится в таблице 6.14.

$$C_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}$$

где $Z_{осн}$ – основная заработная плата;

$Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата

Основная заработная плата ($Z_{осн}$) руководителя (лаборанта, инженера) от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_{раб}$$

где $Z_{осн}$ – основная заработная плата одного работника;

$T_{раб}$ – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб.дн.;

$Z_{дн}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d}$$

где: Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

при отпуске в 24 раб.дня $M = 11,2$ месяца, 5-дневная неделя;

при отпуске в 48 раб.дней $M = 10,4$ месяца, 6-дневная неделя;

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб.дн.

Расчет заработной платы научно – производственного и прочего персонала проекта проводили с учетом работы 2-х человек – научного руководителя и исполнителя. Баланс рабочего времени исполнителей представлен в табл. 6.14.

Таблица 6.14 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Магистрант
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней	99	99
- выходные дни	14	14
- праздничные дни		
Потери рабочего времени	24	24
- отпуск	14	14
- невыходы по болезни		
Действительный годовой фонд рабочего времени	212	212

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_b * (k_{пр} + k_d) * k_p, \text{ где}$$

Z_b – базовый оклад, руб.;

$k_{пр}$ – премиальный коэффициент (определяется Положением об оплате труда);

k_d – коэффициент доплат и надбавок;

k_p – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

При расчете заработной платы научно-производственного и прочего персонала проекта учитывались месячные должностные оклады работников, которые рассчитывались по формуле:

$$Z_m = Z_b * K_p, \text{ где}$$

Z_b – базовый оклад, руб.;

K_p – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Согласно информации сайта Томского политехнического университета, должностной оклад (ППС) доцента кандидата наук в 2020 году без учета РК составил 33664 руб., поскольку руководитель работает на 0,5 ставки, то оклад равен 16832. Расчет основной заработной платы приведен в табл. 6.15.

Таблица 6.15 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	З _б , руб,	k _{пр}	k _д	k _р	З _м , руб	З _{дн} , руб,	T _р , раб, дн,	З _{осн} , руб,
Руководитель	42000	1	0,02	1,3	55690,2	1830,9	212	388150,8
Магистрант	3500	-	-	1,3	4550	149,60	212	31715,2

Дополнительная заработная плата научно-производственного персонала. В данную статью включается сумма выплат, предусмотренных законодательством о труде, например, оплата очередных и дополнительных отпусков; оплата времени, связанного с выполнением государственных и общественных обязанностей; выплата вознаграждения за выслугу лет и т.п. (в среднем – 12 % от суммы основной заработной платы).

Дополнительная заработная плата рассчитывается исходя из 10-15% от основной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнении темы:

$$Z_{\text{доп}} = Z_{\text{осн}} * k_{\text{доп}}, \text{ где}$$

Z_{доп} – дополнительная заработная плата, руб.;

k_{доп} – коэффициент дополнительной зарплаты;

Z_{осн} – основная заработная плата, руб.

В табл. 6.16 приведена форма расчёта основной и дополнительной заработной платы.

Таблица 6.16 – Заработная плата исполнителей НТИ

Заработная плата	Руководитель	Магистрант
Основная зарплата	388150,8	31715,2
Дополнительная зарплата	38815	3171,5
Итого по статье С _{зп}	426965,8	34886,7

Отчисления на социальные нужды. Статья включает в себя отчисления во внебюджетные фонды.

$$C_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} * (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \text{ где}$$

k_{внеб} – коэффициент отчисления на уплату во внебюджетные фонды.

На 2014 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений, осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2014 году водится пониженная ставка – 27,1%. Стипендиальные выплаты студентам, магистрам и аспирантам не облагаются налогом.

Отчисления на социальные нужды составляют:

Руководитель $C_{\text{внеб}} = 0,3 * (388150,8 + 38815) = 128\ 089,74$ рублей

Магистрант $C_{\text{внеб}} = 0,3 * (31715,2 + 3171,5) = 10\ 466$ рублей

Научные и производственные командировки. В эту статью включаются расходы по командировкам научного и производственного персонала, связанного с непосредственным выполнением конкретного проекта, величина которых принимается в размере 10% от основной и дополнительной заработной платы всего персонала, занятого на выполнении данной темы.

Затраты на научные и производственные командировки составляют;

Стоимость самолета для перелета в Индию (Дели), в Россию (Томск) за 2 раза = $35000 \cdot 2 = 70\ 000$ руб,

1-я поездка в феврале 2022 г

2-я поездка в ноябре 2022 г

Оплата работ, выполняемых сторонними организациями и предприятиями.

Сторонней организацией был выполнен анализ проб методом масс спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (ИСП-МС), который выполняется в Химико-аналитическом центре «Плазма» г. Томск. Расчет затрат на подрядные работы представлен в табл. 6.17.

Таблица 6.17 - Расчет затрат на подрядные работы

Метод анализа	Количество проб	Стоимость, руб	Итого, руб
Масс-спектрометрия с индуктивной связанной плазмой	10	2500	25000

На эту статью расходов также в данном проекте относится также использование Internet. Величина этих расходов определялась по договорным условиям и составляет 2100 руб.

Итого на оплату работ выходит 27100 руб.

Накладные расходы. Расчет накладных расходов провели по следующей формуле:

$$C_{накл} = k_{накл} \cdot (Z_{осн} + Z_{доп}) = 0,8 \cdot (274977,8 + 30797,8) = 369\ 482$$

где $K_{накл}$ – коэффициент накладных расходов принят 0,8.

Таким образом, затраты проекта составляет 956615,65 которые приведены в табл. 6.18.

Таблица 6.18 – Затраты научно-исследовательской работы

Вид исследования	Затраты по статьям									
	Сырье, материалы (за вычетом возвратных отходов), покупные изделия и полуфабрикаты	Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	Основная заработная плата	Доп-ая заработная плата	Отчисления на социальные нужды	Научные и производственные командировки	Оплата работ, выполняемых сторонними организациями и предприятиями	Прочие прямые расходы	Накладные расходы	Итого плановая себестоимость
Данное исследование	10291,05	42990	419866	41986,6	128089,74	70 000	-	2000	369 482	<u>956 615,65</u>

4.Операционные затраты, руб.=сырье+амортизация+ЗП (осн+доп)+соц.отч.+науч.ком+контр.расх+накл.расх=35%*бюджета

=Аг=Сперв.*На/100=Сперв.*0,1

6.4.1 Организационная структура проекта

Данный проект представлен в виде проектной организационной структуры. Проектная организационная структура проекта представлена на рис. 6.2.

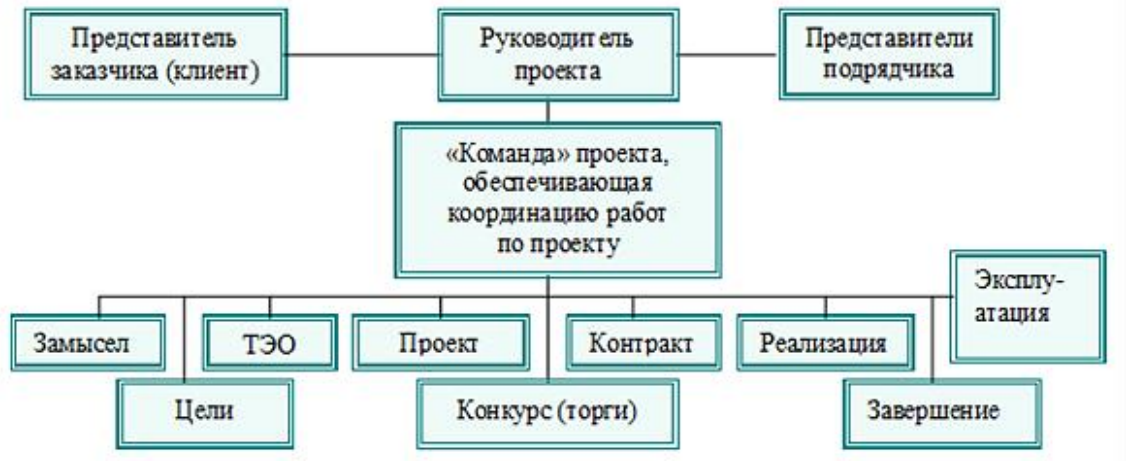


Рисунок 6.2 – Проектная структура проекта

6.4.2 План управления коммуникациями проекта

План управления коммуникациями отражает требования к коммуникациям со стороны участников проекта (табл. 6.19).

Таблица 6.19 – План управления коммуникациями

№ п/п	Какая информация передается	Кто передает информацию	Кому передается информация	Когда передает информацию
1.	Статус проекта	Исполнитель	Руководителю	Еженедельно (понедельник)
2.	Обмен информацией о текущем состоянии проекта	Исполнитель	Руководителю	Ежемесячно (конец месяца)
3.	Документы и информация по проекту	Исполнитель	Руководителю	Не позже сроков графиков и к. точек
4.	О выполнении контрольной точки	Исполнитель	Руководителю	Не позже дня контрольного события по плану управления

6.4.3 Реестр рисков проекта

Идентифицированные риски проекта включают в себя возможные неопределенные события, которые могут возникнуть в проекте и вызвать последствия, которые повлекут за собой нежелательные эффекты.

Информация по возможным рискам сведена в табл. 6.20.

Таблица 6.20 – Реестр рисков

№	Риск	Вероятность наступления	Влияние риска	Уровень риска	Способы смягчения риска	Условия наступления
1	Неточность метода анализа	2	5	Низкий	Внешний и внутренние анализы	Низкая точность метода анализа
2	Погрешность расчетов	3	5	Средний	Пересчет, проверка	Невнимательность
3	Отсутствие интереса к результатам исследования	2	5	Низкий	Привлечение предприятий, публикация результатов	Отсутствие результатов исследования

6.5 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности

6.5.1 Оценка абсолютной эффективности исследования

В основе проектного подхода к инвестиционной деятельности предприятия лежит принцип денежных потоков. Особенностью является его прогнозный и долгосрочный характер, поэтому в применяемом подходе к анализу учитываются фактор времени и фактор риска. Для оценки общей экономической эффективности используются следующие основные показатели:

- чистая текущая стоимость (NPV);
- индекс доходности (PI);
- внутренняя ставка доходности (IRR);
- срок окупаемости (DPP).

Чистая текущая стоимость (NPV) – это показатель экономической эффективности инвестиционного проекта, который рассчитывается путём дисконтирования (приведения к текущей стоимости, т.е. на момент инвестирования) ожидаемых денежных потоков (как доходов, так и расходов).

Расчёт NPV осуществляется по следующей формуле:

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{ЧДП_{опt}}{(1+i)^t} - I_0$$

где: $ЧДП_{опt}$ – чистые денежные поступления от операционной деятельности;

I_0 – разовые инвестиции, осуществляемые в нулевом году;

t – номер шага расчета ($t= 0, 1, 2 \dots n$)

n – горизонт расчета;

i – ставка дисконтирования (желаемый уровень доходности инвестируемых средств).

Расчёт NPV позволяет судить о целесообразности инвестирования денежных средств. Если $NPV > 0$, то проект оказывается эффективным.

Расчет чистой текущей стоимости представлен в таблице 6.21. При расчете рентабельность проекта составляла **20-25 %**, норма амортизации- 10 %. $Аг = Сперв * На / 100$, $себ = 956\ 615,65р., Выручка = себестоимость * 1,25 = 1195\ 79,56$

Таблица 6.21 – Расчет чистой текущей стоимости по проекту в целом

№	Наименование показателей	Шаг расчета				
		0	1	2	3	4
1	Выручка от реализации, руб,	0	1195769,56	1195769,56	1195769,56	1195769,56
2	Итого приток, руб,	0	1195769,56	1195769,56	1195769,56	1195769,56
3	Инвестиционные издержки, руб,	956615,65	0	0	0	0
4	Операционные затраты, руб, (35% от бюджета)	0	334815,50	334815,50	334815,50	334815,50
5	Налогооблагаемая прибыль (1-4)	0	860954,08	860954,08	860954,08	860954,08
6	Налоги 20 %, руб, (5*20%)	0	113284,8	113284,8	113284,8	113284,8
8	Чистая прибыль, руб, (5-6)	0	688763,27	688763,27	688763,27	688763,27
9	Чистый денежный поток (ЧДП), руб, (чистая прибыль + амортизация)	-956615,65	808340,22	808340,22	808340,22	808340,22
10	Коэффициент дисконтирования при $i=20\%$ (КД)	1	<u>0,833</u>	<u>0,694</u>	<u>0,578</u>	<u>0,482</u>
11	Чистый дисконтированный денежный поток (ЧДД), руб, (9*10)	-956615,65	673347,4	560988,11	467220,65	389619,98
12	\sum ЧДД		2091176,16руб,			
12	Итого NPV, руб,		1134560,51руб,			

$$NPV = 2091176,16 \text{руб} - 956615,65 = 1134560,51 \text{руб}, > 0$$

1) интервал планирования = 5 годам

Коэффициент дисконтирования рассчитан по формуле:

$$КД = \frac{1}{(1+i)^t}$$

где: – ставка дисконтирования, 20 %;

t – шаг расчета.

