

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 Природообустройство и водопользование  
 Отделение геологии

### МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ


Тема работы
<b>Современное состояние водных ресурсов в регионе Тимика (Папуа, Индонезия)</b>

УДК 556:622(594)

Студент


Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ВМ02	Кадепа Агустинус		06.06.22

Руководитель ВКР


Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОГ	Решетько М.В	к.г.н.		06.06.22

### КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:


По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ШБИП	Рыжакина Т.Г.	к.э.н.		30.05.2022

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ШБИП	Сечин А.А.	к.т.н.		30.05.2022

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОГ	Пасечник Е.Ю.	к.г-м.н.		06.06.22

Томск – 2022 г.

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

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
2ВМ02	Кадепа Агустинус

Тема работы:

Современное состояние водных ресурсов в регионе Тимика (Папуа, Индонезия)

Утверждена приказом директора (дата, номер)

№ 17-18/с от 17.01.2022 г.

Срок сдачи студентом выполненной работы:

6.06.2022

#### 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.).*

Материалы, полученные в период прохождения практики в экологической лаборатории отдела охраны окружающей среды PT Freerport Indonesia в Тимика (Папуа, Индонезия); литературные источники, материалы открытых источников, данные бюро статистики Индонезии

<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>  <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки 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).</i></p>	<p>Описать физико-географические, социально-экономические условия и экологические проблемы района исследований; проанализировать антропогенную нагрузку, рассмотреть факторы, влияющие на состояние водных ресурсов; оценить состояние водных ресурсов; предложить меры для улучшения состояния водных ресурсов в районе исследований</p>
--	---

<p><b>Перечень графического материала</b>  <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	
--	--

<p><b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b>  <i>(с указанием разделов)</i></p>	
---	--

Раздел	Консультант
<p><b>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</b></p>	<p>Доцент ОСГН ШБИП, Рыжакина Т.Г.</p>
<p><b>Социальная ответственность</b></p>	<p>Доцент ООД ШБИП, Сечин А.А.</p>
<p><b>Английский язык</b></p>	<p>Ст. преп. ОИЯ ШБИП, Кемерова Н. С.</p>

<p><b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b></p>
--

<p>RECENT CONDITION OF WATER RESOURCES IN THE TIMIKA REGION (PAPUA, INDONESIA) (Приложение А)</p>
---

<p><b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b></p>	
--	--

**Задание выдал руководитель / консультант (при наличии):**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
<p>Доцент</p>	<p>Решетько М.В.</p>	<p>к.г.н.</p>		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
<p>2BM02</p>	<p>Кадепа Агустинус</p>		

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: Природообустройство и водопользование  
 Уровень образования: высшее профессиональное образование  
 Отделение геологии  
 Период выполнения (осенний / весенний семестр 2021 /2022 учебного года)

Форма представления работы:

<b>Магистерская диссертация</b>
---------------------------------

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

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН  
выполнения выпускной квалификационной работы**

Срок сдачи студентом выполненной работы:	6.06.2022
--	-----------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
14.05.2021	<i>Изученность исследуемой темы</i>	10
15.10.2021	<i>Физико-географическая, социально-экономическая характеристика и экологические проблемы района исследований</i>	10
15.11.2021	<i>Методика исследования</i>	5
15.03.2022	<i>Антропогенные факторы, негативно влияющие на водные ресурсы</i>	10
30.04.2022	<i>Оценка современного состояния водных ресурсов</i>	10
25.05.2022	<i>Меры для улучшения состояния водных ресурсов в районе исследований</i>	5
20.05.2022	<i>Английская часть</i>	10
30.05.2022	<i>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</i>	10
30.05.2022	<i>Социальная ответственность</i>	10

**СОСТАВИЛ:**

**Руководитель ВКР**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОГ	Решетько М.В.	К.Г.Н.		

**СОГЛАСОВАНО:**

**Руководитель ООП**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОГ	Пасечник Е.Ю.	К.Г.-М.Н.		

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 173 с., 27 рис., 33 табл., 66 источников, 11 приложений.

**Ключевые слова:** водные ресурсы, экологические последствия, горнодобывающая промышленность, отходы обогащения, Грасберг, Тимика, Папуа, Индонезия.

**Объектом** исследования являются природные воды региона Тимика (Папуа, Индонезия).

Целью данного исследования является выявление факторов, влияющих на состояние водных ресурсов в регионе Тимика, Папуа.

В работе проведено описание физико-географических, социально-экономических условий и экологических проблем района исследований; проведен анализ изученности проблемы; проанализирована антропогенная нагрузка, рассмотрены факторы, влияющие на состояние водных ресурсов; изучены мероприятия, предпринимаемые компанией для минимизации негативных последствий горнодобычи; оценено состояние водных ресурсов; предложены меры для сохранения природных вод в районе исследований.

**В процессе исследования** выполнен поиск информации по теме исследований на английском, русском и индонезийском языках; проведена оценка состояния водных ресурсов на основе данных химического анализа проб поверхностных и подземных вод.

**В результате исследования** выявлены факторы, влияющие на современное состояние водных ресурсов в регионе Тимика; рассмотрено влияние разработки месторождения Грасберг компанией PT Freeport Indonesia на природные воды региона Тимика (Папуа, Индонезия); с помощью данных химического анализа проб поверхностных, подземных вод и материалов, предоставленных компанией, оценено состояние водных ресурсов; дана оценка распределению расходов, скоростей потока и кратности разбавления по длине реки. предложены меры для улучшения состояния природных вод.

## **Определения, сокращения, обозначения**

1. ModADA – Modified Ajkwa Deposition Area (Модифицированная зона осадения Айка)
2. PTFI- PT Freeport Indonesia
3. SPOLA- Special Production Operations License Area (лицензия на специальные производственные операции)
4. TRMP -Tailing River Management Project (Проект управления хвостохранилищем)
5. CNV – Carbonate Neutralizing Value (Значение нейтрализации карбонатов)
6. MPA- Maximum Potential Acidity (Максимально возможная кислотность)
7. NAPP -Net Acid Producing Potential (Чистый кислотообразующий потенциал)
8. ERA-Environmental Risk Assessment (Оценка экологических рисков)
9. SOP-Standard Operation Procedure (Стандартная рабочая процедура)
- 10.AMW-Acid Mine Water (Кислотная шахтная вода)
- 11.LIPI-Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (Индонезийский институт наук)
- 12.TEL-Timika Environmental Laboratory (Экологическая лаборатория Тимика)
- 13.TSS- Total Suspended Solid (Всего взвешенных твердых частиц)
- 14.WC- Contract of Work (Контракт работы)

## Оглавление

Введение.....	10
1. Физико-географическая характеристика территории Папуа (Индонезия).....	12
1.1 Географическое положение территории исследований.....	12
1.2. Геологическое строение и рельеф.....	14
1.3. Климат и поверхностные воды.....	18
1.4. Гидрогеологические условия.....	20
1.5 Почвы и растительный мир .....	21
2. Социально-экономическая характеристика и экологические проблемы .....	22
2.1. Демографическая ситуация.....	23
2.2. Экономика.....	25
2.3. Экологические проблемы.....	26
3. Современное состояние водных ресурсов в регионе Тимика.....	31
3.1. Физико-географическая характеристика района исследований ...	31
3.1.1. Геологические условия и рельеф .....	31
3.1.2. Гидрогеологические условия.....	33
3.1.2. Климат и водные ресурсы .....	34
3.2. Антропогенная нагрузка на территории исследований .....	39
3.2.1. Воздействие эксплуатации месторождения на окружающую среду .....	39
3.2.2. Усилия компании по снижению воздействия на окружающую среду .....	44
3.2.3. Мониторинг окружающей среды компанией .....	49

3.3. Изучение состояния водных ресурсов в регионе Тимика .....	51
3.2.1. Материалы и методика исследований .....	52
3.2.2. Поверхностные воды .....	56
3.2.3. Подземные воды.....	60
3.2.4. Оценка гидрологических характеристик по длине реки .....	61
3.2.5 Меры для улучшения состояния природных вод.....	64
4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	66
4.1 Предпроектный анализ .....	66
4.2 Инициация проекта.....	75
4.3 Планирование управления научно-техническим проектом .....	76
4.3 Бюджет научного исследования.....	78
4.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности .....	87
5. Социальная ответственность .....	96
5.1. Юридические вопросы и организация безопасности.....	96
5.2. Анализ вредных факторов производства и мероприятия по их предупреждению .....	99
5.3. Анализ вредных факторов производства и действия по их устранению на производстве .....	100
5.4. Экологическая безопасность .....	110
5.5. Безопасность в аварийных ситуациях.....	110
Заключение .....	113
Список публикаций студента .....	117
Список использованных источников .....	118



Приложение А .....	124
Приложение Б.....	139
Приложение В .....	140
Приложение Г.....	141
Приложение Д .....	142
Приложение Е.....	143
Приложение Ж .....	144
Приложение И .....	145
Приложение К .....	148
Приложение Л .....	155
Приложение М .....	156

## **Введение**

Актуальность исследования. В условиях необходимости перехода мирового сообщества к устойчивому развитию особое значение должно придаваться как высокой экономической эффективности, так и экологической безопасности. Индонезия это одна из динамично развивающихся стран Юго-Восточной Азии, где экономический рост сопровождается серьезными экологическими проблемами. Принимаемые меры по охране окружающей среды в настоящее время не могут полностью ликвидировать интенсивное воздействие горнодобывающей отрасли на компоненты природной среды, в том числе и на водные ресурсы.

Выбор темы выпускной диссертационной работы обусловлен тем, что последствия горнодобычи в регионе богатом природными ресурсами, оказали негативное влияние на окружающую среду, в том числе и на водные ресурсы. Примером может служить месторождение Грасберг в регионе Тимика (Папуа, Индонезия), где ведется добыча серебра, золота, меди, а река Айква используется в качестве хвостохранилища для размещения отходов обогащения, речная вода непригодна для питья, ихтиофауна практически вымерла, многие гектары мангровых лесов превратились в пустоши.

Объектом исследования являются природные воды региона Тимика (Папуа, Индонезия).

Предметом исследования являются факторы, влияющих на состояние природных вод в регионе Тимика (Папуа, Индонезия).

Перед автором стоят следующие основные задачи:

- Описать физико-географические и социально-экономические условия района исследований,
- Рассмотреть особенности воздействия горнодобывающей промышленности на водные ресурсы в районе исследований.
- Оценить состояние водных ресурсов.
- Предложить меры для сохранения природных вод в районе исследований.

## Фактический материал и методы исследования

Основой магистерской диссертации послужил фактический материал, собранный автором во время производственной практики в экологической лаборатории отдела охраны окружающей среды PT Freeport Indonesia в Тимика (Папуа, Индонезия); результаты предыдущих исследований и данные из открытых источников, в том числе гидрометеорологические данные Всемирной метеорологической организации, немецкой службы погоды и Федерального агентства по гидрологии Германии.

### Апробация работы.

Основные результаты диссертационной работы докладывались на XXVI Международном научном симпозиуме молодых ученых и студентов имени академика М.А. Усова «Проблемы геологии и освоения недр», посвященном 90-летию со дня рождения Н.М. Расказова, 120-летию со дня рождения Л.Л. Халфина, 50-летию научных молодежных конференций имени академика М.А. Усова (Томск, 2022).

Автор выражает благодарность своему научному руководителю доц. М.В. Решетько, сотрудникам отделения геологии профессору Е.М. Дутовой, профессору О.Г. Савичеву, доц. А.Н. Никитенкову за внимание, ценные советы и помощь при выполнении работы.

## 1. Физико-географическая характеристика территории Папуа (Индонезия)

Территория исследований расположена в западной части острова Новая Гвинея, принадлежащей Индонезии, на востоке Индонезийского архипелага.

### 1.1 Географическое положение территории исследований

Индонезия – страна-архипелаг, имеющая разнообразные формы земной поверхности, как на суше, так и на морском дне. Географическое положение Индонезии, окруженной двумя континентами (Азией и Австралией), и между двумя океанами (Индийским и Тихим океаном), оказывает большое влияние на природные условия и жизнь людей. Индонезии состоит огромного количества островов (свыше 17 тысяч) общей площадью около 1,8 млн км<sup>2</sup> (рис. 1.1). Особенности Индонезии влекут за собой следующие преимущества: возможность сотрудничества и улучшение мирных и беспрепятственных торговых связей с другими странами, благоприятная конкуренция, богатые морские ресурсы.



Рисунок 1.1 – Географическое положение территории исследований [11]

Географическое положение Индонезии может привести и к потерям, например, в общественном устройстве индонезийцы могут подвергаться влиянию чужих культур, которые поглощаются без избирательного процесса

отбора. Эта негативная тенденция может привести к исчезновению уважения и к тому, что местная культура будет менее поддерживаться или отвергаться.