Таким образом, чистая текущая стоимость по проекту в целом составляет **1134560,51руб**, что позволяет судить об его эффективности.

Индекс доходности(PI) – показатель эффективности инвестиции, представляющий собой отношение дисконтированных доходов к размеру инвестиционного капитала. Данный показатель позволяет определить инвестиционную эффективность вложений в данный проект. Индекс доходности рассчитывается по формуле:

$$PI = \sum_{t=1}^n \frac{ЧДП_t}{(1+i)^t} / I_0 > 1$$

где: ЧДД - чистый денежный поток, руб.;

I_0 – начальный инвестиционный капитал, руб.

Таким образом PI для данного проекта составляет:

$$PI = \frac{2091176,16 \text{руб}}{956615,65 \text{руб}} = 2,1$$

Так как $PI > 1$, то проект является эффективным.

Внутренняя ставка доходности (IRR). Значение ставки, при которой обращается в нуль, носит название «внутренней ставки доходности» или IRR. Формальное определение «внутренней ставки доходности» заключается в том, что это та ставка дисконтирования, при которой суммы дисконтированных притоков денежных средств равны сумме дисконтированных оттоков или =0. По разности между IRR и ставкой дисконтирования i можно судить о запасе экономической прочности инвестиционного проекта. Чем ближе IRR к ставке дисконтирования i , тем больше риск от инвестирования в данный проект.

Между чистой текущей стоимостью (NPV) и ставкой дисконтирования (i) существует обратная зависимость. Эта зависимость представлена в табл. 6.22 и на рис. 6.3.

Таблица 6.22 – Зависимость NPV от ставки дисконтирования

№	Наименование показателя	0	1	2	3	4	NPV, руб,
1	Чистые денежные потоки, руб,	-956616	808340,2	808340,2	808340,2	808340,2	
2	Коэффициент дисконтирования						
	0,1	1	0,909	0,826	0,751	0,683	

	0,2	1	0,833	0,694	0,578	0,482	
	0,3	1	0,769	0,592	0,455	0,35	
	0,4	1	0,714	0,51	0,364	0,26	
	0,5	1	0,667	0,444	0,295	0,198	
	0,6	1	0,625	0,39	0,244	0,153	
	0,7	1	0,588	0,335	0,203	0,112	
	0,8	1	0,556	0,309	0,171	0,095	
	0,9	1	0,526	0,277	0,146	0,077	
	1	1	0,5	0,25	0,125	0,062	
3	Дисконтированный денежный поток, руб						
	0,1	-956616	734781,3	667689	607063,5	552096,4	1605014,521
	0,2	-956616	673347,4	560988,1	467220,6	389620	1134560,51
	0,3	-956616	621613,6	478537,4	367794,8	282919,1	794249,2757
	0,4	-956616	577154,9	412253,5	294235,8	210168,5	537197,0844
	0,5	-956616	539162,9	358903,1	238460,4	160051,4	339962,0697
	0,6	-956616	505212,6	315252,7	197235	123676,1	184760,7466
	0,7	-956616	475304,1	270794	164093,1	90534,11	44109,54762
	0,8	-956616	449437,2	249777,1	138226,2	76792,32	-42382,8564
	0,9	-956616	425187	223910,2	118017,7	62242,2	-127258,58
	1	-956616	404170,1	202085,1	101042,5	50117,09	-199200,86

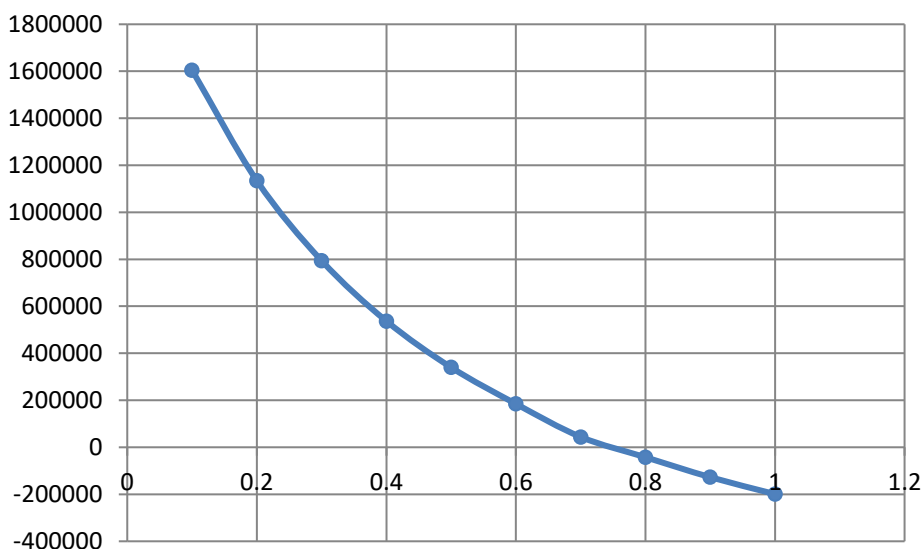


Рисунок 6.3 – Зависимость NPV от ставки дисконтирования

Из таблицы и графика следует, что по мере роста ставки дисконтирования чистая текущая стоимость уменьшается, становясь отрицательной. Значение ставки, при которой NPV обращается в нуль, носит название «внутренней ставки доходности» или «внутренней нормы прибыли». Из графика получаем, что IRR составляет 0,75.

$IRR > i$, проект эффективен.

Запас экономической прочности проекта: $75\% - 20\% = 55\%$

Дисконтированный срок окупаемости. Как отмечалось ранее, одним из недостатков показателя простого срока окупаемости является игнорирование в процессе его расчета разной ценности денег во времени.

Этот недостаток устраняется путем определения дисконтированного срока окупаемости. То есть это время, за которое денежные средства должны совершить оборот.

Наиболее приемлемым методом установления дисконтированного срока окупаемости является расчет кумулятивного (нарастающим итогом) денежного потока (табл. 6.23).

Таблица 6.23 – Дисконтированный срок окупаемости

№	Наименование показателя	Шаг расчета				
		0	1	2	3	4
1	Дисконтированный чистый денежный поток ($i=0,20$), руб,	- 956615,65	673347,4	560988,11	467220,65	389619,9 8
2	То же нарастающим итогом, руб,	- 956615,65	-283268	277719,9	744940,5	1134561
3	Дисконтированный срок окупаемости	$DRR_{дск} = 1 + (283268/560988,11) = 1,50$ года				

Социальная эффективность научного проекта учитывает социально-экономические последствия осуществления научного проекта для общества в целом или отдельных категорий населения или групп лиц, в том числе как непосредственные результаты проекта, так и «внешние» результаты в смежных секторах экономики: социальные, экологические и иные внеэкономические эффекты (табл. 6.24).

Таблица 6.24 – Критерии социальной эффективности

ДО	ПОСЛЕ
Отсутствие информации об элементном составе природных объектов и процессе распределения поверхностных вод на территории исследования.	После получения данных разработайте и проанализируйте сравнение со стандартом для определения воздействия загрязнения на реку Ямуна.
Отсутствие обширной разработки данных по аномалиям и сопутствующим им элементам единого объекта изучения	после изучения данных в целом можно определить источник загрязнения и воздействие на людей, живущих и водную жизнь в районе исследования.

6.5.2 Оценка сравнительной эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более) вариантов исполнения научного исследования. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется по следующей формуле:

$$I_{финр}^{исп.i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}}$$

где: $I_{финр}^{исп.i}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в размах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в размах (значение меньше единицы, но больше нуля).

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить по следующей формуле:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i$$

где: I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i -го варианта исполнения разработки;

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

b_i^a, b_i^p – балльная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности приведен в форме таблицы (табл. 6.25).

Таблица 6.25 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

ПО Критерии	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Аналог 1	Аналог 2
1. Выход продукта)	0,20	5	5	4
2. Удобство в эксплуатации	0,15	5	3	3
3. Надежность	0,15	4	4	4
4. Безопасность	0,15	4	3	4
5. Простота эксплуатации	0,15	5	4	5
6. Возможность автоматизации данных	0,20	5	4	5
Итого	1	28	23	25

$$I_m^p = 5 \cdot 0,20 + 5 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,20 = 4,7$$

$$I_1^A = 5 \cdot 0,20 + 3 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,15 + 3 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,20 = 3,9$$

$$I_2^A = 4 \cdot 0,20 + 3 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,20 = 4,2$$

Интегральный показатель эффективности разработки $I_{финр}^p$ и аналога $I_{финр}^a$ определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{финр}^p = \frac{I_m^p}{I_\phi^p}; \quad I_{финр}^a = \frac{I_m^a}{I_\phi^a}$$

Сравнение интегрального показателя эффективности текущего проекта и аналогов позволит определить сравнительную эффективность проекта. Сравнительная эффективность проекта определяется по формуле:

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{финр}^p}{I_{финр}^a}$$

где: \mathcal{E}_{cp} – сравнительная эффективность проекта;

$I_{финр}^p$ – интегральный показатель разработки;

$I_{финр}^a$ – интегральный технико-экономический показатель аналога.

Сравнительная эффективность разработки по сравнению с аналогами представлена в табл. 6.26.

Таблица 6.26 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Разработка	Аналог 1	Аналог 2
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,18	0,16	0,16
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,50	3,85	4,00
3	Интегральный показатель эффективности	23,12	22,83	23,03
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,02	1,01	1,0

Выводы: Сравнение значений интегральных показателей эффективности позволяет понять, что разработанный вариант проведения проекта является наиболее эффективным при решении поставленной в магистерской диссертации технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности.

В ходе выполнения раздела финансового менеджмента определена чистая текущая стоимость, (NPV), равная **1134560,51руб.**; индекс доходности **PI=2,1**, внутренняя ставка доходности **IRR=75%**, срок окупаемости **PPдск=1,5 года**. Таким образом мы имеем ресурсоэффективный проект с высоким запасом финансовой прочности и коротким сроком окупаемости.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО		
2ВМ12	Ядав Бхупендер		
Школа	ИШПР	Отделение	Отделение геологии
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	20.04.02 Природообустройство и водопользование

Тема ВКР:

Эколого-геохимическое состояние реки Ямуна в районе г. Дели, Индия.	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
<p>Введение</p> <ul style="list-style-type: none"> – Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения. – Описание рабочей зоны (рабочего места) при разработке проектного решения/при эксплуатации 	<p><i>Объект исследования</i> являются участок 22 км реки Ямуна в городе Дели.</p> <p><i>Область применения</i> являются пробы воды, взятые из реки Ямуна в городе Дели в Индии. Пробы отбирались 3 раза в 2022 году: в феврале в конце зимы, в августе в сезон дождей и в ноябре зимой.</p> <p><i>Рабочая зона:</i> Лаборатория гидрогеохимии Томского политехнического университета (Россия)</p> <p><i>Количество и наименование оборудования рабочей зоны:</i> Масс-спектрометрический с индуктивно-связанной плазмой с использованием масс-спектрометра NexION 300D</p> <p><i>Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне:</i> работа с приборами в лаборатории и оборудованием, безопасность сотрудников и воздействие на окружающую среду</p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<p>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при разработке проектного решения/при эксплуатации:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 01.04.2019) 2. ГОСТ 17.1.3.13-86. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к охране поверхностных вод от загрязнений. 3. ГН 2.1.5.1315-03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. 4. СП 11-102-97. Инженерно-экологические изыскания для строительства. 5. СП 116.13330.2012 Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 22-02-2003.
<p>2. Производственная безопасность при разработке проектного решения/при эксплуатации:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов 	<p><i>1) Вредные и опасные факторы при проведении полевых работ:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – тяжелый доступ к объекту исследования (река находится в русле с резким спуском и обрывом); – отклонение показателей микроклимата на открытом воздухе; – тяжесть и напряженность физического труда

	<p>(отбор проб и доставка в лабораторию);</p> <ul style="list-style-type: none"> – встреча с лицами низкого социального статуса (бомжи, наркоманы, алкоголики). <p>2) Вредные и опасные факторы при работе в помещении офиса:</p> <ul style="list-style-type: none"> – отклонение параметров микроклимата в помещении; – недостаточная освещенность рабочей зоны; – превышение уровней электромагнитных и ионизирующих излучений; – электрический ток; – статическое электричество; – пожароопасность. <p>При проведении работ по инженерно-экологическим изысканиям работники обязаны проходить инструктаж по технике безопасности, иметь исправные рабочие инструменты и одеваться в соответствии с климатическими особенностями территории исследования.</p>
<p>3. Экологическая безопасность при разработке проектного решения/при эксплуатации</p>	<p>Основными загрязнителями воды реки Ямуна являются ионы железа, поверхностно-активные вещества, фосфаты, ионы аммония, другие микрокомпоненты и токсичные вещества, значительно ухудшающие экологическую безопасность и качество вод в пределах столичного города Дели.</p> <p>В городе организована единая система мониторинга качества воды реки Ямуна и ее стоков и каналов. Все полученные данные вносятся в единый городской фонд данных экологического мониторинга (CPWD).</p>
<p>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при разработке проектного решения/при эксплуатации</p>	<p>Возможные ЧС на территории проведения полевых работ:</p> <ul style="list-style-type: none"> - пожар; - неблагоприятные погодные условия (шквальный ветер, дождь, жара). <p>Необходимо предусмотреть ряд профилактических мероприятий технического, эксплуатационного и организационного характера, проведение пожарных учений.</p>
<p>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</p>	

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Сечин Андрей Александрович	К.Т.Н		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ВМ12	Ядав Бхупендер		

7. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

7.1 Введение

В данном разделе магистерской диссертации рассматриваются основные вопросы выполнения требований охраны труда, промышленной безопасности, а также вопросы охраны окружающей среды и ресурсосбережения. В соответствии с международным стандартом ISSSR26000:2011 «Социальная ответственность организации. Требования» [45], задачами данного раздела является принятие решений, направленных на:

- соблюдение трудовых и социальных прав персонала;
- исключение несчастных случаев в производстве;
- защиту жизни, здоровья и имущества потребителей продукции или услуг организации;
- снижение вредных воздействий на окружающую среду.
- Магистерская работа содержит информацию об антропогенном воздействии и экологическом состоянии реки Ямуна на территории г. Дели.

Река является важнейшим элементом природно-хозяйственной системы города. Особая роль рек заключается в том, что, находясь в верховьях и периферийных частях бассейнов рек Ямуна, они во многом определяют общую экологическую обстановку в них. В наиболее неблагоприятном экологическом состоянии находятся реки, полностью замкнувшиеся в коллекторах и утратившие природную способность к самоочищению. Антропогенное воздействие на реку Дели обусловлено деятельностью промышленных предприятий, в том числе химической промышленности, а также неорганизованным стоком и стоками с территорий водосборов и хозяйственной деятельностью человека.

Данная работа может быть использована инженерами-экологами для составления программ экологического мониторинга рек городских территорий, проектировщиками для составления программ благоустройства городских территорий, а также в ходе инженерно-экологических изысканий для обоснования инвестиций в строительство.

7.2 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Работы проводились в Лаборатории гидрогеохимии Томского политехнического университета (Россия) и Shanti Institute of Testing and Research (India), пробы воды были отобраны общественной организацией "Tears of The Earth Organization". Организация является одной из ведущих молодежных организаций в предоставлении социальных услуг и работе по защите окружающей среды в г. Дели.

Специальные правовые нормы трудового законодательства. Изучение р. Ямуна проходило как на открытой местности – в районе г. Дели, так и в Лабораториях гидрогеохимии Томского политехнического университета (Россия).

На территории проведения работ должны соблюдаться нормы и правила по охране и защите водной поверхности от загрязнения, в соответствии с ГОСТ 17.1.3.13-86 [46], для российских норм и для индийских стандартов BIS и CPGW, IS 10500 и IS 3025 [29], нормы были соблюдены. Использовал устройства для отбора проб, хранения и транспортировки воды, применяемые по ГОСТ 17.1.5.04-81 [47].

Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. Особенности регулирования труда в связи с характером и условиями труда, психофизиологическими особенностями организма, природно-климатическими условиями, наличием семейных обязанностей, а также иными основаниями устанавливаются трудовым законодательством и иными нормативными правовыми актами, содержащими нормы трудового права, коллективные договоры, соглашения, локальные нормативные акты. Работа, выполненная в Индии, подпадала под действие постановления министерства труда Индии [48] и для работы, выполняемой в России [49].

К проведению инженерно-экологических изысканий и работ допускаются лица со специальной технической подготовкой, прошедшие обучение безопасным приемам работ и прошедшие в установленном порядке проверочные испытания. Допуск к работе лиц в нетрезвом состоянии запрещается.

При проведении работ в Индии работникам необходимо пройти технику безопасности на производстве, проверить исправность оборудования, которое будет использоваться при исследовании территории. Также необходимо обеспечить работников средствами индивидуальной защиты в зависимости от характера проводимых исследований в соответствии с Кодексом по охране труда OSHWC 2020 [50].

В помещении лабораторной работы в России рабочая зона должна соответствовать положениям, прописанным в ГОСТ 12.2.032-78 [51]: конструкция рабочего места и взаимное расположение всех его элементов (сиденья, органы управления, средства отображения информации и др.) должны соответствовать антропометрическим, физиологическим и психологическим требованиям, а также характеру работы.

7.3 Производственная безопасность

Для выявления потенциально опасных и вредных факторов необходимо использовать ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» [52].

Характер исследования предусматривает выявление вредных и опасных факторов, как в полевой период работы, так и на занятиях. Список приведен в табл. 7.1.

Таблица 7.1 – Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ12.0.003-2015)	Этапы работ		Нормативные документы
	Камеральный	Полевой	
1.Отклонение показателей микроклимата	+	+	СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений [53]; ГОСТ 12.1.005-88.ССБТ.Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны [54]; СП 60.13330.2016.Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Актуализированная редакция СНиП41-01-2003 [55].
2.Тяжелый доступ к объекту исследования	-	+	СП11-102-97.Инженерноэкологические изыскания для строительства [56]; СП 116.13330.2012 Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 22-02-2003 [57].
3.Тяжесть и напряженность физического труда	-	+	ГОСТ 12.2.003-91 ССБТ.Оборудование производственное. Общие требования безопасности[58]; ГОСТ 12.3.009-76 ССБТ. Работы погрузочно-разгрузочные. Общие требования безопасности [59].
4.Встреча с лицами низкого социального статуса	-	+	ГОСТ12.1.008-76ССБТ. Биологическая безопасность. Общие требования[60]; ГОСТ12.4.011-89ССБТ.Средства защиты работающих. Общие требования и классификация[61].
5.Недостаточная освещенность рабочей зоны	+	-	СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещённому освещению жилых и общественных зданий [62]; СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95 [63].
6.Превышение уровней электромагнитных и ионизирующих излучений	+	-	ГОСТ 12.2.061-81 ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности к рабочим местам[64]; СанПиН 2.2.2/2.4.1340–03. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы» [65];

7. Электрический ток	+	-	ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление [66]; ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов [67]; ГОСТ 12.1.019-2017 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты [68].
8. Статическое электричество	+	-	ГОСТ 12.1.045-84 ССБТ. Электростатические поля. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля [69].
9. Пожароопасность	+	+	Технический регламент о требованиях пожарной безопасности (с изменениями на 29 июля 2017 года) (редакция, действующая с 31 июля 2018 года) [70].

7.4 Анализ выявленных вредных и опасных факторов

7.4.1 Отклонение показателей микроклимата помещения

Одним из необходимых условий нормальной жизнедеятельности человека является обеспечение нормальных метеорологических условий в помещениях, оказывающих существенное влияние на самочувствие человека и его работоспособность.

Микроклиматические параметры оказывают существенное влияние на функциональную деятельность человека, его самочувствие и здоровье. Длительное воздействие на человека неблагоприятных метеорологических условий отрицательно сказывается на состоянии работающего человека, приводя к снижению способности организма выдерживать ежедневные нагрузки.

Показатели микроклимата для комфортной работы рабочих указаны в ГОСТ 12.1.005-88 [54].

В рабочей зоне производственного объекта должны быть созданы оптимальные и допустимые микроклиматические условия в соответствии с СанПиН 2.2.4.548-96 (табл. 7.2) [53]. Оптимальные параметры микроклимата в производственных помещениях обеспечиваются системами кондиционирования воздуха, а приемлемые – естественной вентиляцией.

Таблица 7.2 – Допустимые параметры микроклимата на рабочих местах производственных помещений.

Период года	Категория работ	Температура воздуха, °С		Температура поверхностей, t°С	Относительная влажность воздуха, φ%	Скорость движения воздуха, м/с	
		Диапазон ниже оптимальных величин t°опт	Диапазон выше оптимальных величин t°опт			Если t° < t°опт	Если t° > t°опт
Холодный	Па	17,0-18,9	21,1-23,0	16,0-24,0	15-75	0,1	0,3
	Іб	19,0-20,9	23,1-24,0	18,0-25,0	15-75	0,1	0,2
Теплый	Па	18,0-19,9	22,1-27,0	17,0-28,0	15-75	0,1	0,4
	Іб	20,0-21,9	24,1-28,0	15,0-29,0	15-75	0,1	0,3

Отопление и вентиляция помещений проектируется в соответствии с требованиями СП 60.13330-16 [54]. В камерах должна быть предусмотрена система отопления. Он должен обеспечивать достаточный, постоянный и равномерный нагрев воздуха в помещениях в холодное время года, а также пожаровзрывобезопасность. При этом колебания температуры в течение суток не должны превышать 2-3°С.

В служебном помещении необходимо обеспечить приток свежего воздуха, количество которого определяется технико-экономическим расчетом и выбором схемы системы вентиляции. Минимальный расход воздуха определяют из расчета 50-60 м³/ч на человека, но не менее двукратного воздухообмена в час.

Тяжелый доступ к объекту исследования. Из-за активно развивающегося процесса эрозии и эрозии берегов реки Ямуна в Дели доступ к воде может быть затруднен из-за крутых берегов и кустарников. Для предотвращения несчастных случаев рабочий должен быть одет в удобную и удобную для передвижения одежду, соответствующую климатическим условиям, а также обуть в специальную обувь на плоской подошве и выполнять рекомендации ГОСТ 12.4.011-89 [61].

Тяжесть и напряженность физического труда. Согласно ГОСТ 12.3.009-76 [59] безопасность погрузочно-разгрузочных работ должна обеспечиваться: выбором методов работ, подъемно-транспортного оборудования и технологического оборудования; подготовка и организация рабочих мест; использование средств защиты для рабочих; проведение медицинского освидетельствования лиц, допущенных к работе, и их обучение.

Встреча с лицами низкого социального статуса. Следуя ГОСТ 12.1.008-76 [60], требования безопасности при работе с людьми следует предъявлять в следующих случаях: при работе в замкнутом пространстве в случае выделения в него продуктов

жизнедеятельности человека; при контакте с выделениями человека; в уходе и лечении психических больных.

В месте изучения объекта имеется самоорганизованная зона отдыха для граждан разного социального статуса. Особенно часто возле водотока можно увидеть группы людей с низким социальным статусом, которые могут мешать исследованию территории. Охрана труда при работе с биологическими объектами, представляющими производственную опасность, должна обеспечиваться: технологическим процессом; производственное оборудование; средства защиты; система специальных профилактических мероприятий.

Производственные процессы должны: соответствовать требованиям ГОСТ 12.3.002-14 [71]: допускать возможность дезактивации или обезвреживания территории, помещений, оборудования, транспортных средств, одежды и средств защиты применительно к специфике работы с данным биологическим объектом; допускают возможность контроля условий труда и соблюдения гигиенических требований; исключить неблагоприятное воздействие методов работы с биологическими объектами на работающих.

Производственное оборудование должно: соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.003-91 [58]: соответствовать психофизиологическим, санитарно-гигиеническим и эргономическим требованиям; допускают возможность дезактивации и обезвреживания.