Остров Новая Гвинея второй по величине на Земле (после Гренландии), расположен в западной части Тихого океана, полностью расположен в экваториальных широтах, площадь острова свыше 829 тыс. км<sup>2</sup>, длина свыше 2000 км, ширина около 700 км [4]. Остров расположен к северу от Австралии, отделён от неё Торресовым проливом. Омывается на юге Арафурским и Коралловым, на востоке – Новогвинейским и Соломоновым морями, на западе – морем Серам (рис.1.2). Восточная часть острова – территория государства Папуа-Новая Гвинея, западная часть принадлежит Индонезии.

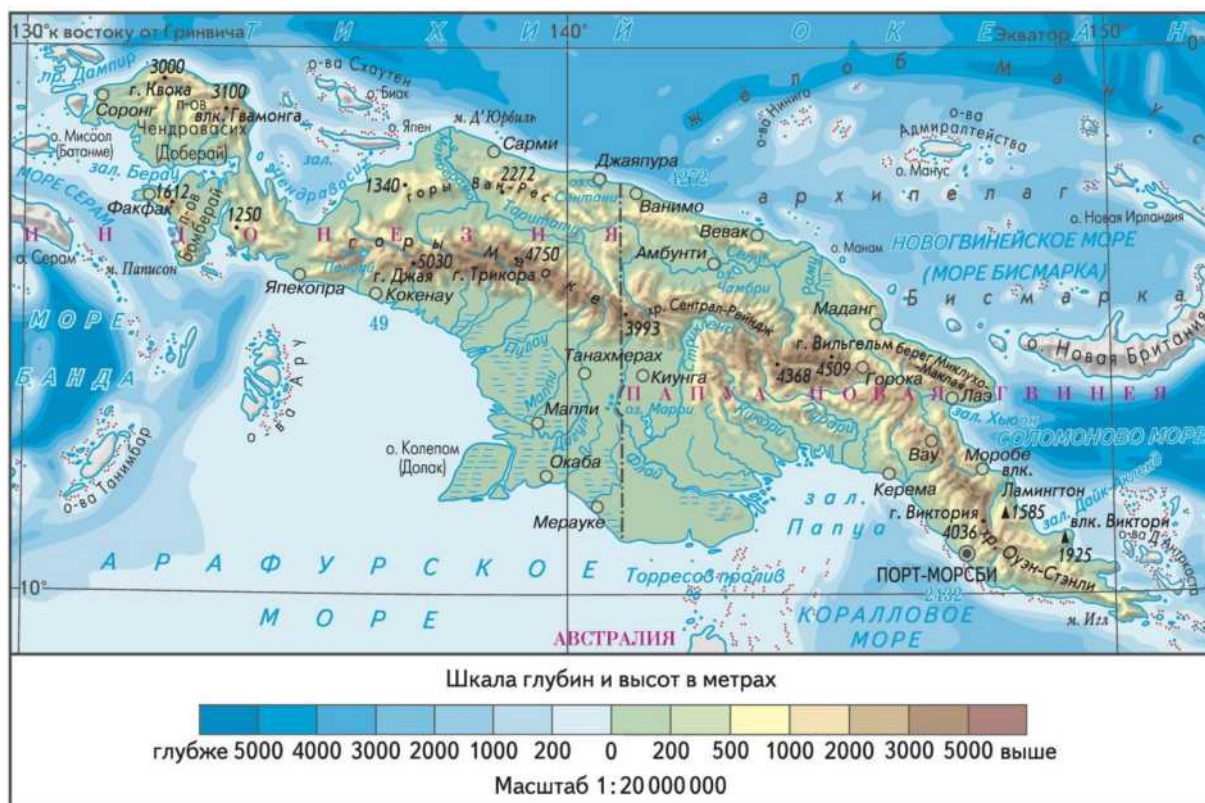


Рисунок 1.2 – Остров Новая Гвинея [4]

Очертаниями остров напоминает силуэт экзотической птицы; одно из названий западного полуострова Чендравасих (Доберай), или Вогелкоп – птичья голова по-нидерландски. Береговая линия сильно изрезана, крупные заливы на востоке – Хьюон, на западе – Чендравасих, на юге – Папуа [4].

## 1.2. Геологическое строение и рельеф

Папуа является частью Океании – самого крупного на земном шаре скопления островов (общей площадью около 1,26 млн. км<sup>2</sup>). В Океании выделяют четыре области: Меланезию, Микронезию, Новую Зеландию и Полинезию (рис. 1.3).

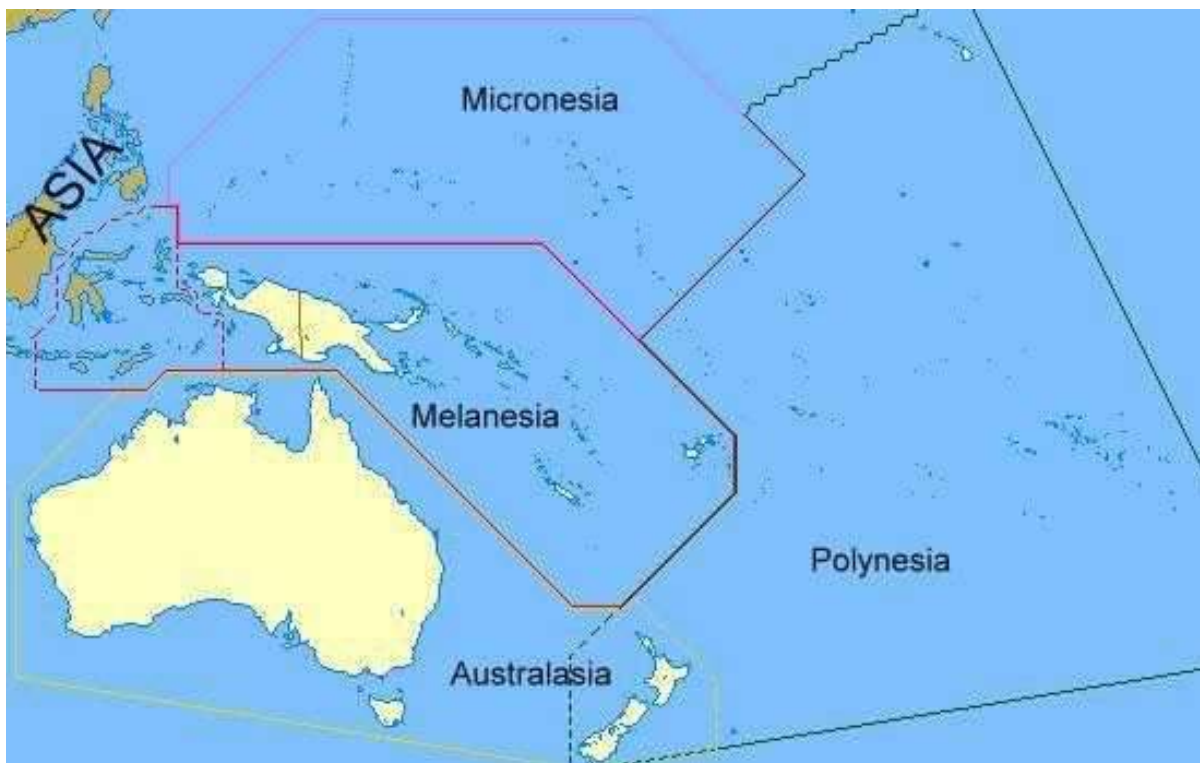


Рисунок 1.3 – Папуа как часть Океании [1]

Острова, сосредоточенные на западной окраине Океании, лежат в зонах геосинклинальных структур, обрамляющих центральную платформу, и являются вершинами грандиозных подводных хребтов-передовых сооружений геосинклинальных зон [1]. С внешней (океанической) стороны эти острова обрамляются глубоководными впадинами, чрезвычайно отчетливо выраженными в рельефе дна океана благодаря крайне замедленным процессам сноса и аккумуляции осадков. Горообразовательные движения в периферических тихоокеанских геосинклиналях активно проявлялись в мезозойском и альпийском циклах, но не закончились и в настоящее время, о чем свидетельствуют частые и сильные землетрясения и активный вулканизм на островах. В результате цунами в Папуа – Новой Гвинее в июле 1999 года

погибло 2200 человек. Острова западной Океании самые крупные и гористые. Среди них выделяются своими размерами и высокогорным рельефом Новая Зеландия и Новая Гвинея, на долю которых приходится 80% площади суши Океании [1].

Большую часть Новой Гвинеи занимают горы. Через весь остров с северо-Запада на юго-восток простирается цепь горных хребтов высотой 3000–4000 м (рис. 1.2). Высота Срединного хребта нарастает к западу до пика Пунчак-Джая (4884 м), где расположен единственный в Азии тропический ледник. Хребты полого понижаются на север к продольной долине – тектонической впадине, заполненной аллювиальными наносами и сильно заболоченной. Вдоль северного побережья вытянута цепь более низких гор (около 2000 м), разбитых поперечными сбросами на глыбовые массивы и круто обрывающихся к океану, вблизи берега поднимаются несколько вулканических островов (о. Манам – вершина действующего вулкана), много коралловых рифов. На юге от Срединного хребта лежит широкая низменность, в основании которой лежит кристаллический фундамент, перекрытый морскими и аллювиальными отложениями. Южная часть острова занята низменной равниной высотой до 100 м, пересечённой реками; на юго-западе сильно заболочена. [4]

Изучение геологии Папуа является сложным, включая конвергентное взаимодействие Австралийской плиты и Тихоокеанской плиты, а также процессы осадконакопления. [4] В южной части Новой Гвинеи выделяют фрагмент докембрийской Австралийской платформы, который с севера окаймляется продолжением палеозойского Тасманского складчатого пояса. Пояс сложен среднепалеозойским метаморфическим комплексом, перекрытым верхнепалеозойской терригенной формацией и прорванным пермско-триасовыми гранитоидами. Местами складчатый комплекс перекрыт чехлом мелководно-морских осадков. Севернее, через главную цепь горных хребтов, протягивается альпийская складчатая зона, образованная глубоководными терригенными отложениями мела – палеоцена, среди которых встречаются

вулканические породы. В северо-восточной части Новой Гвинеи альпиды перекрыты мощным тектоническим покровом офиолитов, который прорван гранитоидами; выше залегают вулканические породы эоцена. Вдоль северо-восточного побережья Новой Гвинеи и на прилегающих островах протягивается миоцен-четвертичный вулканический пояс. Другой вулканический пояс наложен на альпийские структуры в центральной части острова. Пояса разделены цепочкой межгорных впадин, заполненных осадками, испытавшими складчато-надвиговые деформации в миоцене. [4] [5] В конце позднего миоцена Австралийская континентальная плита, движущаяся на север-северо-восток, столкнулась с палеоген-миоценовыми островными дугами на Тихоокеанской плите [6, 7]. В это же время плато Онтонг-Ява (33 км мощности) на Тихоокеанской плите, двигаясь на юго-запад, столкнулось с Соломоновой. Эти столкновения привели к образованию многочисленных микроплит между Австралийской и Тихоокеанской плитами (рис. 1.4) [6, 7].