7.4.2 Недостаточная освещенность рабочей зоны

Согласно действующим нормативным документам для искусственного освещения регламентируется наименьшая допустимая освещенность рабочих мест, а для естественного и комбинированного - коэффициент естественной освещенности. При выполнении работ высокой зрительной точности значение коэффициента естественной освещенности должно быть больше или равно 1,5 %. Освещенность регламентируется в соответствии с межотраслевыми нормами и правилами, устанавливающими минимальный (нормативный) показатель освещенности, – это СП 52.13330.2016 [63] и СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 [62] (табл. 7.3).

Нормы освещенности зависят от принятой системы освещения. Так, при комбинированном искусственном освещении, как более экономичном, нормы выше, чем при общем освещении. При этом освещенность, создаваемая светильниками общего освещения, должна быть 10% от нормативной, но не менее 300-500 лк, а комбинированной - 750 лк.

Таблица 7.3 – Нормируемые параметры естественного и искусственного освещения [62].

Помещение	Рабочая поверхность и плоскость нормирования КЕО и освещенности и высота плоскости над полом, м	Естественное		Совмещенное		Искусственное		
		КЕО _{е,н} , %		КЕО _{е,н} , %		Освещенность, лк		
		при верхнем или комбинированном	при боковом	при верхнем или комбинированном	при боковом	при комбинированном		при общем
всего	от общего							
Аналитические лаборатории	горизонтальная – 0,8	4,0	1,5	2,4	0,9	600	400	500
Кабинеты информатики и вычислительной техники	экран дисплея: вертикальная - 1	3,5 -	1,2 -	2,1 -	0,7 -	500 -	300 -	400 200
<i>Примечание: Прочерки в таблице означают отсутствие предъявляемых требований.</i>								

В целях энергосбережения при проектировании рабочего освещения приведенных помещений допускается применение устройств кратковременного включения освещения (УКВО) с выдержкой времени, достаточной для прохода людей через эти помещения в условиях вышеуказанной освещенности, или использование светильников с датчиками движения (присутствия) и освещения.

7.4.3 Превышение уровней электромагнитных и ионизирующих излучений.

Источником электромагнитного излучения является монитор компьютера, особенно его боковые и задние стенки. Основными источниками электромагнитного излучения монитора являются узлы разверток, импульсный источник питания, видеоусилитель. Персональные ЭВМ являются источниками широкополосных электромагнитных излучений: мягкого рентгеновского, ультрафиолетового, ближнего инфракрасного, радиочастотного диапазона, сверх- и инфра- низкочастотного, электростатических полей.

Чтобы свести к минимуму негативное влияние электромагнитного излучения от монитора, достаточно придерживаться простых правил:

- Выбирая монитор, лучше отдать предпочтение жидкокристаллическому варианту. Излучение мониторов с электроннолучевой трубкой намного сильнее, чем у ЖК-аналогов.
- Расположить монитор в углу. Стены будут поглощать электромагнитное излучение, которое испускают боковые и задние стенки.
- Выключать монитор, если уходите ненадолго от рабочего стола.

- Монитор должен стоять от вашего кресла не ближе, чем на расстоянии вытянутой руки. Придвигать его слишком близко к лицу и наклоняться к экрану не следует.

Организация безопасной работы на ПЭВМ и регламентирована СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [65].

Расчёт общего равномерного искусственного освещения по методу светового потока.

Дано:

- Помещение длиной 6 м, шириной 4 м, высотой 2,50 м.
- Необходимая освещённость $E_n = 400$ лк;
- Уровень рабочей поверхности над полом $h_{rp} = 0,8$ м

Световой поток ламп светильника определяется по формуле:

$$F = \frac{E_n \cdot S \cdot K_z \cdot Z}{n \cdot \eta}, \text{ лм}$$

E_n – нормируемая минимальная освещённость, лк

S – площадь освещаемого помещения, м²

K_z – коэффициент запаса прочности, учитывающий старение лампы и загрязнение ламп.

при малом выделении пыли $K_z = 1,5$;

Z - коэффициент неравномерности освещённости или минимальной освещённости, отношение E_{cp}/E_{min} . E_{cp} определяют согласно СП 52.13330.2016, а E_{min} (наименьшее значение освещённости в помещении). Согласно п. 7.9 СНиП 23-05-95* значение менее 1,5 для работ IV-VII категорий в случае применения люминесцентных ламп $Z = 1,1$;

n – число ламп в помещении;

η – коэффициент использования светового потока, %.

Выбираем люминесцентный светильник без защитной решётки типа ОД-2-40 длиной $l_{св} = 1,23$ м, $\lambda = 1,4$.

Высота светильника над рабочей поверхностью:

$$h = H - h_{rp} = 2,5 - 0,8 = 1,7 \text{ м}$$

Расстояние между огнями:

$$L = 1,4 \cdot 1,7 = 2,38 \text{ м}$$

Расстояние от краевого света до стены:

$$L/3 = 0,79 \text{ м}$$

Определить количество рядов светильников количество светильников в ряду

$$n_{\text{ряд}} = ((B - (2/3 * L) / L) + 1) = (4 - (2/3 * 2,38) + 1) \approx 3 n_{\text{св}} = (A - 2/3 * L) / (l_{\text{св}} + 0,5) = (6 - 2/3 * 1,7) / (1,23 + 0,5) \approx 3$$

Размещаем светильники в 2 ряда. В каждом ряду можно установить 3 светильника типа ОД-2-40 мощностью 40 Вт (с длиной 1,23 м), при этом разрывы между светильниками в ряду составят 35,5 см. Так как в каждом светильнике установлено по 2 лампы, общее число ламп в помещении будет равна 12 шт.

Индекс помещения:

$$i = S/h(A+B) = 24/(2,5(6+4)) = 24/25 = 0,96$$

С учетом r_c , r_p , i определяем значение коэффициента использования светового потока с помощью линейной интерполяции: $\eta \approx 55\%$.

$$F = (400 * (4 * 6) * 1,5 * 1,1) / (12 * 0,55) = 15.840 / 6,6 = 2400 \text{ lm}$$

Выбираем ближайшую лампу ЛХБ-40 со световым потоком 2780 лм.

$$-10\% \leq \left[\frac{\Phi_{\text{л.станд.}} - \Phi_{\text{л.расч.}}}{\Phi_{\text{л.станд.}}} \right] \cdot 100\% \leq +20\%$$

Проверка выполнения условия:

Световой поток лампы ЛХБ-40 отличается от расчетного на 15,8%, что включает допустимые пределы от -10% до 20%.

Электрическая мощность системы освещения:

$$P = 12 * 40 = 480 \text{ Вт}$$

7.4.4 Электрический ток и статическое электричество

Неисправная электропроводка и неисправные электроприборы в зданиях и помещениях представляют особую опасность для людей. Проходя через организм, ток оказывает сильное воздействие на системы органов, вызывая необратимые последствия, вплоть до летального исхода.

Допустимым считается ток, при котором человек может самостоятельно освободиться от электрической цепи. Его величина зависит от скорости протекания тока через тело человека: при длительности действия более 10 с - 2 мА, при 10 с и менее - 6 мА по ГОСТу.12.1.019-2017 [71].

Для предотвращения электротравм большое значение имеет правильная организация обслуживания аудитории, ремонта, монтажа и профилактического обслуживания.

Любой электроприбор должен быть немедленно обесточен в случае: угрозы жизни или здоровью человека; появления запаха, характерного для горячей изоляции или пластика;

появления дыма или огня; появления искр; обнаружения видимых повреждений силовых кабелей или коммутационных устройств.

Пожароопасность. Согласно Федеральному закону № 123, статья 5 [70]: каждый объект охраны должен иметь систему пожарной безопасности.

Система пожарной безопасности объекта охраны включает в себя систему предупреждения пожара, систему противопожарной защиты, комплекс организационных и технических мероприятий по обеспечению пожарной безопасности.

Следуя статье 6 № 123-ФЗ, собственник объекта охраны или лицо, владеющее объектом охраны на праве хозяйственного ведения, оперативного управления или ином законном основании, предусмотренном федеральным законом или договором, обязано в рамках осуществления мер пожарной безопасности в соответствии с Статье 64 настоящего Федерального закона, разработать и представить в уведомительном порядке декларацию пожарной безопасности.

В соответствии с правилами определения категорий помещений, зданий и наружных установок по взрыво- и пожароопасности, регламентируемыми НПБ 105 – 03 [62], лаборатория очистных сооружений относится к категории В, поскольку в помещении присутствуют твердые горючие и легкогорючие вещества и материалы. К горючим материалам относятся шкафы, столы, стулья и документация.

Аудитория должна быть оборудована средствами пожаротушения, которыми в данном случае являются углекислотные огнетушители типа ОУ. Также помещение должно быть оборудовано пожарной сигнализацией, планом эвакуации, запасными выходами.

Пожарная безопасность в помещении регламентируется СП 12.13330.2011 [73] и ГОСТ 12.1.004-91 [74].

Каждый сотрудник, заметивший опасность, угрожающую людям, сооружениям и имуществу, обязан принять зависящие от него меры по устранению или предотвращению этой опасности и немедленно сообщить об этом своему непосредственному руководителю или другому высокопоставленному должностному лицу. В случае несчастного случая с человеком все находящиеся поблизости работники обязаны немедленно оказать пострадавшему первую помощь.

7.5 Экологическая безопасность

Состояние окружающей среды, флоры и фауны, экологическое состояние отражено в Отчете «Новые данные о химическом составе р. Ямуна (Дели, Индия)» [34]. Основные выводы доклада приведены ниже.

Состояние вод.

Косвенным показателем низкого экологического качества воды реки Ямуна является концентрация ионов водорода – рН. При значении рН 6,8–7,8 значения рН смещаются в слабощелочную область, в частности, по-видимому, за счет выделения синтетических поверхностно-активных веществ (ПАВ): моющих средств, содержащих фосфор. Визуально это проявляется в наличии ядовитой пены на поверхности воды.

Анализ соответствия установленных концентраций речной воды с ПДКрбхс действующими нормами показал наличие превышения норм по 13 веществам с различными лимитирующими показателями вредности, в том числе и токсикологическим, оказывающих прямое токсическое действие на водные биологические ресурсы. Так, многократные превышения нормативов отмечены по нитритам – в 20-43 ПДКрбх, фосфатам – 3-64 ПДКрбх, молибдена – 5-8 ПДКрбх, фтору – 4-8 ПДКрбх, меди – 3-4 ПДКрбх, ванадия – 2 ПДКрбх, магния – 1,5 ПДКрбх, сульфатам – 1,3 ПДКрбх. Также отмечены незначительные превышения бора в точках отбора 3 и 4. Особенно обращает на себя внимание превышения таких компонентов, как алюминий и фосфор элементарный, которые для первого составляют 11 ПДКрбх, а для второго – сотни тысяч раз. Тысячекратные превышения фосфора элементарного может говорить о активно развивающихся процессах эвтрофикации и повышенном содержании органического вещества в водах р. Ямуна. Этот показатель особенно высок в Ямуна Гхат II, в районе которой происходит кремация. Превышение алюминия, вероятно, связано с захватом иловых частиц донных отложений, что требует постановки дополнительного пробоотбора для перепроверки полученных данных исследования.

Несмотря на то, что рН исследуемых вод является наиболее подходящей для существования речной фауны, превышение многих компонентов, таких как фтор, алюминий и др., является токсичным для водных организмов. Повышенное содержание магния, алюминия, меди может отразиться на жизнедеятельности рыб.

Рекомендации по предотвращению загрязнения атмосферного воздуха. Для снижения загрязнения атмосферного воздуха при проведении строительно-монтажных работ необходимо проводить следующие мероприятия:

- обязательный технический осмотр машин и механизмов на предмет исправности;

- запрещать стоянку автомобилей и машин с работающими двигателями, а также бульдозеров и экскаваторов в то время, когда работы не ведутся.

Рекомендации по предотвращению загрязнения водной среды. При проведении работ для предотвращения попадания загрязняющих веществ в подземные воды должны быть предусмотрены следующие природоохранные мероприятия:

- оборудование специальных площадок на период строительства в пределах отведенной площади для хранения строительных материалов и грунта;
- предотвращение переноса загрязняющих веществ со строительной площадки на прилегающие территории;
- после завершения строительных работ необходимо восстановить водосборные каналы, дренажные системы, придать местности проектный рельеф и восстановить естественный;
- по окончании работ произвести рекультивацию нарушенных земель;
- хранение твердых бытовых отходов в мусоросборных контейнерах;
- не допускать образования свалок, захламления рассматриваемого участка во избежание общего снижения санитарно-гигиенических свойств территории;
- на территории категорически запрещено «захоронение» и сжигание отходов и строительного мусора;
- на территории мыть колеса строительной техники и автотранспорта в специально отведенных местах с использованием системы очистки и оборотного водоснабжения.

Рекомендации по предотвращению загрязнения почвы. Поскольку техногенное воздействие на почвенный покров связано с нарушением земель в период проведения научно-исследовательских и строительных работ, предусмотрен комплекс мероприятий по предотвращению и смягчению этого воздействия:

- от осушения и заболачивания грунтов - предотвращение нарушения водоносных горизонтов;
- вынос всех временных устройств и сооружений со строительной площадки, вывоз строительного мусора, заделка выбоин и ям, образовавшихся в результате строительных работ;
- применение конструктивных решений, обеспечивающих возможность равномерного движения автомобилей на оптимальных скоростях, при которых расход бензина минимален.

7.6 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Возможной чрезвычайной ситуацией в аудиторном помещении является пожар и взрыв. Как правило, пожары и взрывы неразделимы. Иногда, взрывы являются причинами пожара, и наоборот, во время пожара возможны взрывы.

Действия в результате возникших ЧС. Оповещение людей о пожаре, которое осуществляется с помощью подачи звуковых и (или) световых сигналов во все помещения здания одновременную с постоянным или временным пребыванием людей (1-й тип оповещения звонки, тонированный сигнал и др.); число пожарных оповещателей, их расстановка и мощность должны обеспечивать необходимую слышимость во всех местах постоянного или временного пребывания людей.

- На объекте с массовым пребыванием людей разрабатывают планы эвакуации людей на случай возникновения пожара. Планы эвакуации в первую очередь предназначены для обслуживающего персонала, который должен организовать движение людей из опасной зоны к наиболее безопасным выходам.
- Каждый гражданин при обнаружении пожара или признаков горения (задымление, запах гари, повышение температуры и т. п.) обязан:
 - немедленно сообщить об этом по телефону 010 в единую службу спасения (при этом необходимо сообщить адрес объекта, место возникновения пожара, а также сообщить свою фамилию);
 - принять по возможности меры по эвакуации людей, тушению пожара и сохранности материальных ценностей.
- Собственники имущества, в том числе руководители и должностные лица, в установленном порядке назначенные ответственными за обеспечение пожарной безопасности, прибывшие к месту пожара обязаны:
 - продублировать сообщение о возникновении пожара в единую службу спасения 01 и поставить в известность вышестоящее руководство, диспетчера, ответственного дежурного по объекту;
 - в случае угрозы жизни людей немедленно организовать их спасение, используя для этого имеющиеся силы и средства;
 - проверить включение в работу автоматических систем противопожарной защиты (оповещения людей о пожаре, пожаротушения, противодымной защиты);
 - при необходимости, отключить электроэнергию (за исключением систем противопожарной защиты), остановить работу транспортирующих устройств,

агрегатов, аппаратов, перекрыть сырьевые, газовые, паровые и водяные коммуникации, остановить работу систем вентиляции в аварийном и смежном с ним помещениях, выполнить другие мероприятия, способствующие предотвращению развития пожара и задымления помещений здания;

- прекратить все работы в здании и (если это допустимо по технологическому процессу производства), кроме работ, связанных с мероприятиями по ликвидации пожара;
- осуществить общее руководство по тушению пожара (с учетом специфических особенностей объекта) до прибытия подразделений пожарной охраны;
- одновременно с тушением пожара организовать эвакуацию и защиту материальных ценностей;
- организовать встречу подразделений пожарной охраны и оказать помощь в выборе кратчайшего пути подъезда к очагу пожара;
- сообщить подразделениям пожарной охраны сведения о перерабатываемых или хранящихся на объекте опасных (взрывоопасных), взрывчатых, сильнодействующих ядовитых веществ, необходимых для обеспечения безопасности личного состава пожарной команды.

По прибытии пожарного подразделения руководитель предприятия обязан проинформировать руководителя тушения пожара о конструктивных и технологических особенностях объекта, прилегающих строений и сооружений, количестве и пожароопасных свойствах хранимых и применяемых веществ, материалов, изделий и других сведениях, необходимых для успешной ликвидации пожара.

7.7 Выводы по разделку

Исследование территории р. Ямуна в районе Дели оказывает прямое влияние на водную жизнь, а использование непосредственно воды р. Ямуна может повлиять на жизнь человека в районе Дели. Рекомендуется использовать речную воду после первичной очистки или фильтрации. Однако работодатель и работники должны придерживаться рекомендаций, данных в этом разделе выпускной работы.

В результате разработки раздела были выявлены вредные и опасные факторы при работе с объектом исследования и даны рекомендации по ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций, а также перечень мероприятий по защите окружающей среды от возможного загрязнения литосфера, гидросфера и атмосфера.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты исследования экологического и геохимического состояния района р. Ямуна в г. Дели, Индия, по-прежнему вызывают серьезную озабоченность. Река, которая считается священной и играет решающую роль в жизни миллионов людей, сталкивается со значительными экологическими проблемами, которые продолжают ухудшать ее общее состояние.

С экологической точки зрения река Ямуна сильно загрязнена, главным образом из-за сброса неочищенных бытовых и промышленных сточных вод. Высокие уровни загрязняющих веществ, включая тяжелые металлы, органические соединения и питательные вещества, оказали пагубное воздействие на экосистему реки. Водная флора и фауна реки Ямуна подверглась значительному воздействию, что привело к сокращению числа видов и общего биоразнообразия реки. Экологический дисбаланс, вызванный загрязнением, представляет угрозу долгосрочной устойчивости реки и зависящих от нее сообществ.

Изменения содержания растворенного кислорода (РК), рН, биологической потребности в кислороде (БПК) и электропроводности (УЕП) в реке Ямуна в Дели с 1999 по 2021 год свидетельствуют о тревожной экологической тенденции. Данные, собранные за этот период, указывают на значительное ухудшение качества воды. Уровень рН, показатель кислотности или щелочности воды, также колебался на протяжении многих лет. Что касается уровня растворенного кислорода, то с 1999 по 2021 год наблюдалось заметное снижение. Увеличение биологической потребности в кислороде (БПК) является еще одной тревожной тенденцией в реке Ямуна. БПК – это показатель количества кислорода, необходимого микроорганизмам для разложения органического вещества в воде. Более высокие значения БПК указывают на большую нагрузку органического загрязнения, которое может привести к снижению уровня кислорода и гибели водных организмов. Электрическая проводимость (УЕП) - это параметр, который отражает концентрацию растворенных ионов в воде и часто используется в качестве показателя общего качества воды. С 1999 по 2021 год наблюдалось постоянное повышение уровня УЕП в р. Ямуна.

Кроме того, геохимическое состояние р. Ямуна близ г. Дели свидетельствует о тревожных уровнях загрязнения. Содержание тяжелых металлов, таких как цинк, медь, никель, железо и стронций, значительно превышает допустимые нормы ПДК РК РФ и индийского стандарта BIS для питьевой воды, что представляет серьезную угрозу для здоровья человека. Общая средняя концентрация тяжелых металлов, наблюдавшаяся в этом исследовании, находится в следующем порядке: Fe>Zn>Ni>Cr>Cu>Pb>Cd. Эти загрязняющие вещества попадают в пищевую цепочку через рыбу и другие водные

организмы, в конечном счете влияя на благосостояние местных сообществ, которые зависят от реки в качестве источника пропитания.

Состав катионов и анионов в р. Ямуна в г.Дели показывает сложную и разнообразную смесь элементов и соединений. Речная вода содержит целый ряд катионов, включая кальций (Ca^{2+}), магний (Mg^{2+}), натрий (Na^+) и калий (K^+), что способствует общей солености и щелочности воды. Аналогичным образом, р. Ямуна также несет многочисленные анионы, такие как хлорид (Cl^-), сульфат (SO_4^{2-}), нитрат (NO_3^-) и бикарбонат (HCO_3^-). Путем расчета состава воды р. Ямуна по формуле Курлова установлено, что химический тип воды – хлоридно-гидрокарбонатная натриевая и гидрокарбонатно-хлоридная натриево-кальциевая. В целом воды реки пресные, редко солоноватые, слабощелочные. Многие компоненты в речную воду поступают не только естественным путем в результате формирования химического состава, но и в результате деятельности человека – несанкционированного сброса сельскохозяйственных, бытовых и промышленных стоков.

Содержание соединений азота в воде р. Ямуна в г.Дели превышает ПДК_{рбх} РФ. Содержание люминофоров, таких как фосфаты, в воде в основном выше индийского стандарта, что происходит из-за различных видов деятельности человека, включая промышленные сбросы. Эти фосфаты действуют как питательные вещества, приводя к эвтрофикации, которая способствует росту водорослей и других водных растений. Этот чрезмерный рост в сочетании с высоким содержанием органических веществ и загрязнением окружающей среды приводит к быстрому разложению этих организмов, снижая уровень растворенного кислорода в воде. Следовательно, преобладают анаэробные условия, приводящие к выделению газов, включая углекислый газ и метан. Содержание поверхностно-активных веществ также превышает индийские нормы, которые обычно содержатся в моющих средствах, а чистящие средства попадают в реку, эти факторы способствуют образованию токсичной пены в р. Ямуна.

При исследовании геохимических особенностей речных вод показано наличие частичного равновесия с вторичными карбонатными минералами в некоторых точках опробования р.Ямуна (в районе Шьям Гхат и Ямуна Гхат), такими как кальцит, доломит, магнезит и сидерит, что указывает на техногенно-измененное состояние речных вод по сравнению с местными атмосферными осадками. В этих точках опробования возможно наблюдать образование вторичных минеральных фаз в виде твердых отложений. Если оценивать значения усредненного состава реки исследуемого участка р.Ямуна, то равновесия по перечню вышеуказанных карбонатных минералов не наблюдается. Также установлено равновесие речных вод с алюмосиликатными минералами, такими как каолинит и даже

альбит (вода в районе Ямуна Гхат, где воды являются слабосолеными), что, как правило, не свойственно для поверхностных пресных вод водотоков. В то же время воды р.Ямуны во всех точках пробоотбора не находятся в равновесии с эндогенными первичными алюмосиликатами (такими как анортит, парагонит, анальцит).

Правительством, организациями гражданского общества и заинтересованными лицами были предприняты усилия по решению проблем, с которыми сталкивается р. Ямуна. Были выдвинуты многочисленные инициативы по борьбе с загрязнением, включая строительство очистных сооружений, проекты по развитию береговой линии и информационно-просветительские кампании. Однако, несмотря на эти усилия, общий прогресс в улучшении экологического и геохимического состояния реки был медленным и недостаточным.

Для восстановления здоровья р. Ямуна крайне важно применять комплексный и целостный подход. Это должно включать более строгое соблюдение экологических норм, эффективные системы очистки сточных вод и инновационные методы управления сточными водами. Кроме того, следует поощрять участие общественности и ее осведомленность, чтобы поощрять ответственное поведение и уменьшать загрязнение в его источнике. Сотрудничество между государственными органами, местными сообществами и заинтересованными сторонами имеет важное значение для достижения устойчивых и долгосрочных улучшений.