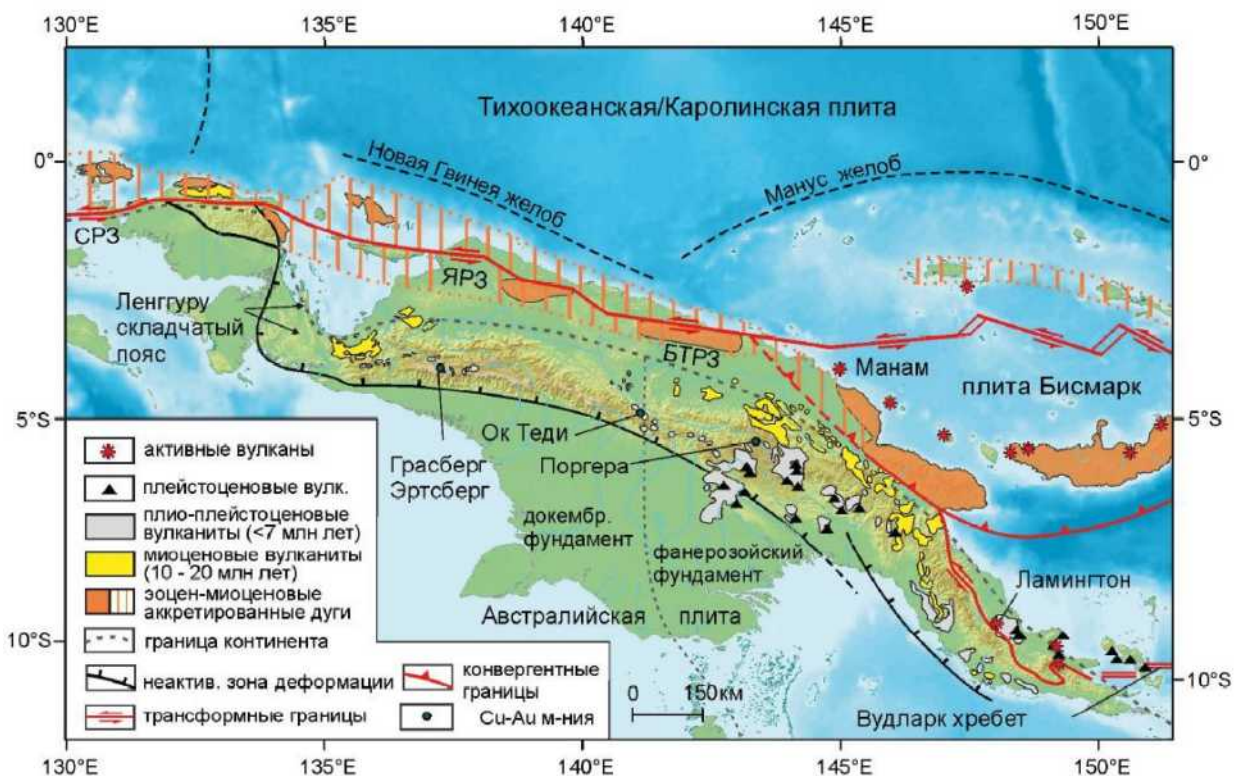


Рисунок 1.4 – Позднекайнозойская динамика и магматические комплексы Новой Гвинеи как результата коллизии островной дуги с континентом [5]



Позднемиоцен (плиоцен < 7 млн лет)-голоценовые вулканические и интрузивные породы, в основном среднего состава, распространены более чем на 1000 км вдоль Центрального (Срединного) хребта Новой Гвинеи. Плио-плейстоценовые магматические породы излились сквозь деформированные отложения Австралийской континентальной окраины [7]. Этот магматизм был малообъемным, но имел площадное распространение, и с ним связаны гигантские золотые медно-порфировые рудные районы. Вулканические породы представлены калиевыми трахибазальтами, толеитовыми базальтами и трахиандезитами, а интрузивные – габбро, диорит-порфирами, монцодиоритами, монцонитами и лампрофирово-шошонитовыми и высококалийными известково-щелочными породами. [5]

Папуа в целом можно разделить на три части, а именно: голова птицы, шея и тело (рис. 1.3). Северная часть Птичьей Головы представляет собой гору с крутым и очень крутым рельефом.

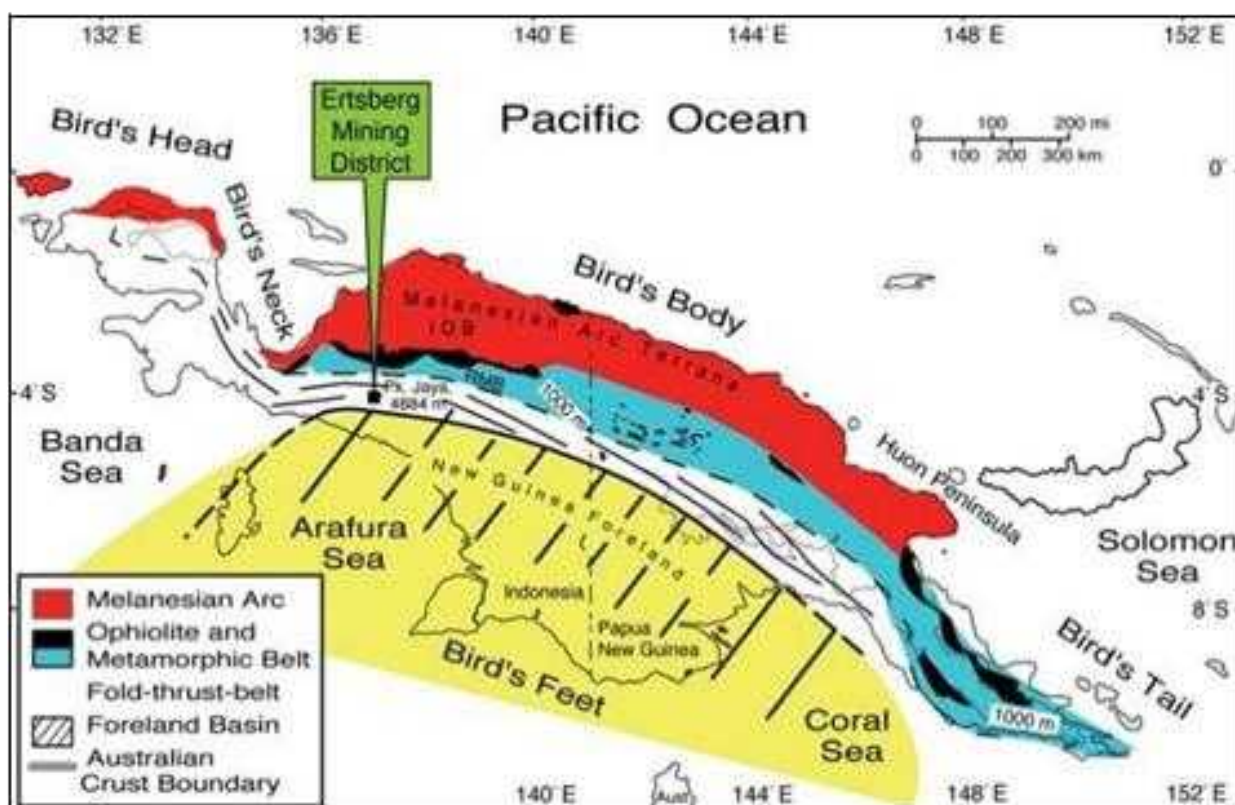


Рисунок 1.3 – Карта острова Новая Гвинея с указанием расположения горнорудного района. Зона туннеля Касуанг находится в горнорудном районе, контракт на выполнение работ РТ Фрипорт Индонезия [10]

Согласно [9] девять различных калиевых промежуточных магматических тел были идентифицированы во время детального поверхностного и подземного картирования в районе Gunung Bijih (Erstberg) Cu-Au в горной местности Ириан-Джая, Индонезия (западная часть Новой Гвинеи). Возраст четырнадцати биотитов K-Ar колеблется от 2,6 до 3,8 млн лет, в то время как еще один из небольшого изолированного плутона явно старше и составляет 4,4 млн лет. Эти возрасты представляют собой времена интрузии и кристаллизации, которые последовали за региональной складчатостью километрового масштаба, возникшей в результате столкновения в зоне субдукции северного края австралийской континентальной окраины с комплексом меланезийской океанической островной дуги. Интрузии Грасберг и Эрцберг рассечены многочисленными разломами с незначительным (менее сотен метров) смещением. По всему острову Новая Гвинея датированные неогеновые магматические породы образуют два кластера, разделенных по возрасту и местоположению. Отчетливый пояс миоценовых (20-10 млн лет) плутонов (дуга Марамуни) протягивается на всю длину северного нагорья Папуа-Новой Гвинеи и повторяется в западной части Ириан-Джая через малоизученный промежуток в 430 км. Этот миоценовый магматизм, вероятно, представляет собой дугу, связанную с субдукцией, над зоной Бениоффа, падающей на юго-запад. Магматизм возрастом 7 млн лет и моложе, в том числе в районе Гунунг-Биджи (Эртсберг), залегает южнее, в той части Новой Гвинеи, которая подстилается австралийской континентальной корой. Эта позднемиоценовая и более молодая активность, по-видимому, не связана напрямую с субдукцией, а скорее с эпизодом астеносферного апвеллинга, каким-то образом возникшим в результате столкновения дуги с континентом.

Папуа – это район, очень богатый природными ресурсами, имеются месторождения руд меди, золота, серебра, никеля, кобальта, железа, угля.

### **1.3. Климат и поверхностные воды**

Географическое положение Индонезии также влияет на природные условия – это зона пассатов и муссонов. Для большей части Индонезии

характерен экваториальный тип климата, в отдельных регионах - муссонный климат, с сухим сезоном и сезоном дождей. На равнинах среднемесячная температура составляет около 26°C, с амплитудой не более 3°C, до 1000 м над уровнем моря среднегодовая температура воздуха 25–28°C. В горных районах температуры понижается с высотой (примерно 1°C/100 м), на высоте около 2000 метров среднемесячная температура немного ниже 20°C, на больших высотах возможна отрицательная температура.

На большей части острова Новая Гвинея наблюдается экваториальный климат (по Кеппену), а субэкваториальный на юге острова, в горах высотные климатические пояса заканчиваются нивальным климатом. На склонах Срединного хребта конденсируется огромное количество влаги, приносимое зимой юго-восточными пассатами, а летом – северо-западным муссоном. Очень сильные дожди выпадают в горах при прохождении тропических циклонов. Дожди часто имеют ливневый характер и обычно сопровождаются грозами. На высоких вершинах гор осадки выпадают в твердом виде. Снеговая линия лежит на высоте 4420 м. на вершинах гор имеются небольшие ледники [1]. Годовая сумма осадков колеблется от 1800 мм до 3200 мм в равнинных областях, в некоторых горных районах достигает 6100 мм. Уровень влажности воздуха весьма высок, в среднем порядка 80 %. При этом для части территории характерно более или менее выраженное чередование двух сезонов — дождливого (с ноября — декабря по март — апрель) и сухого (с апреля — мая по октябрь — ноябрь). Во время сухого периода осадки либо отсутствуют, либо выпадают в заметно меньшем количестве. [4] В южной части острова годовое количество осадков сокращается до 1000 мм (Порт-Морсби), выпадают они преимущественно летом. Зимой, когда дует юго-восточный пассат, устанавливается сухой сезон. [4]

Горный рельеф и обилие влаги способствуют развитию речной сети. На Новой Гвинее есть реки длиной в несколько сотен километров (в восточной части острова) такие как Сепик (длина реки около 1126 км, площадь бассейна 80 321 км<sup>2</sup>, среднемноголетний расход воды 8000 м<sup>3</sup>/с), Флай (1050 км, 64 400

км<sup>2</sup>, 4450 м<sup>3</sup>/с), Дигул (600 км, 23 000 км<sup>2</sup>, 1600 м<sup>3</sup>/с.), Мамберамо (700 км, 80 000 км<sup>2</sup>, 4000 м<sup>3</sup>/с). Питание рек почти исключительно дождевое, хотя они имеют ледниковое и снеговое питание (источниками являются ледники в горах). Режим рек полностью зависит от выпадения дождей. В низовьях на плоских заболоченных низменностях после дождей реки сильно разливаются и затопляют обширные участки. Наиболее крупные пресноводные озёра – Марри, Чамбри, Панияй, Сентани. [4]

#### **1.4. Гидрогеологические условия**

Территория западной половины острова Новая Гвинея (Ириан Джая) относится к гидрогеологическому району Тихоокеанских островных дуг [11]. В пределах Ириан-Джайского подрайона располагаются три артезианских бассейна: Северный, Южный и Чендравасих. Для структуры подрайона характерна высокая степень дислоцированности геологических образований, на фоне которой четко выделяются блоковые структуры межгорных и предгорных впадин и разделяющих или обрамляющих их горстовых поднятий.

Согласно [11] в строении внешних областей питания участвуют породы того же возрастного комплекса, что и во внешних областях питания артезианских бассейнов Сулавеси, Явы и других островов южной части Тихого океана. Это преимущественно породы домезозойского и мезозойского возраста, иногда палеоген-неогеновые отложения и кайнозойские эффузивы. Подземные воды во внешних областях питания бассейнов формируются в зоне экзогенной трещиноватости пород, в карстовых полостях известняков, в зонах разрывных дислокаций и контактов одних пород с другими. Наиболее водоносными во внешней области питания будут участки, сложенные известняками, особенно закарстованными, а также зоны разрывных дислокаций, которые могут питать родники с дебитами от единиц до нескольких десятков и сотен литров воды в секунду. Вода слабоминерализованная, гидрокарбонатная и гидрокарбонатно-хлоридная кальциево-натриевая. Высокая сейсмичность и вулканическая активность позволяют предполагать наличие минеральных подземных вод различного состава и температуры. Во внешних областях питания бассейнов

установлены сероводородно-углекислые и азотно-углекислые термальные воды, известны проявления холодных и термальных углекислых вод.