В заключение отметим, что необходимо принять срочные меры для решения экологических и геохимических проблем, с которыми сталкивается р. Ямуна близ г.Дели. Только благодаря согласованным усилиям и общей приверженности охране окружающей среды мы сможем восстановить здоровье реки, сохранить ее биоразнообразие и обеспечить благополучие сообществ, которые зависят от ее ресурсов. Река Ямуна для населения г. Дели и местного Правительства Индии должна стать не только экологическим императивом на пути сохранения и восстановления ее экологического состояния, но и стать важнейший этап на пути улучшения экологической ситуации и создания устойчивого будущего для столицы и прилегающих регионов в целом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Mohan, Madan (April 2002). "GIS-Based Spatial Information Integration, Modeling and Digital Mapping: A New Blend of Tool for Geospatial Environmental Health Analysis for Delhi Ridge".
2. "Hazard profiles of Indian districts" by National Capacity Building Project in Disaster Management. UNDP.
3. Parvez I. A., Vaccari F., Panza G. F. Site-specific microzonation study in Delhi metropolitan city by 2-D modelling of SH and P-SV waves //Pure and Applied Geophysics. – 2004. – Т. 161. – С. 1165-1184.
4. M. K. Kazim, Rajinder Kumar, Hemant Kumar, A.K. Gupta, J. Bagchi and S.S. Srivastava, "Geological and Geomorphological Mapping of Nct-Delhi".
5. Aquifer Mapping and Ground Water Management Plan of Nct Delhi, CGWB 2016.
6. <https://en.climate-data.org/asia/india/delhi/delhi-967662/>
7. Pollution C., Board C. Water quality status of Yamuna River (1999–2005) //Assessment and Development of River. – 2006. – Т. 136.
8. Said S., Hussain A. Pollution mapping of Yamuna River segment passing through Delhi using high-resolution GeoEye-2 imagery //Applied Water Science. – 2019. – Т. 9. – С. 1-8.
9. Final Report by Yamuna Monitoring Committee in OA No. 06 of 2012.
10. Sharma D., Kansal A. Current condition of the Yamuna River: An overview of flow, pollution load, and human use //Yamuna River: A confluence of waters, a crisis of need. – 2011.
11. <https://scijinks.gov/what-is-a-monsoon/>
12. Ground water year book (2021-2022) by Central Ground Water Board, Department Of Water Resources, River Development & Ganga Rejuvenation.
13. Sarkar A. et al. Groundwater environment in Delhi, India //Groundwater environment in Asian cities. – Butterworth-Heinemann, 2016. – С. 77-108.
14. Mukhopadhyay A. et al. Spatio-temporal analysis of land use-land cover changes in Delhi using remote sensing and GIS techniques //International journal of Geomatics and Geosciences. – 2013. – Т. 4. – №. 1. – С. 213-223.
15. <https://cpcb.nic.in/nwmp-data/>
16. Карта нарисована в Google Earth [Электронный ресурс]. – онлайн-режим <https://earth.google.com/web/> (проект запланирован на июль 2022 г.).
17. ГОСТ Р. 31861-2012. Вода. Общие требования к отбору проб; Введ. 01.01. 14 //М.: Изд-во стандартов. – 2004. – С. 1-13.

18. IS 3025-58 (2006): Methods of sampling and test (physical and chemical) for water and wastewater, Part 58: Chemical oxygen demand (COD).
19. IS 3025-44 (1993): Methods of Sampling and Test (physical and chemical) for Water and Wastewater, Part 44: Biochemical Oxygen Demand (BOD).
20. IS 3025-38 (1989): Methods of sampling and test (physical and chemical) for water and wastewater, Part 38: Dissolved oxygen.
21. ПНД Ф 14.1:2.159-2000 Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений массовой концентрации сульфат-ионов в пробах природных и сточных вод турбидиметрическим методом.
22. Приказ от 13.02.2016 г. N 552 «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения» (с изменениями на 10 марта 2020 года).
23. Основы гидрогеологии и инженерной геологии. [Методические указания к выполнению лабораторных работ по курсу «Основы гидрогеологии и инженерной геологии», направления 130100 «Геология и разведка полезных ископаемых»] / А. В. Леонова. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – 46 с.
24. Гидрохимические показатели состояния окружающей среды / под ред. Т.В. Гусевой. – Москва: ФОРУМ: Инфра-М, 2007. – 192 с.
25. СанПин 2.1.4.1074-01. 2022. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества.
26. Economic Survey of Delhi, 2021-22, by Planning department of Delhi, https://delhiplanning.delhi.gov.in/sites/default/files/Planning/13._water_supply_sewerage.pdf.
27. Parida P. K. et al. Impact of Anthropogenic Activity on Community Structure and Function of Microbiomes in Polluted Stretches of River Yamuna at New Delhi, India: Insights From Shotgun Metagenomics. – 2022.
28. BIS (ISI) Water Quality Standards for Classifying Surface Water Sources, ENVIS Centre: Punjab.
29. IS 10500 and IS 3025 (2012): Standards of water Second Revision by BUREAU OF INDIAN STANDARDS, New Delhi.
30. <http://www.ievbras.ru/ecostat/Kiril/Library/Book1/Content236/Content236.htm>
31. Yadav A., Khandegar V. Dataset on assessment of River Yamuna, Delhi, India using indexing approach //Data in brief. – 2019. – Т. 22. – С. 1-10.

32. Sehgal M. et al. Heavy metal contamination in the Delhi segment of Yamuna basin //Environmental monitoring and assessment. – 2012. – Т. 184. – С. 1181-1196.
33. <https://swachhindia.ndtv.com/yamuna-pollution-dead-fish-mathura-ghats-raise-pollution-alarm-27472/>
34. Ядав Б. Новые данные о химическом составе реки Ямуна (Дели, Индия) //Проблемы геологии и освоения недр: труды XXVI Международного симпозиума имени академика МА Усова студентов и молодых учёных, посвященный 90-летию со дня рождения НМ Рассказова, 120-летию со дня рождения ЛЛ Халфина, 50-летию научных молодежных конференций имени академика МА Усова, Томск, 4-8 апреля 2022 г. Т. 1. – Томский политехнический университет, 2022. – Т. 1. – С. 221-224.
35. Schilling K., Zessner M. Foam in the aquatic environment //Water research. – 2011. – Т. 45. – №. 15. – С. 4355-4366.
36. Annual Report 2020-21 by Central pollution control board, India.
37. Ruzicka K. et al. Cause and effect relationship between foam formation and treated wastewater effluents in a transboundary river //Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C. – 2009. – Т. 34. – №. 8-9. – С. 565-573.
38. Rai, Raveendra Kumar, et al. The Yamuna river basin: water resources and environment. Vol. 66. Springer Science & Business Media, 2011.
39. Sharma D., Kansal A. Current condition of the Yamuna River: An overview of flow, pollution load, and human use //Yamuna River: A confluence of waters, a crisis of need. – 2011.
40. Dutova E. M., Nikitenkov A. N., Kuzevanov K. I. The HydroGeo software package and its usage. – 2019.
41. Subramanian V., Saxena K. K. Chemistry of monsoon rain water at Delhi //Tellus. – 1980. – Т. 32. – №. 6. – С. 558-561.
42. Шварцев С. Л. Гидрогеохимия зоны гипергенеза. – 2-е изд. испр. и доп. – М.: Недра, 1998. – 366 с.
43. Токаренко О. Г., Никитенков А. Н., Пасечник Е. Ю. Анализ минеральных равновесий термальных вод Байкальской рифтовой зоны с использованием программных пакетов Hydrogeo и PHREEQC //Современные проблемы гидрогеологии, инженерной геологии и гидрогеоэкологии Евразии: материалы Всероссийской конференции с международным участием, г. Томск, 23-27 ноября 2015 г. – Томск, 2015. – 2015. – С. 458-462.
44. <https://www.insightsonindia.com/indian-geography-2/drainage-system/himalayan-drainage-system/>

45. ПНД Ф 14.1:2:3:4.123-97 Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений биохимической потребности в кислороде после n-дней инкубации (БПКполн.) в поверхностных пресных, подземных (грунтовых), питьевых, сточных и очищенных сточных водах.
46. ГОСТ 17.1.3.13-86 Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к охране поверхностных вод от загрязнения.
47. ГОСТ 17.1.5.04-81 Охрана природы. Гидросфера. Приборы и устройства для отбора, первичной обработки и хранения проб природных вод. Общие технические условия.
48. OSHWC code 2020 by Minister of State (IC) Labour and Employment, India.
49. РФ Т. К. N 197–ФЗ Трудовой кодекс Российской Федерации от 30 декабря 2001 г. № 197-ФЗ (с изм. от 16 декабря 2019 г.) //Собрание законодательства РФ. – 2019..
50. <https://labour.gov.in/sites/default/files/SafetyHealthandEnvironmentatWorkPlace.pdf>
51. ГОСТ 12.2.032-78 Система стандартов безопасности труда. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.
52. ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация».
53. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
54. ГОСТ 12.1.005-88. ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
55. СП 60.13330.2016.Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Актуализированная редакция СНиП 41-01-2003.
56. СП 11-102-97.Инженерно-экологические изыскания для строительства.
57. СП 116.13330.2012 Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 22-02-2003.
58. ГОСТ 12.2.003-91 ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности.
59. ГОСТ 12.3.009-76 ССБТ. Работы погрузочно-разгрузочные. Общие требования безопасности.
60. ГОСТ 12.1.008-76 ССБТ. Биологическая безопасность. Общие требования;
61. ГОСТ 12.4.011-89 ССБТ. Средства защиты работающих. Общие требования и классификация.

62. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещённому освещению жилых и общественных зданий.
63. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95.
64. ГОСТ 12.2.061-81 ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности к рабочим места.
65. СанПиН 2.2.2/2.4.1340–03. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы».
66. ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление;
67. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов.
68. ГОСТ 12.1.019-2017 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
69. ГОСТ 12.1.045-84 ССБТ. Электростатические поля. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля.
70. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности (с изменениями на 29 июля 2017 года) (редакция, действующая с 31 июля 2018 го-да).
71. ГОСТ 12.3.002-2014 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Процессы производственные. Общие требования безопасности.
72. НПБ 105-03 Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности.
73. СНиП 21-01-97* (СП 112.13330.2011) Пожарная безопасность зданий и сооружений (с изменениями N 1, 2).
74. ГОСТ 12.1.004-91 Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования.
75. Golev A. et al. Rare earths supply chains: Current status, constraints and opportunities //Resources Policy. – 2014. – Т. 41. – С. 52-59.
76. World Health Organization et al. Uranium in drinking-water: background document for development of WHO guidelines for drinking-water quality. – World Health Organization, 2004. – №. WHO/SDE/WSH/03.04/118.
77. Banning A., Benfer M. Drinking water uranium and potential health effects in the German Federal State of Bavaria //International journal of environmental research and public health. – 2017. – Т. 14. – №. 8. – С. 927.

78. National Research Council et al. Wetlands: Characteristics and boundaries. – National Academies Press, 1995.
79. Md Anawar H., Chowdhury R. Remediation of polluted river water by biological, chemical, ecological and engineering processes //Sustainability. – 2020. – T. 12. – №. 17. – C. 7017.

Приложение I

(справочное)

Ecological and geochemical state of the Yamuna River in city Delhi, India.

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ВМ12	Ядав Бхупендер		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОГ ИШПР	Токаренко Ольга Григорьевна	к.г.-м.н.		

Консультант-лингвист отделения иностранных языков ШБИП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОИЯ	Сыскина Анна Александровна	к. ф. н.		

Water is the most crucial resource, and its quality directly impacts human health, soil fertility, biogeochemical cycles, welfare, food security, and industrial development. Human activities have the potential to condition and alter natural ecosystems, leading to negative consequences in fluvial ecosystems.

Over the past few decades, water quality has become closely linked to population growth, urban development, intensive agricultural activities, pasture degradation, and deforestation. While these factors contribute to land degradation processes, insufficient attention is given to water resource management and ecosystem planning. Rapid urban changes can significantly alter water quality and quantity, thereby disrupting the water balance in watersheds and increasing soil erosion and nutrient losses.

India is currently one of the world's fastest-growing economies, but this economic growth is accompanied by severe environmental challenges. Although measures have been taken to protect the environment, they cannot entirely mitigate the intense impact of urbanization, industrialization, and agriculture on the natural environment, including water resources.

The choice of the topic for this work is motivated by the fact that rivers are the most polluted water bodies today. Rivers are a vital component of our ecosystem as they not only provide drinking water for billions of people but also support aquatic life. However, global pollution, such as the discharge of industrial, municipal, and agricultural waste, has inflicted significant damage on river ecosystems and jeopardized access to clean drinking water. Moreover, the pollution from rivers flowing into the oceans can have far-reaching consequences.

Numerous rivers, including the Chitarum River (Indonesia), the Yellow River (China), the Sarno River (Europe), the Mississippi River (USA), and the Ganges River (India), are among the most polluted rivers in the world. In India, many cities, including Delhi, the capital, face the challenge of providing clean water due to pollution in the Yamuna River.

A.1. RIVERS IN THE INDIA

In India, rivers have a divine status in Indian history. Each stream has something special associated with its geographic location, ancient mythology and physical demographics.

The rivers of India are subject to a primary classification based on their geographic origin and fall into three categories:

Himalayan rivers

Rivers of the peninsula

Coastal rivers

The Himalayan rivers form a large basin in India which includes three rivers (the Indus, Ganges and Brahmaputra river system) flowing through the Himalayan belt, which has led to this uplift in the mountainous region. Himalayan rivers are perennial. This is because their fresh water comes from both melting ice caps and precipitation (Fig.A.1).

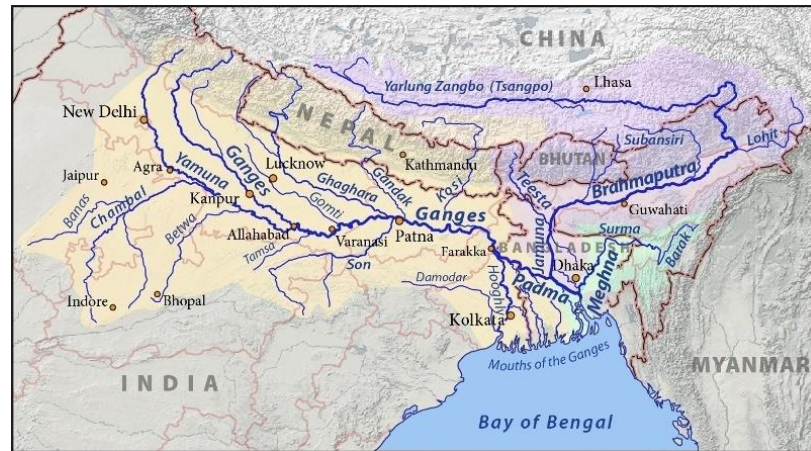


Figure A.1 - Map of all the rivers of the Himalayas in India [44]

A.2 HYDROGEOLOGICAL STRUCTURE OF THE DELHI

A.2.1 Hydrological conditions

The Yamuna River is flowing from north to south in city Delhi.

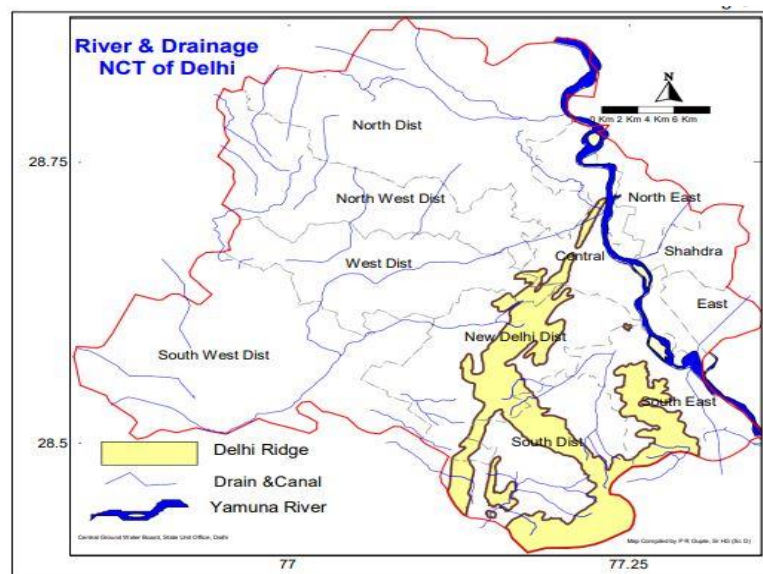


Figure A.2 - Map of flows and rivers of the Delhi region [12]

The City is divided into seven sub-basins, ineluctably flowing into the Yamuna (Fig. A.2).

1. Najafgarh drainage (approximately 39 km long), flows to the northeast and meets river at Wazirabad (North Delhi).
2. Supplemental drainage,
3. Barapulla drainage

4. Wildlife reserve,
5. Shahadra Drainage,
6. Bawana drainage basin,
7. Other drains which are flowing on the right bank of the river as well as wetlands which are present into the Yamuna floodplains (from CGWB).

A.2.2 Hydro geological conditions

The subsurface section of the Yamuna River floodplain shows a quartzite ridge separating the predominantly sandy active floodplain downstream from Jagatpur and upstream from Usmanpur. The subsurface profile also shows a much deeper freshwater/saltwater interface south of the Delhi Ridge from Shantiwan to Molar Bound in relation to Burari and Jagatpur, north of the ridge (Fig. A.3) [13].

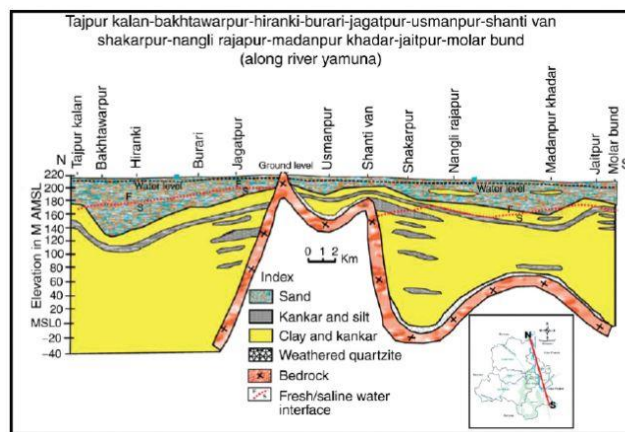


Figure A.3 - Geological section of the Yamuna River. (Source: CGWB2006a) [13].

The depth to water level recorded in the city of Delhi in May 2021 ranges from 0.5 to 64.85 m above sea level. A map showing the Delhi water table in May 2021 is shown in fig. A.4.

In Delhi, there are shallow waters with water levels up to 5 m above sea level, which occur in section of West, Southwest, North, Northwest, and Central part of the city. Underground water levels from 20 m to 65 bbl. are optically canvassed in about 24% of Delhi, importantly in the South and New Delhi areas, as well as in minor sections of the southwest, southeast and north regions. In other areas of Delhi, the water level varies from 5 to 20 m above sea level [12].

Groundwater level of Delhi, Contour map of groundwater level in May 2021 is presented in fig. A.5. A close examination of the map shows that the height of the domain of water table arise from 175.74 m above sea level to 261 m in Southern Delhi. Important groundwater recharge sections of region Delhi are from the Aravalli Ranges. In these sections, the groundwater level varies from 210 to 240 m above sea level [13].

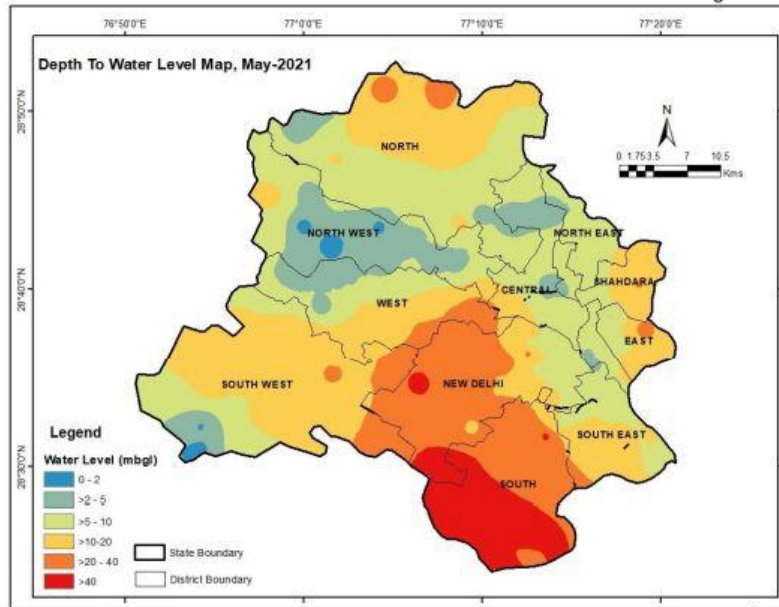


Figure A.4 - Map of the depth to the water level in the city of Delhi for May 2021 [12].

In the rest of Delhi area, the groundwater contour aligns with the general topography of the region. In the vicinity of the flood zone of the Yamuna River, the groundwater level typically ranges from 185 to 200 meters above sea level. The water table configuration in the majority of the Yamuna flood zone in Delhi, on both banks of the river, indicates the influence of the river's inflow. However, there is a small section in the South-East where the groundwater dynamics deviate.

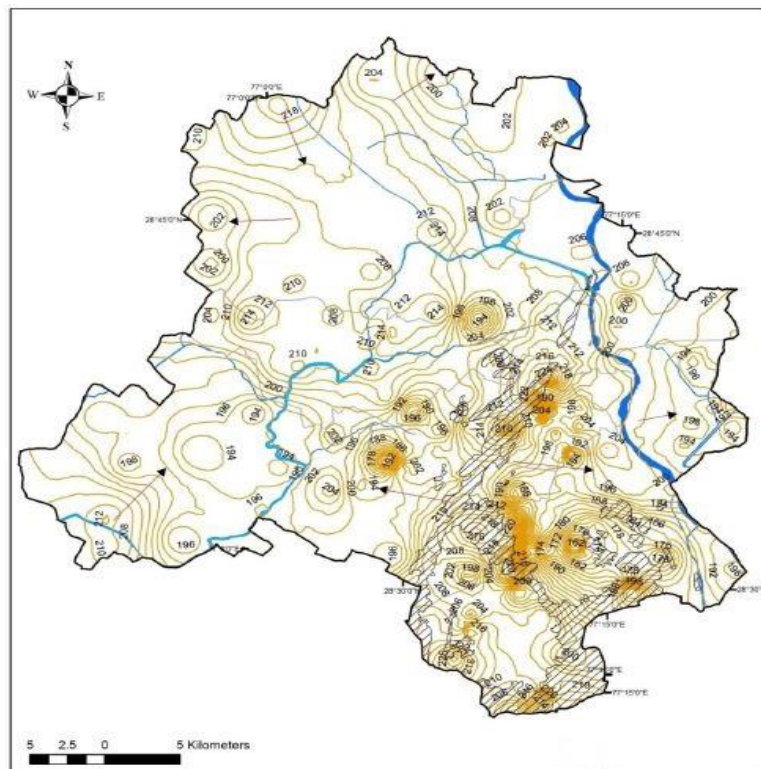


Figure A.5 - Map of the groundwater level in Delhi. [12]

A.3. ANALYSIS OF ACTUAL MATERIALS

In this study, data for these locations were taken from the Yamuna River Water Quality Status (1999-2005) CPCB 2006 [7], the Yamuna River Annual Reports of the Ministry of Water Resources of India [9] [15]. Several important parameters were studied such as pH, electrical conductivity EC, dissolved oxygen DO, biochemical oxygen demand BOD, total nitrogen and total phosphorus.

A.3.1 Change in pH value in river water

pH value of the Yamuna River in the study area from 1999 to 2022 fluctuated between 7.1 - 8.3. The pH level exceeded the 8.5 criteria set for wildlife breeding and fishing. However, the pH was mostly in the alkaline range. The observed pH in Wazirabad is higher than in Nizamuddin and Okhla and was 7.90 ± 0.3 , 7.50 ± 0.4 and 7.48 ± 0.42 , respectively. It is noticed that the pH of the river decreases on Okhla (Fig.A.6).

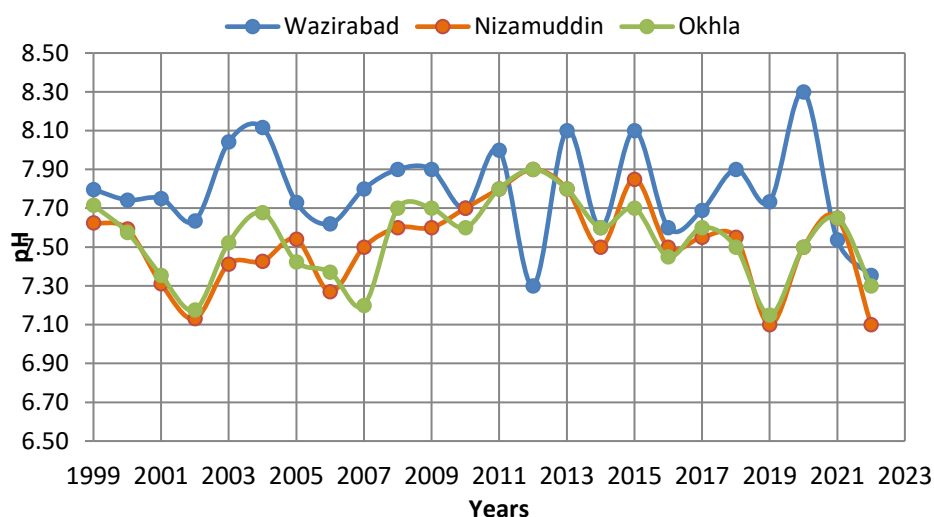


Figure A.6 - Changes in the pH value of water from 1999 to 2022 in the Yamuna River.