Внутренние области питания и накопления подземных вод бассейнов сложены главным образом неогеновыми и четвертичными отложениями, а в бассейне Чендравасих, кроме того, палеогеновыми, мезозойскими и верхнепалеозойскими. Во внутренних областях распространены преимущественно азотно-метановые и метановые, большей частью высокоминерализованные термальные воды, не исключено наличие углекислых вод различной минерализации. Неогеновые отложения состоят из песчано-глинистых и карбонатных пород (известняки, мергели, мергелистые глины). Мощность их в Северном бассейне 5-10 км, в Южном достигает 5 км и в бассейне Чендравасих 6-6,5 км. В глубоких горизонтах распространены высокоминерализованные напорные термальные воды, при вскрытии которых пьезометрические уровни в отдельных пунктах будут устанавливаться выше поверхности земли, хотя водоносность пород в целом, очевидно, является невысокой [11].

Верхняя часть осадочного чехла бассейнов сложена четвертичными, главным образом аллювиальными, отложениями, мощность которых в некоторых бассейнах достигает нескольких сотен метров. В этих отложениях, сложенными преимущественно песками с галькой и гравием, и накапливаются основные ресурсы пресных подземных вод бассейнов. Глубина залегания подземных вод 0,5-35 м, дебиты скважин, вскрывших воду в аллювиальных отложениях 5-35 л/с. Территория бассейна принадлежит к высокообеспеченным пресными подземными водами [11].

### **1.5 Почвы и растительный мир**

Распространение фауны в Индонезии связано с геологической историей Индонезийского архипелага. По словам Альфреда Рассела Уоллеса, в Индонезии существуют различия в распространении животных. Классификация распространения фауны в Индонезии известна как линейная классификация Уоллеса. По этой классификации Индонезия имеет два распространения

животных, а именно: а) в западной части находится ареал с видами животных, происходящими с азиатского континента; и б) восточная часть представляет собой область с видами животных с Австралийского континента. Широкий диапазон высот охватывает три широкие зоны растительности (альпийская, горы и низменности, последняя из которых включает тропические леса).

Площадь Индонезии составляет менее 1,3 % всей площади суши, но здесь можно встретить около 17 % биологических видов планеты.

Флора острова отличается исключительным богатством и включает 250 семейств, 6872 вида растений, из которых 85% эндемиков [4]. По составу флоры остров Новая Гвинея, особенно её северная часть, несколько ближе к Азии, чем к Австралии. В северной части острова на низменностях с красными латеритными почвами произрастают виды индомалайской флоры. Наблюдается высотная зональность распределения флоры и фауны. Выше 900 м появляются горные гилеи с древовидными папоротниками, хвойными агатисами, заросли бамбука, массивы казуариновых лесов. Горные латеритные почвы часто оподзолены. Выше 3000–3800 метров начинается пояс рододендроновых криволесий и кустарников, сменяющийся высокотравными лугами на горнолуговых почвах и сфагновыми болотами, выше – вечные снега и каменистые россыпи [4].

Вдоль южного побережья протянулись мангровые леса, затопляемые во время приливов. Для речных долин южной части острова характерны полосы лесов из саговых пальм, на побережье – рощи кокосовой пальмы. На водораздельных пространствах низменной равнины преобладают саванны и редколесья. Для флоры характерно множество представителей семейства орхидных. Животный мир разнообразен, здесь много общих с Австралией птиц, ящериц и черепах, насекомых [4].

## **2. Социально-экономическая характеристика и экологические проблемы**

История народов, населяющих остров Новая Гвинея очень интересна. Население острова говорит примерно на тысяче языков (пятая часть всех имеющихся на земном шаре). Населяющие остров папуасы в начале 20-го века

были в каменном веке, практикуя ритуальный каннибализм. Формально Новая Гвинея была разделена между Нидерландами, Австралией и Германией в 1883 году. Голландцы получили западную часть острова западнее 141° восточной долготы. В 1930-х годах колониальные власти использовали Новую Гвинею как место ссылки индонезийских борцов за независимость [2].

27 декабря 1949 года Индонезия стала независимой. Вопрос о дальнейшей судьбе Новой Гвинеи предстояло решить в течение года на переговорах. С точки зрения голландцев, меланезийское население Новой Гвинеи не имело никакого этнического, культурного и лингвистического отношения к малайскому миру. Конечной целью голландской политики на острове являлось самоопределение папуасов и управление островом к 1970 году. В декабре 1957 года индонезийские власти санкционировали захват и последующую национализацию голландской собственности: плантаций, заводов, шахт, нефтепромыслов, банков и прочего. Из страны было выслано более 50 000 нидерландских граждан. 15 августа 1960 года Индонезия разорвала дипломатические отношения с Голландией и в начале 1962 года велись активные военные действия.

15 августа 1962 года в штаб-квартире ООН в Нью-Йорке было подписано соглашение. Западная Новая Гвинея передавалась под управление временной администрации ООН на срок не более года, после чего управление переходило к индонезийской администрации, которая до 1970 года должна была провести «в кооперации с ООН» «акт свободного волеизъявления» местных жителей по поводу судьбы территории. Все военные действия должны были немедленно прекратиться. Дипломатические отношения Индонезии и Голландии восстанавливались. 1 октября 1962 года управление территорией перешло к временной администрации ООН. Голландские военные и гражданские окончательно покинули остров к середине ноября 1962 года [2].

### **2.1. Демографическая ситуация**

Географическое положение Индонезии, разнообразие местных особенностей – этнической принадлежности, религии и языка, сильное

иностранным влиянием в области искусства, культуры, языка создают неповторимую цивилизацию. Индонезия это наиболее населённая страна Юго-Восточной Азии, занимающая четвёртое место в мире по количеству жителей. Министерство внутренних дел отметило во II семестре 2021 г., что нынешнее население Индонезии достигло 273 879 750 человек [12]. Индонезийский архипелаг – самая длинная и большая группа в мире. Доказано, что Индонезия является унитарным государством с плюралистическим обществом, состоящим из нескольких этнических групп, раскинувшихся от Сабанга (конечная точка Северной Суматры) до Мерауке (конечная точка Папуа). Конечно, это этническое разнообразие, заключается в том, что Индонезия находится в перекрестном положении. В Индонезии существуют не только разнообразные этнические группы или расы, но и разнообразие верований (религий), таких как индуизм, буддизм, христианство (католическое и протестантское), конфуцианство и ислам [13]. Язык также является богатством нашей нации, есть индонезийский как язык единства и региональные языки, которые становятся племенными идентичностями, это:

1) Австронезийско-меланезоидные (папуас-меланезоидные) расовые группы, некоторые из которых распространились на запад, а некоторые - на восток. Те, кто распространился на восток, заняли восточную часть Индонезии: Папуа, остров Ару и остров Кай.

2) Группа негроидной расы, которая сейчас является народом семанг на Малаккском полуострове, народом микопси на Андаманских островах.

3) Веддоидные расовые группы, включая народ сакаи в Сиак-Риау, народ кубу на Южной Суматре и Джамби, народ томуна на острове Муна, народ энггано на острове Энггано и народ ментавай на Ментавайских островах.

4) Группа монголоидной малайской расы, которая делится на две группы: а) Раса прото-малайу (древнемалайский), включая батак, тораджа и даяк; б) Раса Deutro Melayu (молодой малаец), включая буги, мадурцев, яванцев и балийцев.



Папуа сегодня занимает площадь 422 тыс. км<sup>2</sup> с населением 2,3 млн человек. По размеру ВРП на душу населения Папуа занимает 4-е место среди провинций страны. [3]

Провинция Папуа (до 2000 г. называлась Ириан-Джая) вошла в состав Индонезии только в 1963 г. в результате ухода голландцев с Новой Гвинеи. Папуасы, преимущественно христиане или приверженцы анимистических верований, столкнулись с отчуждением своих традиционных охотничьих угодий и священных мест в пользу переселенцев с Явы (их земли передавались под лесные и горнодобывающие концессии), с политической и экономической дискриминацией, несправедливым перераспределением валютных поступлений от экспорта местных ресурсов в пользу густонаселенной Явы. Немногочисленное коренное население оказалось перед опасностью вымирания. Уже в 60-е годы началось сопротивление центральным властям, а в 1971 г. была провозглашена повстанческая Республика Западное Папуа. Во главе борьбы стоит Организация за свободное Папуа. Продолжающиеся выступления вынудили центральные власти в конце 90-х годов начать переговоры с лидерами повстанцев о статусе провинции. Изменение ее названия стало символической уступкой коренному населению. [3]

## **2.2. Экономика**

Индонезия это аграрно-индустриальная страна, входит в категорию наиболее перспективных в экономическом плане развивающихся стран. Для экономики Индонезии характерна активная роль государства, которое владеет крупными предприятиями в различных секторах национального хозяйства, а также контролирует цены на ряд товаров, но в целом экономика имеет рыночный характер. Доля промышленного производства в структуре ВВП составляет свыше 45 %, значительная часть этого объёма приходится на обрабатывающие отрасли. В промышленности занято менее 13 % трудоспособного населения. [14]

Основной сельскохозяйственной отраслью является земледелие. Обрабатываемые земли составляют около 13 % территории страны, по их

площади Индонезия занимает 7-е место в мире. Около 1/3 обрабатываемых земель орошаемые. По производству многих сельскохозяйственных культур страна занимает лидирующие места в мире [14]. На первые места в мире Индонезия вышла по производству следующих основных пищевых культур: рис, кассава, кокосы, кукуруза, бананы, батат, сахарный тростник, кофе, какао-бобы, чай, табак, гвоздика, перец. На первом месте в мире Индонезия по выращиванию масличной и саговой пальмы. Животноводство развито не так сильно. Большее значение имеет рыболовство и вылов искусственно разведённой рыбы и морепродуктов. Важнейшей отраслью Индонезии также является лесное хозяйство: Серьёзной проблемой в этой области являются незаконная вырубка леса и контрабандный вывоз ценных пород древесины [14].

### **2.3. Экологические проблемы**

Экологические проблемы в Индонезии связаны с высокой плотностью населения и быстрой урбанизацией, экстенсивной индустриализацией. В XXI веке страна превратилась в один из самых экологически уязвимых и загрязнённых регионов мира. Это загрязнение воздуха, воды, преобразование ландшафтов, вырубка леса (темпы превышают среднемировые в 4 раза). Хотя законы о восстановлении вырубленных лесов существуют, применяются они редко или выборочно, в результате чего земля под воздействием дождей подвергается выщелачиванию и эрозии. Лесные пожары наносят большой экологический и экономический ущерб. В 1983 г. в результате пожара в провинции Калимантан-Тимур было уничтожено около 30 000 км первоклассных тропических лесов стоимостью не менее 10 миллиардов долларов. Эрозия почвы в результате вырубки лесов на возвышенностях усугубила проблему заиления ниже по течению и в море. Отложения ила покрывают и уничтожают некогда живые коралловые рифы, создавая мангровые заросли и делая доступ к гавани практически невозможным [15]. Уничтожение среды обитания угрожает выживанию местных и эндемичных видов. В середине 1980-х правительство Министерство лесного хозяйства разработало план управления лесным хозяйством. Результатом этих усилий

стала первая с колониальных времен инвентаризация лесов, исследования лесов, программы сохранения и создания национальных парков, а также разработка генерального плана Продовольственной и сельскохозяйственной организацией (ФАО) Организации Объединенных Наций.

Загрязнение воды вызвано как промышленными, бытовыми, так и сельскохозяйственными отходами. Сток пестицидов с рисоводческих и других хозяйств загрязняет водные ресурсы в некоторых районах и отравляет рыбные пруды. Загрязнение водных ресурсов в результате индустриализации и чрезмерная эксплуатация морских ресурсов негативно влияет на жизнь населения. Около 5,6 миллиона человек начали подвергаться опасности в конце 1970-х годов из-за сокращения рыбных запасов, вызванного загрязнением прибрежных вод. Рыбаки на северной Яве испытали заметное сокращение уловов рыбы, и к середине 80-х годов прошлого века рыба фактически исчезла в некоторых районах. Загрязнение Малаккского пролива между Малайзией и Суматрой в результате утечки нефти с японского супертанкера Showa Maru в январе 1975 года стало серьезной экологической катастрофой для побережья Суматры. Опасность аварий супертанкеров также увеличилась в проливе с интенсивным движением транспорта. Правительство Индонезии установило промышленные нормы, в которых компании должны соответствовать стандарту сточных вод. Индонезия также публично раскрыла данные о промышленном загрязнении в рамках программы под названием Программа контроля, оценки и очистки загрязнения (PROPER), которая начала реализовываться в 1995 г. Эта программа помогла укрепить существующие правила, которые требуют от предприятий соблюдения стандартов управления промышленными отходами. С другой стороны, загрязнение воды вызывается домашними хозяйствами, сбрасывающими сточные воды и мусор в поверхностные воды. Проблема стала более очевидной, когда это вызвало эвтрофикацию. По данным Министерства планирования национального развития Индонезии 96 % рек в Джакарте загрязнены, что делает пресную и чистую воду еще более дефицитной. С ростом населения и высокими темпами урбанизации бытовые сточные воды

будут вносить большой вклад в общее загрязнение воды в стране, даже в сельских районах, где использование химических моющих средств быстро растет. Ухудшается качество не только поверхностных, но и подземных вод. Химические соединения проникают в относительно неглубокие грунтовые воды [15]. Негативным примером состояния водных ресурсов в Индонезии может служить река Цитарум (рис.2.1) – одна из самых загрязненных рек мира, одна из двух крупнейших рек Индонезии, которые питают озеро Сагулинг, где находится крупнейшая ГЭС в Западной Яве. В 80-х годах XX века это было красивейшее место. Воды реки Цитарум наполняли многочисленные ирригационные каналы для орошения рисовых полей. Рыбаки забрасывали в реку свои сети, а морские птицы добывали себе пищу. Местные жители из реки брали воду для своих бытовых нужд. Сегодня же река Цитарум находится в условиях экологической катастрофы, задыхаясь от тонн бытового мусора, производимого девятью миллионами человек, и выбросами сотен заводов [16].