A.3.2 Change in biochemical oxygen demand

The BOD of clean rivers is usually below 2 mg/l, for rivers with moderate pollution - 2–8 mg/l, for rivers with severe pollution - more than 8 mg/l (WWAP, 2016). The BOD value in the river at Wazirabad is lower, however, it increased after 2012 (Fig. A.7), but increases immediately at Nizamuddin, then decreases at Okhla between 1999 and 2005. The Biological Oxygen Demand (BOD) of the Yamuna River has shown a consistent increase over the years, with a particularly high value recorded in 2004. Based on the BOD measurements, the condition of the Yamuna River from 2006 to 2014 can be classified as moderately polluted [29]. Over the years, BOD is exceeding 50 mg/l in place of Wazirabad and Okhla according to the year 2022.

The direct discharge of untreated sewage into the river has resulted in significant sewage pollution, leading to maximal changes in the Biological Oxygen Demand (BOD) of the river water in Delhi.

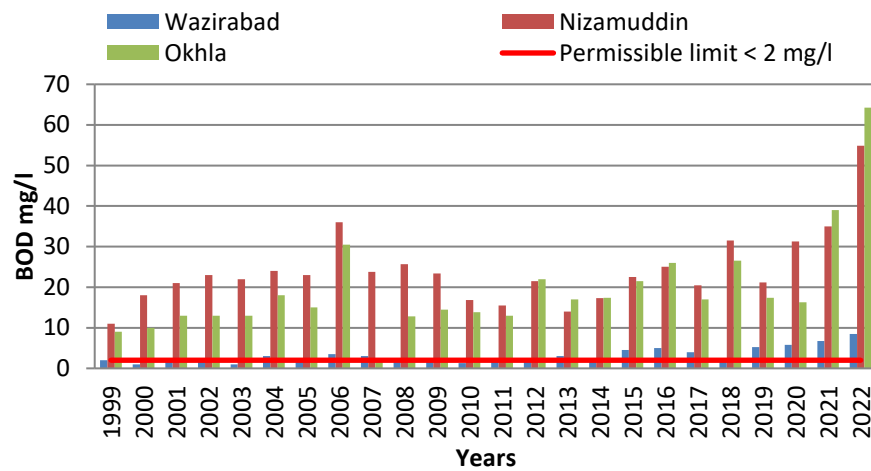


Figure A.7 - Changes in the value of the biochemical oxygen demand of water from 1999 to 2022 in the Yamuna River.

A.3.3 Changing the Dissolved Oxygen value

Dissolved oxygen (DO) concentrations in the river Yamuna ranged from 0 to 10 mg/L in Delhi (Figure A.8). The required DO value for the survival of aquatic life and fishery is more than 6 mg/l [22].

Dissolved oxygen levels in the River at Nizamuddin and Okhla remain below 2 mg/l for most of the year and cannot support fisheries, however in Wazirabad the DO has always been between 5.9 and 10.5 mg/l.

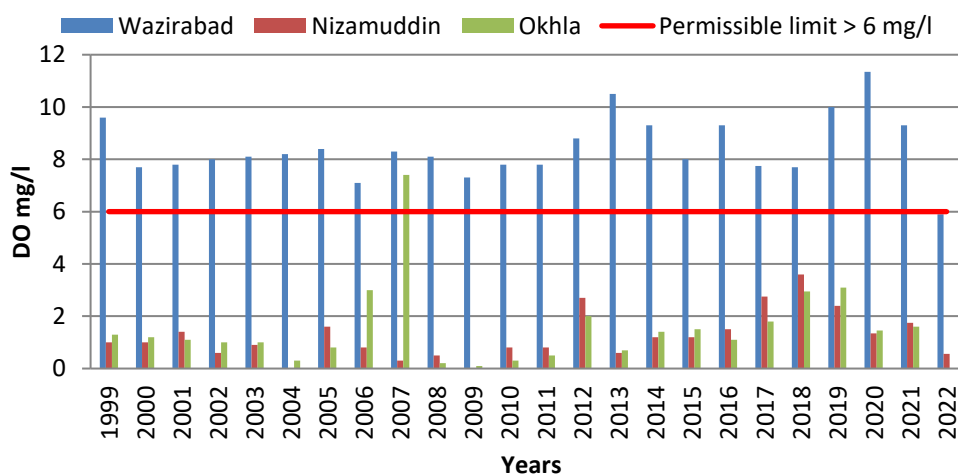


Figure A.8 - Changes in the value of dissolved oxygen of water from 1999 to 2022 in the Yamuna River.

A.3.4 Changing the value of electrical Conductivity

EC values indirectly indicate solids dissolved in water and indicate changes in water quality. The EC value of the Yamuna River varied from 352 to 2037 $\mu\text{S}/\text{cm}$ in the section from Palla to Okhla during 2001-2021 in fig. A.9.

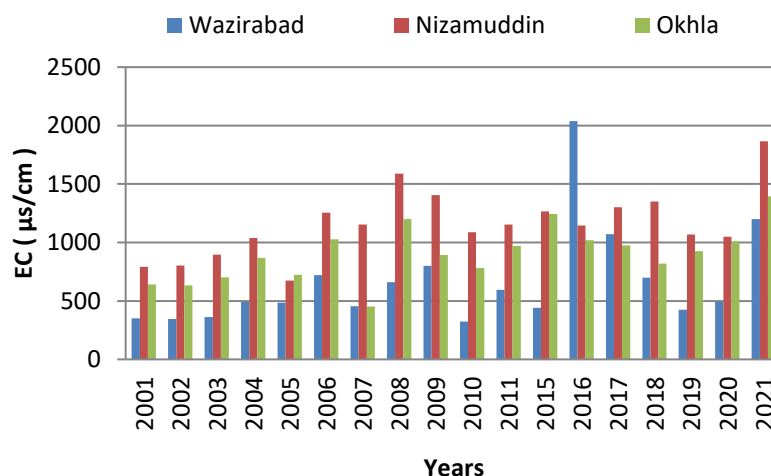


Figure A.9 - Changes in the EC value of water from 1999 to 2022 in the Yamuna River.

A.4. ASSESSMENT OF THE ECOLOGICAL STATE OF THE RIVER

A.4.1. Anthropogenic-technogenic load on the Yamuna River

The study area is an indicator of human activity. Along the entire length of the river in Delhi, there is a large amount of agricultural land, cultural activities, a coal-fired power plant, a protected forest, solid waste dumps and construction sites and scavengers.

A large number of bridges have been built across the river throughout the city, including metro and railway bridges.

Half of the coastal zone is almost completely built-up area with the remains of a floodplain. Livestock, an animal shelter, open laundry, playgrounds, open defecation, plastic dumping and gas stations were also noted.

Despite the unsatisfactory state of the coastal zone, the river valley is a favorite place for people to walk and relax.

During the ongoing research on the Yamuna River, several instances of illegal settlements and organizations situated in the coastal zone were observed, along with the unauthorized discharge of wastewater in open areas and the improper release of wastewater by vehicles, construction sites, garages, and car services. Additionally, unidentified sources of pollution, including "illegal sewer pipes," were identified [36].

Having considered the indications of the chemical analysis of waters and the nature of the anthropogenic and technogenic load, it was noted that the main pollutants of the water of the

Yamuna River are storm runoff, wastewater arbitrarily discharged into the reservoir, domestic wastewater and construction waste. raw sewage, domestic waste, open drainage, construction in progress, open laundry sewage, municipal solid waste, auto repair waste, open defecation waste, biological contaminants (human feces, animal excrement). Discharge of sewage from special tanks and separate sources of pollution from people and domestic animals.

A.4.2 Ecological State

The results of the study of the ecological state of the Yamuna River area in Delhi, India, continue to cause serious concern. The river, which is considered sacred and plays a crucial role in the lives of millions of people, faces significant environmental problems that continue to worsen its overall condition.

From an ecological point of view, the Yamuna River is heavily polluted, mainly due to the discharge of untreated domestic and industrial wastewater. High levels of pollutants, including heavy metals, organic compounds and nutrients, have had a detrimental effect on the ecosystem of the river. The aquatic flora and fauna of the Yamuna River have been significantly affected, which has led to a reduction in the number of species and the overall biodiversity of the river. The ecological imbalance caused by pollution poses a threat to the long-term sustainability of the river and its dependent communities.

Changes in dissolved oxygen (DO), pH, and biological oxygen demand (BOD) and electrical conductivity (EC) in the Yamuna River in Delhi from 1999 to 2021 indicate an alarming environmental trend. The data collected during this period indicate a significant deterioration in water quality. The pH level, an indicator of the acidity or alkalinity of water, has also fluctuated over the years. As for the level of dissolved oxygen, there was a noticeable decrease from 1999 to 2021. The increase in biological oxygen demand (BOD) is another alarming trend in the Yamuna River. BOD is an indicator of the amount of oxygen required for microorganisms to decompose organic matter in water. Higher BOD values indicate a greater load of organic pollution, which can lead to a decrease in oxygen levels and the death of aquatic organisms. Electrical conductivity (EC) is a parameter that reflects the concentration of dissolved ions in water and is often used as an indicator of overall water quality. From 1999 to 2021, there was a constant increase in the level of EC in the Yamuna River.

A.4.3. Geochemical State

In addition, the geochemical state of the Yamuna River near Delhi indicates alarming levels of pollution. The content of heavy metals, such as zinc, copper, nickel, iron and strontium,

significantly exceeds the permissible norms of the MPC of the Fish life of the Russian Federation and the Indian BIS standard for drinking water, which poses a serious threat to human health. The total average concentration of heavy metals observed in this study is in the following order: Fe > Zn > Ni > Cr > Cu > Pb > Cd. These pollutants enter the food chain through fish and other aquatic organisms, ultimately affecting the well-being of local communities that depend on the river as a source of sustenance.

The composition of cations and anions in the Yamuna River in Delhi shows a complex and diverse mixture of elements and compounds. River water contains a number of cations, including calcium (Ca^{2+}), magnesium (Mg^{2+}), sodium (Na^+) and potassium (K^+), which contributes to the overall salinity and alkalinity of the water. Similarly, the Yamuna River also carries numerous anions such as chloride (Cl^-), sulfate (SO_4^{2-}), nitrate (NO_3^-) and bicarbonate (HCO_3^-). By calculating the composition of the Yamuna River water according to Kurlov's formula, it was found that the chemical type of water is chloride-bicarbonate-sodium and bicarbonate-chloride-sodium-calcium. Description of the chemical type According to S.A. Shchukarev, it was found that the water of the Yamuna is slightly brackish and fresh, slightly alkaline. These cations and anions come from a variety of sources, such as agricultural runoff, industrial effluents, and household waste.

The presence of high levels of cations and anions in the Yamuna River indicates pollution and degradation of the water body. Elevated levels of these ions can lead to adverse effects on the environment, including a decrease in oxygen levels, disruption of the vital activity of aquatic organisms and an increased risk to human health.

The content of nitrogen compounds in the water of the Yamuna River in Delhi exceeds the MPC of the fish life of the Russian Federation. The content of phosphorus, such as phosphates, in water is mostly higher than the Indian standard; this may occur due to various human activities, including industrial discharges. These phosphates act as nutrients, leading to eutrophication, which promotes the growth of algae and other aquatic plants. This excessive growth, combined with a high content of organic substances and environmental pollution, leads to the rapid decomposition of these organisms, reducing the level of dissolved oxygen in the water. Consequently, anaerobic conditions prevail, leading to the release of gases, including carbon dioxide and methane. The content of surfactants also exceeds Indian norms, which are usually contained in detergents, and cleaning products fall into the river, these factors contribute to the formation of toxic foam in the Yamuna River.

Efforts have been made by the Government, civil society organizations and stakeholders to address the problems faced by the Yamuna River. Numerous initiatives have been put forward to combat pollution, including the construction of sewage treatment plants, coastal development

projects and awareness campaigns. However, despite these efforts, the overall progress in improving the ecological and geochemical state of the river has been slow and insufficient.

To restore the health of the Yamuna River, it is extremely important to apply an integrated and holistic approach. This should include stricter compliance with environmental regulations, efficient wastewater treatment systems and innovative wastewater management methods. In addition, public participation and awareness should be encouraged to promote responsible behavior and reduce pollution at its source. Collaboration between government agencies, local communities and stakeholders is essential to achieve sustainable and long-term improvements.

Conclusion

In conclusion, urgent measures must be taken to address the environmental and geochemical problems faced by the Yamuna River near Delhi. Only through concerted efforts and a shared commitment to environmental protection will we be able to restore the health of the river, preserve its biodiversity and ensure the well-being of the communities that depend on its resources. The restoration of the Yamuna River is not only an environmental imperative, but also a crucial step towards creating a sustainable future for Delhi and the surrounding region.