Рисунок 2.1 – Река Цитарум, Западная Ява [16]

Индонезия занимает второе место в мире по загрязненности мусором из пластика (на первом Китай). Власти Индонезии обязали население ежедневно убирать пляжи. В течение суток вывозят около 100 тонн, но основная часть мусора смывается в океанические воды, что опасно для морских обитателей. Современных систем переработки пластиковых отходов в стране практически нет. Если не принимать меры, то неутешительные экологические прогнозы для Индонезии станут реальностью, ведь темпы загрязнения ежегодно возрастают.

Для решения проблем, связанных с удалением мусора, надежным водоснабжением и очисткой сточных вод в 2008 г. приняты программы по управлению водоснабжением и санитарией на уровне общин (PAMSIMAS и SPAM), которые реализуются поэтапно [17, 18].

Горнорудная промышленность также является одним из наиболее мощных факторов антропогенного преобразования окружающей среды в Индонезии. Это проявляется, прежде всего, в изъятии и механическом повреждении значительных массивов земель. Современная технология позволяет использовать лишь небольшую часть извлекаемой массы пород (как правило, несколько процентов). Все остальное накапливается в виде отходов, рассеиваемых природными миграционными процессами и являющихся источниками загрязнения окружающей среды химическими элементами. Опасность загрязнения токсичными химическими элементами наиболее велика для территорий добычи рудно-минерального сырья [19]. Ярким примером горнодобывающей промышленности Индонезии (рис. 2.2) является рудник Грасберг – крупнейший золотой рудник и третий по величине карьер по добыче меди, а также высочайший карьер в мире.



Рисунок 2.2 – Открытая разработка месторождения, карьер Грасберг [20]

Месторождение расположено в провинции Папуа в Индонезии, около Пунчак-Джая – самой высокой горы в Папуа Новой Гвинеи [20]. Компания PT Freeport Indonesia (дочерняя компания Freeport-McMoRan) разрабатывала открытым способом рудное тело Грасберг в 1990-2020 гг., добывая медь, золото и серебро и сбрасывая хвосты обогащения в реку Айква (рис. 2.3). Карьер Грасберг произвел более 27 миллиардов фунтов меди и 46 миллионов унций золота за 30-летний период с 1990 по 2019 год [21].

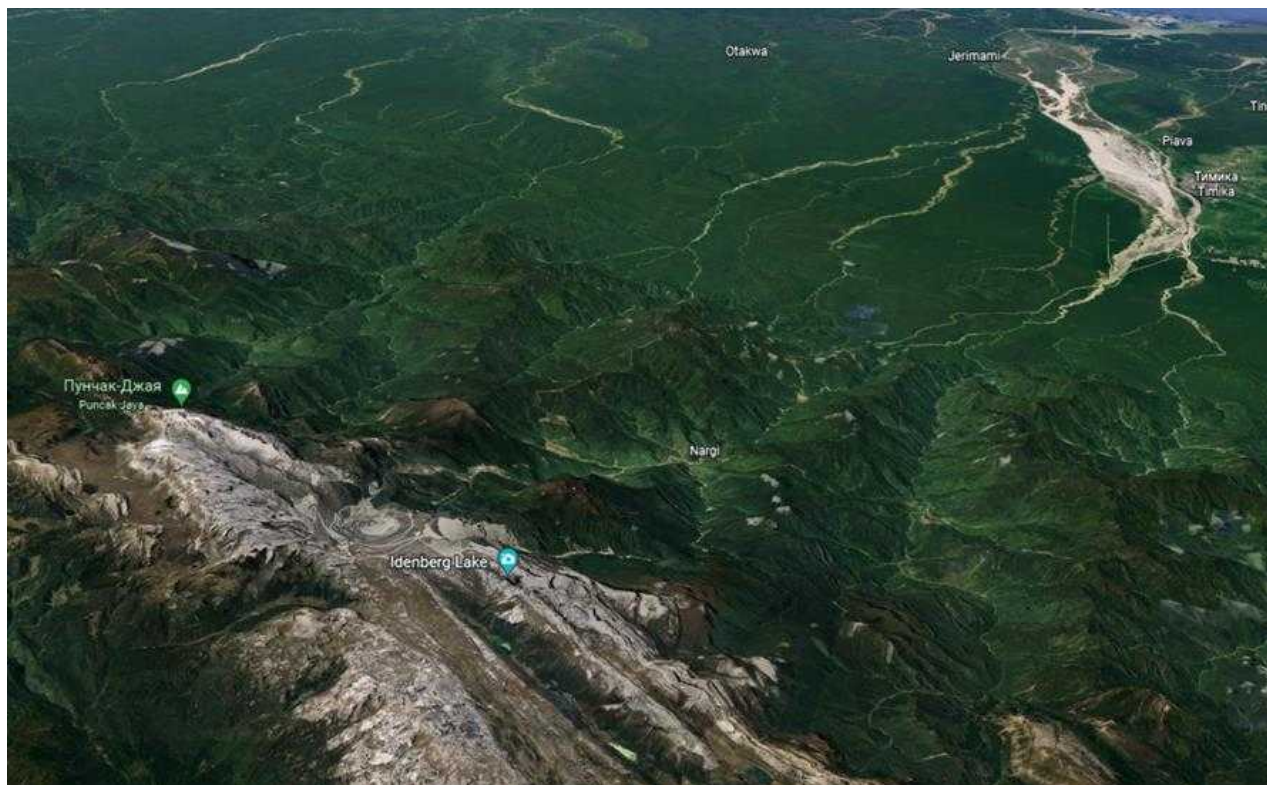


Рисунок 2.3 – Использование реки Айква в качестве хвостохранилища [22]  
От воздействия горнодобывающей промышленности страдают леса, это также одна из экологических проблем. Лесные массивы вокруг поселений периодически выжигаются населением и не восстанавливаются, вырубаются мангровые леса для производства древесного угля. Государство решает эту проблему, создавая охраняемые территории. Наиболее крупные охраняемые территории острова Новая Гвинея – заказник Тонда (Папуа-Новая Гвинея), национальный парк Лоренц (Индонезия), включённый в список Всемирного наследия [4].

### **3. Современное состояние водных ресурсов в регионе Тимика**

Состояние водных ресурсов зависит от природных и антропогенных условий формирования состава вод. В районе исследований достаточно сложные и в определенных аспектах недостаточно изученные природные условия, колоссальная антропогенная нагрузка от горнодобывающей промышленности, кроме того некоторой информации нет в открытом доступе.

Площадь проекта 212 950 га, на которую распространяется Контракт на выполнение работ [26] с правительством Индонезии включает горнодобывающий район на севере в горах Джаявиджая на высоте более 4000 метров и протяженностью 110 километров на юг до низменностей и Арафурского моря, где находится порт, обслуживающий компанию (см. Приложение В). Регион Тимика был крайне изолирован, когда началось строительство начальной шахты и вспомогательной инфраструктуры для малых (8000 тонн в сутки) на месторождении Эрцберг в конце 1960-х гг. Были очень маленькие населения местных коренных народов в горной местности (Амунгме) и вдоль прибрежные районы (Каморо) и ряд богатых биоразнообразием экосистем, из-за изменений климата и высот на пересечении север-юг. К востоку расположен Национальный парк Лоренц (2,35 млн. га), с аналогичными характеристиками и экосистемами [25]. Инфраструктура PT-FI включает морской порт, электростанцию, логистику материалов. Кроме того, два города, аэропорт и гостиничный комплекс; и местный город Тимика, который не существовал до начала эксплуатации и теперь является столицей Регентства. Сегодня, более 200 000 человек живут в низменной местности.

#### **3.1. Физико-географическая характеристика района исследований**

##### **3.1.1. Геологические условия и рельеф**

Район исследования расположен в южной части мобильного пояса Центрального хребта, Папуа. Согласно [24] в региональной геологии этого района преобладает сложная система субпараллельного строения, соответствующая доминирующему западно-северо-западному тектоническому простиранию. Стратиграфическая единица варьируется от обломочных

осадочных и карбонатных пород триасово-миоценового возраста, в которых преобладают мелководные морские породы, до осадочных пород шельфовой фации, состоящих из сланцев, алевролитов, аргиллитов, песчаников, известняков и доломитов (см. приложение Б). Толща осадочных пород прорвалась плио-плейстоценовым возрастом, промежуточным составом силлов и даек, связанных с месторождениями Cu-Au в регионе, которые сейчас разрабатываются в районах Эртсберг и Грасберг. Горнодобывающий район Эртсберг расположен на оси Центрального хребта, на краю которого находится самая высокая вершина Индонезии Пунчак-Джая. Наклонная конвергенция ~ 12 млн лет назад [10] погружала Австралийскую плиту под Тихоокеанскую плиту. На изменения и минерализацию в районе повлияли 2 крупных интрузии, а именно интрузия Эртсберг и интрузия Грасберг. Наиболее близкими гидротермальными системами являются скарновая система Эртсберг и скарновая система Большой Госсан. Согласно [10], интрузия Эртсберга изменила известняк в форме формации Варипи и формации Фаумаи в систему скарнов Эртсберга. Эта система производит гранат (эндоскарн) в интрузии Эртсберг и безводный скарн в известняке. Оруденение образовалось в виде пирита, халькопирита, магнетита, борнита, галенита, золота, арсенопирита, скелита, сфалерита, висмута, гематита.

Район исследований простирается до самой высокой точки острова, Пунчак-Джая (Пирамида Карстенца), в горах Джаявиджая, центральной горной цепи, лежащей вдоль активной зоны столкновения двух тектонических плит. Горы в непосредственной близости от шахт поднимаются на высоту более 4800 метров (см. приложение В), в настоящее время увеличиваются на 4-6 сантиметров в год [25]. Некоторые из этих горы покрыты ледниками, хотя местность находится всего в 4 градусах южнее экватора. Район характеризуется чрезвычайно пересеченной местностью. Перепады высот резкие, так как горные вершины падают к предгорью всего в нескольких сотнях метров над уровнем моря всего за 50 километров линейного расстояния (рис. 3.1).



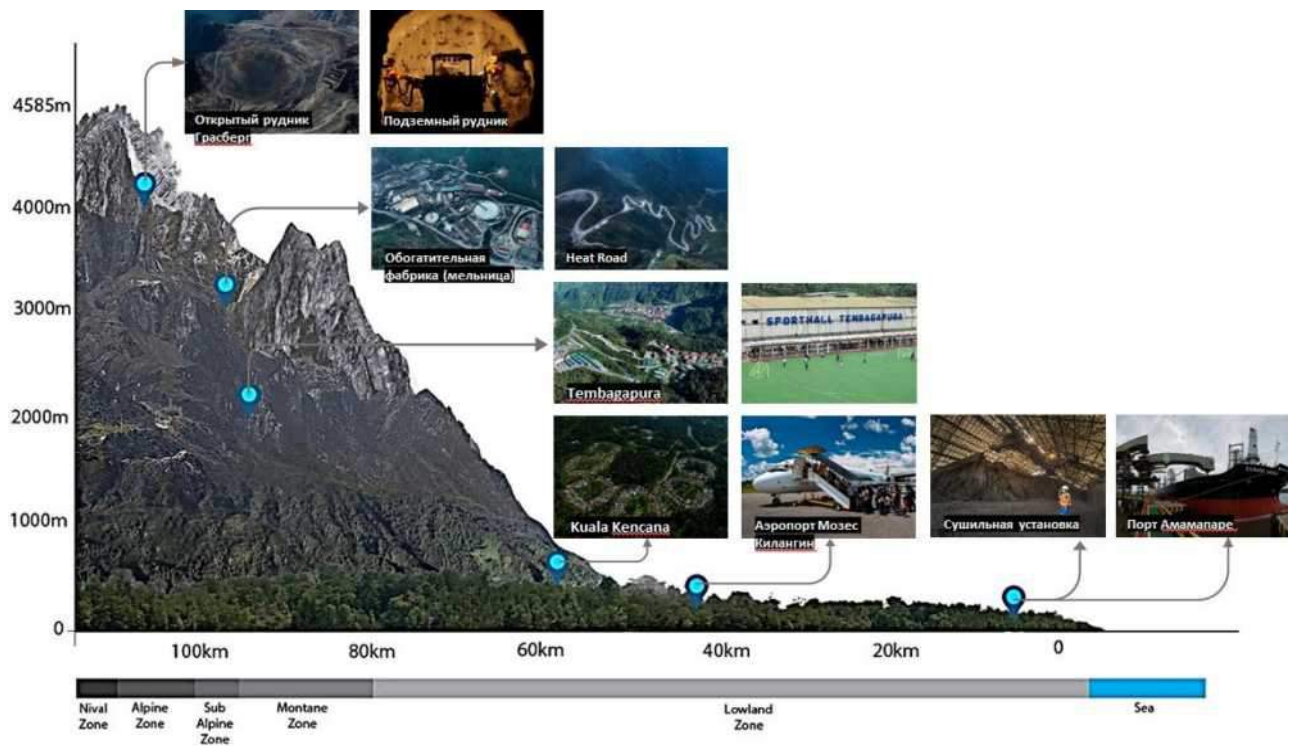


Рисунок 3.1 – Рельеф территории исследований ([25] с дополнениями автора)

### 3.1.2. Гидрогеологические условия

Описание гидрогеологических условий представлено в разделе 1.4. Потенциал подземных вод по данным правительства Папуа показан на рис. 3.2.

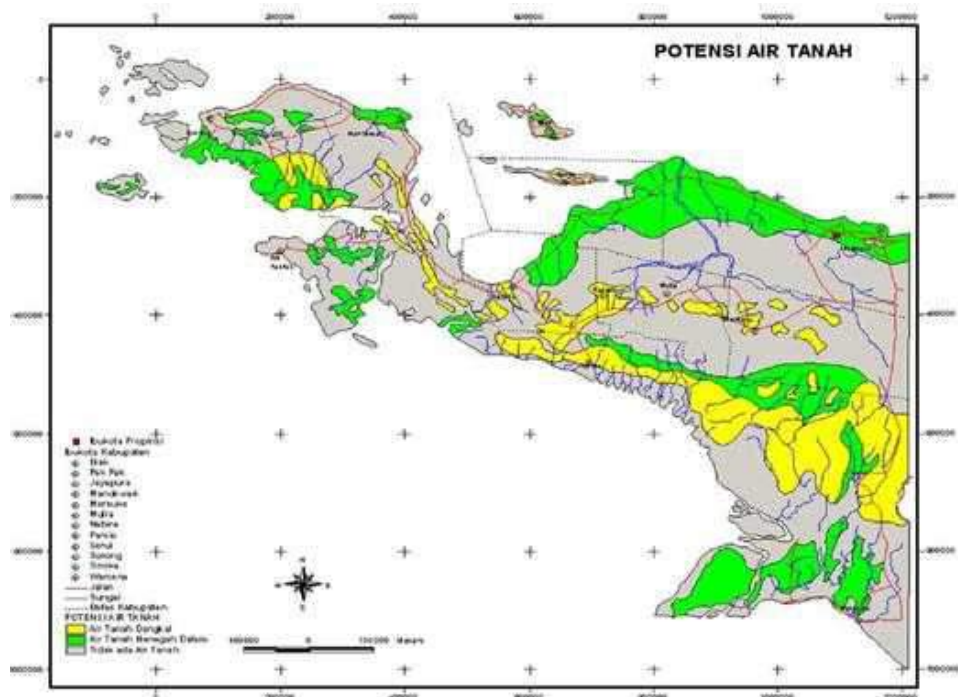


Рисунок 3.2 – Потенциал подземных вод\* [27]

\*Желтый – неглубокие грунтовые воды; Зеленый – глубокие грунтовые воды;  
Серый – нет грунтовых вод

В целом можно отметить, что внимание ученых было обращено на поиски и разведку месторождений полезных ископаемых. Подземные воды изучены недостаточно детально. Подробная характеристика ресурсов и особенностей подземных вод в районе исследований автору не доступна.

### 3.1.2. Климат и водные ресурсы

В районе исследований наблюдается локальный тип экваториального климата, характерной особенностью которого является большое количество осадков в течение всего года с максимумом с мая по август. Довольно изменчивая топография способствует высокой степени климатических вариаций на относительно коротком расстоянии. Метеорологическими наблюдениями территория западной части острова Новая Гвинея освещена неплохо (рис. 3.3), на сегодняшний день работает 14 метеостанций [28], но не все метеостанции имеют достаточный ряд наблюдений.



Рисунок 3.3 – Схема расположения метеорологических станций [29]

Для описания климата исследуемой территории были использованы данные метеостанций (табл. 3.1) и данные по [31]. Ближайшей репрезентативной метеостанцией является Коконао (ряд с 1980 г.), других метеостанций, имеющих достаточно длительный ряд наблюдений, на расстоянии 200 км от метеостанции Коконао нет [31]. Климат района исследований отличается в низинах и горных частях.

Таблица 3.1 – Метеостанции, данные которых использовались в работе [28-30]

№	Наименование	начало набл.	широта	долгота	высота над у.м.
1	Коконао	1980	-04.72°	136.43°	3
2	Тимика	2008	-04.53°	136.89°	41
3	Вамена	2006	-04.10°	138.95°	1660

В низинах лето длинное и жаркое; зима короткая и теплая, круглый год гнетущая, влажная и пасмурная. В течение всего года температура обычно колеблется между 23°C и 32°C, редко опускаясь ниже 22°C или выше 33°C. Жаркий сезон длится около 6 месяцев с ноября по апрель, со среднесуточной температурой выше 30°C. Прохладный сезон длится около 3 месяцев, с июня по август, со среднесуточной температурой ниже 28°C. Более влажный сезон длится 9,5 месяцев, с декабря по сентябрь. Более сухой сезон длится 2,5 месяца. Наиболее распространенной формой осадков в течение года является дождь. В низинах осадков более 5000 мм/год. Влажность существенно не меняется в течение года, оставаясь практически постоянной на уровне 100% на протяжении всего года. Средняя почасовая скорость ветра испытывает умеренные сезонные колебания в течение года (2,1 – 2,6 м/с). Преобладающее направление ветра меняется в течение года. Ветер чаще всего южный в течение 8 месяцев, с апреля по ноябрь, чаще всего западный – 4 месяца [28, 30].

Очень большое количество осадков происходит из-за наличия горного барьера. Дифференциальный нагрев суши и моря имеет большое значение на всей территории, конвекционные осадки дают большую долю в общем количестве осадков. В горнодобывающем районе температура воздуха колеблется от 3 до 18 °C, среднее количество осадков – более 3000 мм/год. По данным [25] годовое количество осадков в некоторых местах превышает 12000 мм/год. Общей характеристикой количества осадков на территории является их выраженная суточная изменчивость (рис. 3.4), где желтый цвет на диаграммах показывает долю количества осадков в дневное время суток, черный – в ночное. Кроме того ярко выражено увеличение количества осадков при резком изменении высоты над уровнем моря (пункт КК на рис. 3.4).

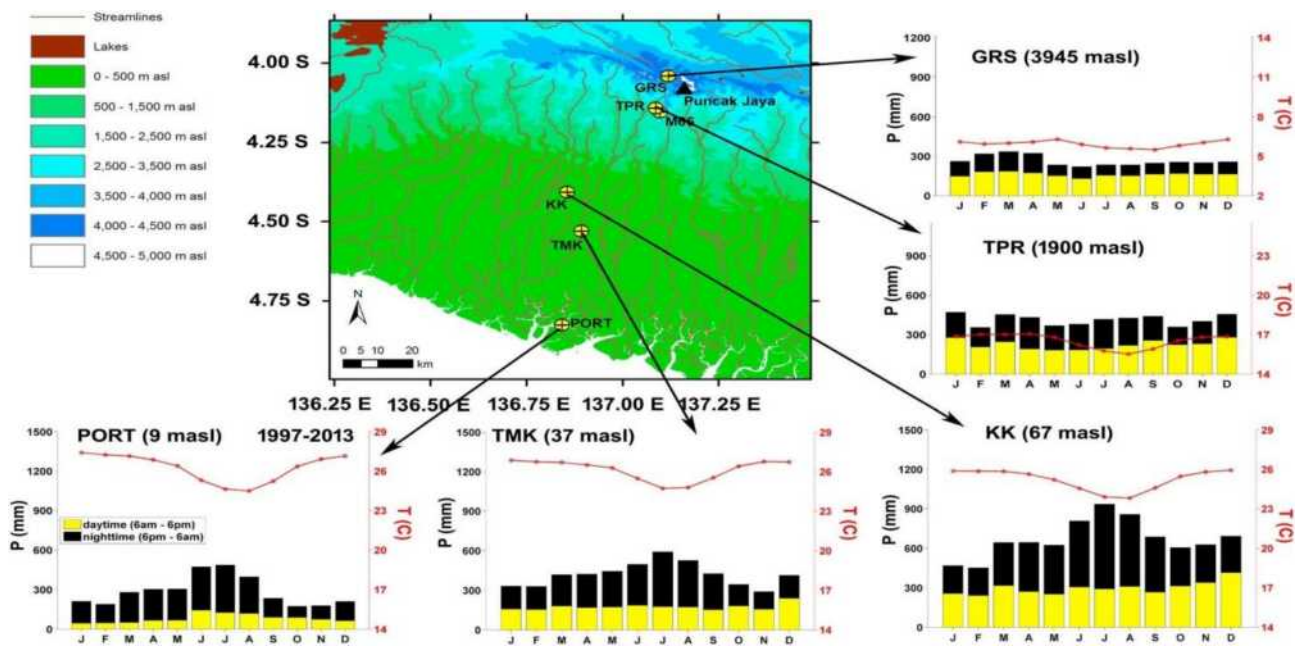


Рисунок 3.4 – Годовой ход температуры воздуха (°C) и количества осадков\* (мм/мес) в исследуемом регионе\*\* [31]

\*желтый цвет диаграммы – осадки в дневное время суток, черный – в ночное;

\*\*GRS – Gresberg, TPR – Tembagapura, KK – Kuala Kencana, TMK – Timika, PORT – Porsite; основано на данных 1997 – 2013гг., за исключением TPR – относится к 1997-2007 годам

Рельеф и осадки вместе создают мощную речную систему в горных районах и обширную пойму с извилистыми реками в низинах. Суточная изменчивость осадков проявляется в изменении водности реки, где резкие подъемы и падения расходов воды происходят в одно и то же время ежедневно [31]. В низовьях рек пики меньше и многочисленнее из-за большей площади водосбора и меньшие скорости потока.

Гидрологическими наблюдениями территория всего острова Новая Гвинея освещена недостаточно (рис. 3.5), в основном есть результаты только экспедиционных наблюдений, на сегодняшний день по данным [32] работает 3 гидрологических станции, но только на территории Папуа-Новой Гвинеи. Наблюдения за гидрологическими характеристиками в исследуемом районе проводит компания PT FI. По степени гидрометеорологической изученности исследуемая территории согласно Приложению Д [33] является недостаточно изученной, так как имеющиеся посты (станции) не отвечают хотя бы одному из условий, характеризующих территорию как изученную.



Рисунок 3.5 – Схема расположения гидрологических станций [32]

Гидрографическая сеть исследуемой территории и границы бассейна в створе гидрологического поста компании (выше по течению района отложения отходов обогащения) представлена на рисунке 3.6. Реки текут через очень узкие долины глубиной до 1000 м с крутыми уклонами от 40 градусов до почти вертикальных граней. В связи с чрезвычайно большим количеством осадков в горах часто случаются внезапные наводнения, что приводит к эрозии и нестабильности стенок долины. Это создало низменную зону рыхлых отложений, постепенно спускающиеся от предгорья примерно на 80 км до Арафурского моря на южном побережье [25]. Спутниковый снимок небольшого участка южного побережья Папуа, включая область хвостохранилища (рис. 3.7), показывает множество речных систем, несущих естественные наносы от центральных гор до моря. Это часть непрерывного процесса – эрозия в горной местности из-за проливных дождей и отложение наносов в низинах, крупнейшими естественными центрами отложения осадочных пород в Папуа [25]. Высокая скорость потока позволяет транспортирующей способности водного потока реки Айква достигнуть значений 15 000-20 000 т/сутки [36]. Экосистемы варьируют от альпийских и снега (>3000 м), к прибрежным пальмовым и мангровым лесам и эстуарным экосистемам на уровне моря [25].

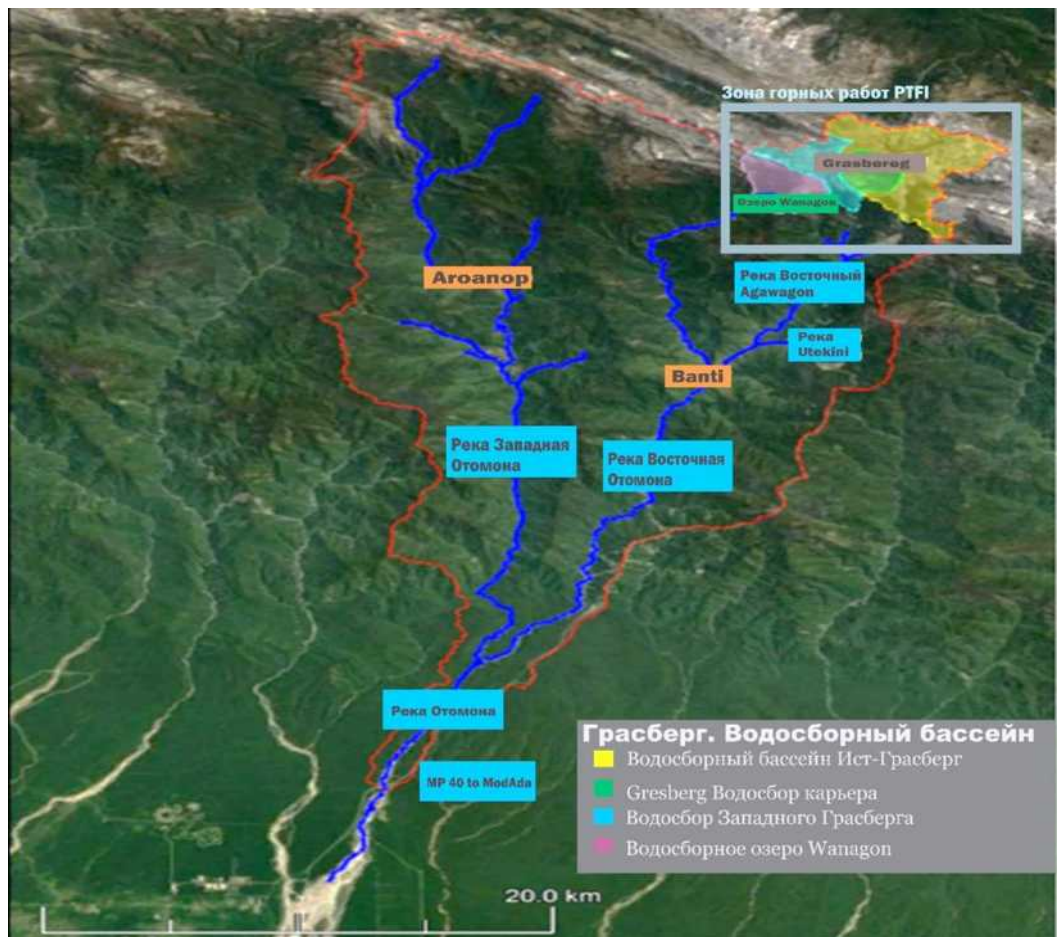


Рисунок 3.6 – Бассейн реки Айква выше ModADA ([22] с доп автора)

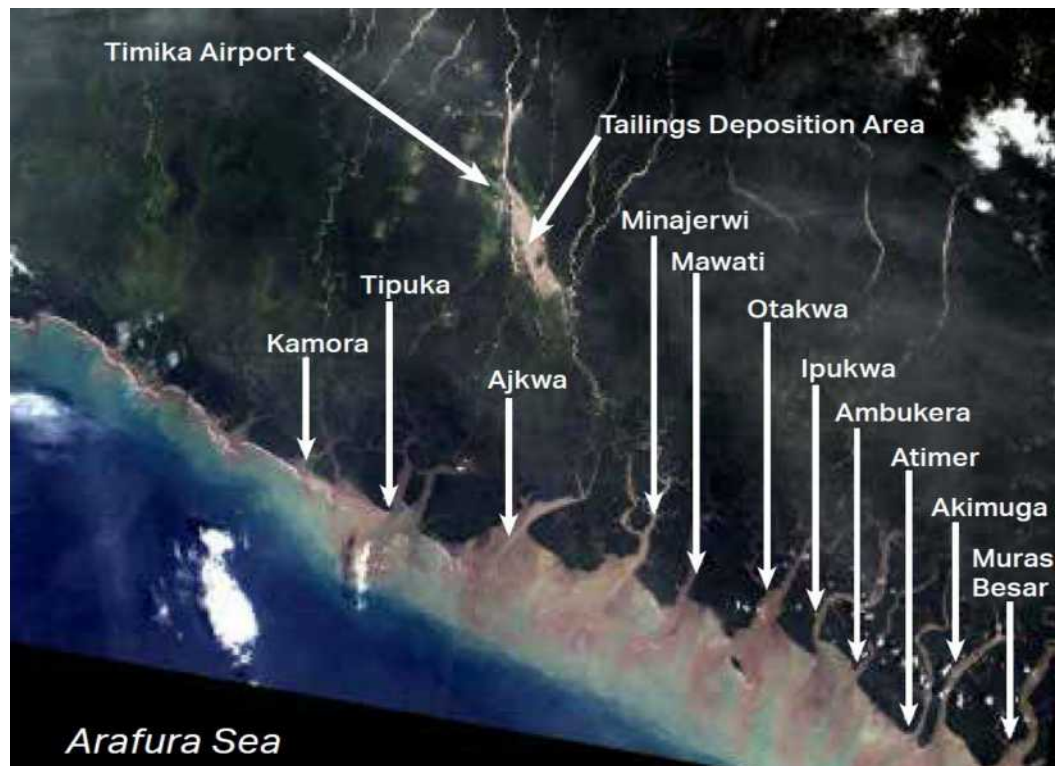


Рисунок 3.7 – Спутниковый снимок участка южного побережья Папуа, включая область отложения хвостохранилища [25]

### **3.2. Антропогенная нагрузка на территории исследований**

Одна из горнодобывающих компаний, которые сокращают природные минеральные ресурсы в Папуа – PT Freeport Indonesia, является одной из крупнейших горнодобывающих компаний в мире, имеет самые большие в мире запасы меди и вторые по величине запасы золота и является производителем меди с самыми низкими затратами из всех основных рудников в мире. Компания PT FI работает в Индонезии с середины прошлого века. В 1972 году на комплексе Грасберг был получен первый медный концентрат. За время эксплуатации шахты (до 2041 г.) прогнозируется, что будет переработано более 3 миллиардов тонн руды. Больше, чем 95% этого становится хвостами [25]. На протяжении почти пяти десятилетий PTFI инвестировал 7,7 млрд долларов США в инфраструктуру, а вклад в ВВП Индонезии с 1992 года более чем 60 миллиардов долларов США. В 2021 году Правительство провинции Папуа и Правительство регентства Тимика увеличили долю с 9,36 % и стали владельцами 51% акций PTFI [23]. Район добычи полезных ископаемых Грасберг является одним из крупнейших подземных рудников в мире. Это месторождение меди, золота и серебра. Концентрации золота обычно встречаются в виде включений в сульфидных минералах меди, хотя в некоторых частях месторождений золото также может быть тесно связано с пиритом. В рудах рудников DMLZ и GBC (Приложение Г) присутствует фтор. Расположение закрытых и действующих рудников приведены в Приложении Г. Вскрышные работы проводились на месторождении с 1989 г. по 2020 г. Разработка подземных рудников составляет 35 - 40 км тоннелей ежегодно. Запланированная пиковая производительность обогатительной фабрики около 240 000 метрических тонн в сутки [23].

#### **3.2.1. Воздействие эксплуатации месторождения на окружающую среду**

Воздействие эксплуатации на окружающую среду компании PT Фрипорт Индонезия похоже на многие другие горнодобывающие предприятия. Основные отходы деятельности PTFI это вскрышная порода (до 2020 г.) и хвосты. До закрытия открытой разработки около 500 000 тонн вскрышных

пород в день размещалось на полигоне отходов выше по течению от водосборных бассейнов Айква и Отомона. Шахтные хвосты представляют собой мелкоизмельченные частицы природных горных пород, которые остаются после того, как ценные полезные ископаемые были выделены и удалены из руды. В течение первого полугодия 2021 года хвосты составили около 24 184 572 метрических тонн. Руда, содержащая минералы меди, золота и серебра, отправляется на перерабатывающий/обогащительный завод в 3 км к югу от добычи в долине на 1000 метров ниже по высоте (рис. 3.1). Гравитационное обогащение производится на концентраторе Кнелсона (Knelson), который используется для извлечения мелких частиц свободного золота, то есть золота, которое не требует цианирования. Руда дробится и измельчается до размера мелкого песка и смешивается с водой для получения суспензии. Концентрирование осуществляется с помощью процесса флотации. Известь добавляют в суспензию для повышения рН до уровня, позволяющего флотореагентам работать эффективно. Медь и металлы связываются с реагентами и всплывают на поверхность пульпы с нагнетаемыми пузырьками воздуха (рис. 3.8).

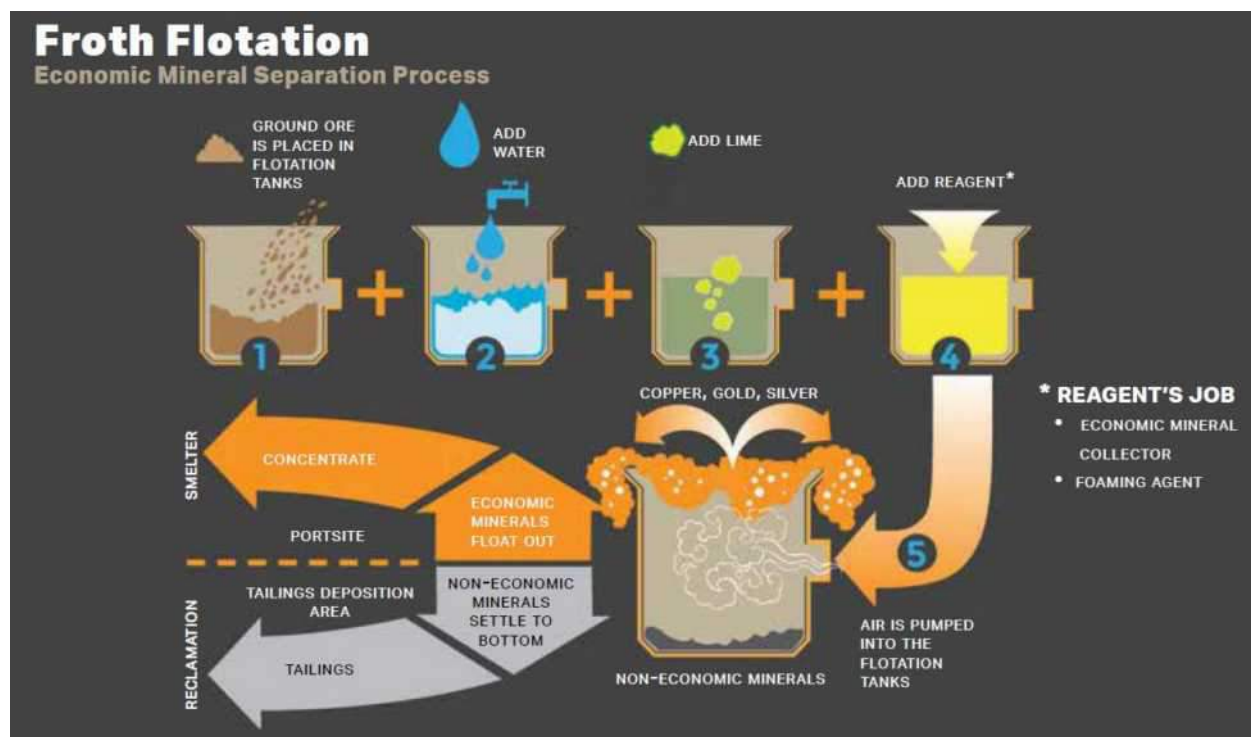


Рисунок 3.8 – Схема процесса флотации, используемого компанией PT FI [25]



Эта пена минеральных частиц известна как концентрат. Остаточная концентрация реагента значительно ниже порога, установленного ООН для химикатов острой или хронической водной токсичности. Реагенты, добавляемые в процессе обогащения, рассеиваются на небольшом расстоянии от обогатительного предприятия. Оставшиеся хвосты транспортируются через систему контролируемого речного хвостохранилища на территорию низменности. Концентрат направляется по трубопроводу в порт, где высушивают и готовят к отправке клиентам [25].

Контролируемая система речных хвостохранилищ была принята как единственный возможный способ [37] размещения отходов обогащения. Хвосты транспортируются на специально оборудованную площадку площадью 230 км<sup>2</sup>, которая ограничена дамбами с восточной и западной сторон и открыта с южной стороны (рис. 3.9). Авторы [37] пришли к выводу, что компания эффективно управляет потенциальным дренажным образованием кислых вод и обеспечивает достаточный запас прочности для предотвращения кислотообразования и обеспечения долгосрочной геохимической стабильности отложенных хвостов. Авторами [38] антропогенные изменения земного покрова были количественно оценены с помощью анализа снимков Landsat 5. В 1988 г. площадь отложений составляла примерно 16 км<sup>2</sup> (рис. 3.10), что связано с отложением хвостов добычи. В 1988 г. среднесуточный сброс в реку был около 19 400 тонн, и сравним с транспортирующей способностью потока оцененной автором [36] в 19-20 тысяч тонн/сутки. В период с 1988 по 1996 год площадь увеличилась в 4,6 раза примерно до 73 км<sup>2</sup>. Это отражает шестикратное увеличение между 1988 и 1996 годами до средней пропускной способности мельницы до 125 000 тонн/сутки. К 2004 году Модифицированный район осаждения Айква (ModADA) вырос примерно до 166 км<sup>2</sup> в результате значительного удлинения, вызванное переносом наносов на юг от дамбы. Средний вклад наносов в речную систему из хвостохранилищ в 2004 г. составил около 195 000 тонн в сутки. Утрата растительности в районе отложения непосредственно связана с накоплением отложений (рис. 3.10).

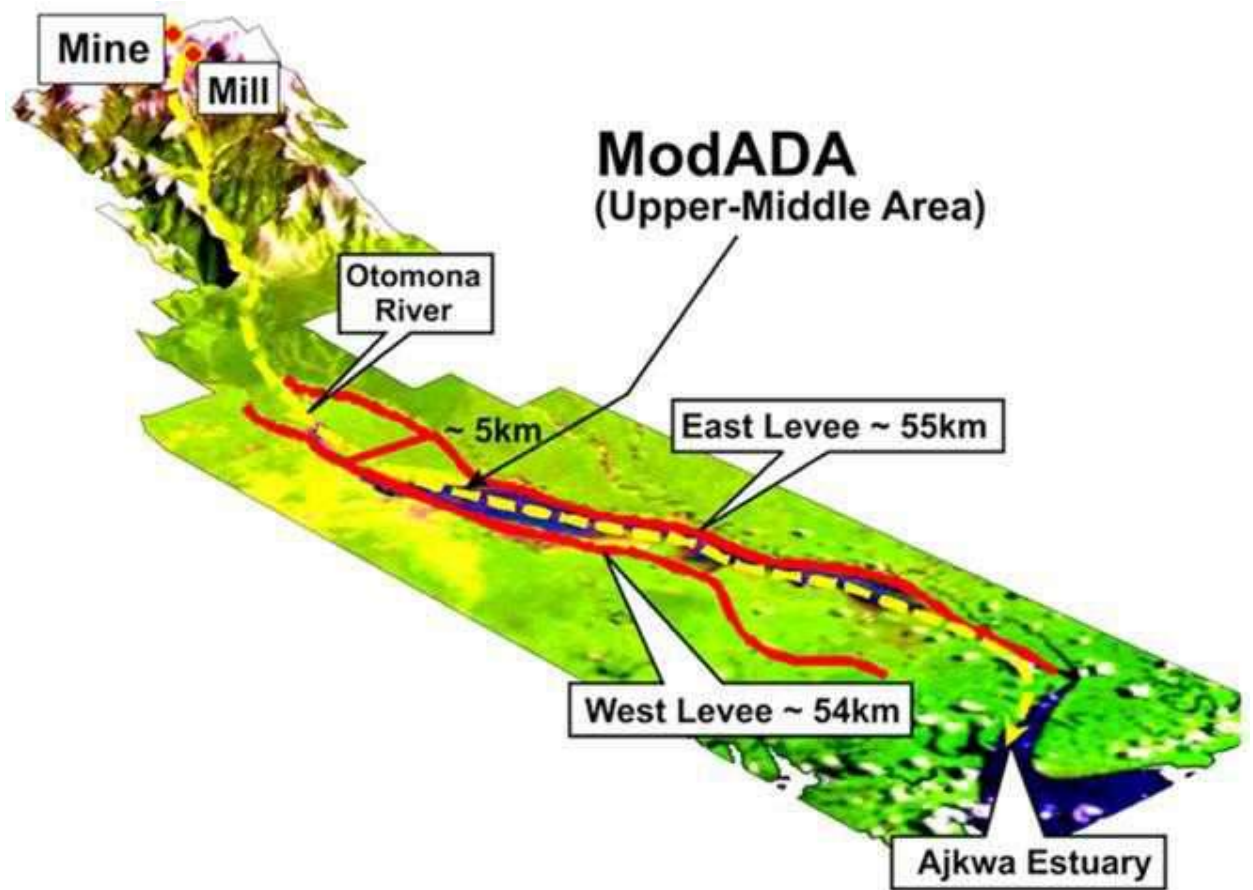


Рисунок 3.9 – Модифицированная зона отложений Айква\* или ModADA [42]

\*вверху принципиальная схема, внизу – фото 2015 г.

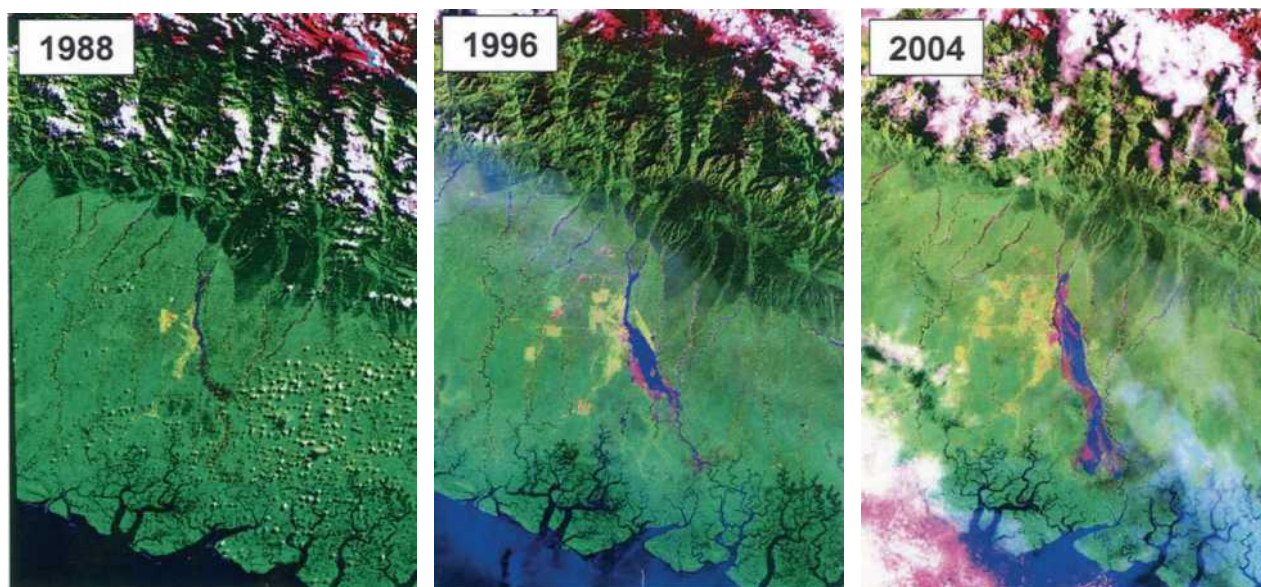


Рисунок 3.10 – Основные антропогенные изменения растительного покрова в регионе Тимика, 1988-2004 гг. [38]

Растительность была задушена хвостами, которые, хотя и содержат повышенные содержание меди и некоторых других тяжелых металлов, но по мнению авторов [38] это в первую очередь физический, а не химический процесс. Продолжение разрастания площади хвостохранилища до 2013 г. можно проследить на рисунке (Приложение Д). Изменение площади расчищенной земли отражает рост населения, которая увеличилась примерно с 50 000 человек в 1990 г. до 120 000 в 2002 г. до 200 тысяч человек сейчас.

Решение министра окружающей среды и лесного хозяйства в 2018 г. [39] ограничивает ежедневный объем добычи до 300 тысяч тонн руды, а сброс хвостов обогащения в хвостохранилище, находящееся в русле реки Айква (ModADA), не более 291 000 сухих метрических тонн в сутки.

На территории исследований кроме истощения не возобновляемых ресурсов и изменения ландшафта в результате открытой разработки месторождения, происходит вырубка деревьев, ухудшение экологических условий для растений, животных и человека; изменение уровня подземных вод для возможности добычи, загрязнение атмосферы газообразными и мелкодисперсными пылевыми выбросами, продуктами выхлопов различных машин и механизмов. Возможно загрязнение почв и грунтов, что ведет к

загрязнению поверхностных и подземных вод и делает их непригодными для использования в качестве источника питьевого водоснабжения и для сельского хозяйства. Промышленность оказывает неблагоприятное воздействие на природные воды: возможно загрязнение поверхностных и подземных вод в результате выпадения загрязняющих веществ с атмосферными осадками, сбросами промышленных и коммунально-бытовых сточных вод; воды, стекающие с отвалов вскрышных пород, могут быть токсичны; кроме того, в реке Айква осуществляется размещение отходов обогащения, изменяющих топографию речной долины и геохимическую обстановку. Изменение состава поверхностных вод негативно сказывается на водной биоте и нарушает экологический механизм самоочищения природных вод. В октябре 2017 года к компании PTFI были применены санкции из-за убытков государства вследствие загрязнения, использования охраняемых лесных массивов в производственной деятельности без разрешения на пользование лесными угодьями и увеличение ModADA с 230 до 450 км<sup>2</sup>. Компания предпринимает определённые меры по уменьшению последствий своей деятельности.

### **3.2.2. Усилия компании по снижению воздействия на окружающую среду**

Деятельность PT Freeport Indonesia по переброске хвостов через реки Агавагон и Айква осуществляется в соответствии с разрешением правительства провинции Папуа на использование рек Агавагон, реки Отомона, реки Айква и Минаджерви для распределения отходов горнодобывающей промышленности [39, 46]. Сброс хвостов в Арафурское море глубиной всего 100 метров не рассматривался, поэтому для оставления хвостов на суше было сделано хвостохранилище ModADA (рис. 3.9). Дамбы были построены как на востоке, так и на западе ModADA: высотой до 15 метров на восточной стороне длиной 54 км и 52 км на западной стороне с расстоянием от 4 до 7 км, чтобы в боковом направлении сдерживать отпечаток отложений в пределах обозначенной территории. Река не используется для питья, сельского хозяйства, рыболовства или других бытовых или коммерческое использование. Использование рек и территории ModADA с самого начала рассматривалось как хвостохранилище, и

с точки зрения компании, больше не должно рассматриваться как форма экологического ущерба. Мельчайшие частицы откладываются в эстуарии и море южнее ModADA. Независимые аудиторские проверки экспертов по рациональному природопользованию подтвердили, что эта система является лучшей альтернативой управления для конкретных объектов, учитывая топографические, сейсмические и геотехнические, геологические, климатологические и экологические условия местности [35]. Разработан Стандарт хвостохранилищ (Tailings Standard), официально запущенный в августе 2020 года, который является первым глобальным стандартом управления хвостохранилищами, который может применяться к существующим и будущим хвостохранилищам. Пример результатов моделирования переноса и отложения наносов в районе хвостохранилища ModADA в первом семестре 2021 г. приведен на рисунке (Приложение E). Помимо регулярных внутренних и внешних аудитов и оценок, надзор PT-FI за управлением хвостохранилищами согласно [35] включает следующее:

- Высшее корпоративное руководство Freeport участвует в принятии ключевых решений и предоставляет ресурсы для управления.
- Корпоративный отдел Freeport по хвостохранилищам и водоснабжению. Технический ресурс оказывает поддержку и помогает с руководством и руководством для группы по хвостохранилищам и связанным программным инициативам.
- Управление хвостохранилищем, инженеры и эксплуатация. Реализует программу и регулярно отслеживает, выявляет и устраняет потенциальные риски, связанные с ModADA и районами прибрежной зоны.
- Внештатный инженер-проектировщик. Внешний ресурс обеспечивает проектирование, текущую инженерную поддержку, периодические проверки и проверку качества строительства дамбы.
- Совет управления ModADA, многопрофильная экспертная группа, которая обеспечивает надзор и дает рекомендации руководству PT-FI и

инженерным группам по приоритетным направлениям деятельности, включая безопасность, риски, связанные с ModADA и прибрежной зоной, структурную целостность дамб, геохимическую стабильность отложений, экологических соображений и взаимодействия с заинтересованными сторонами [35].

Для решения проблемы отходов хвостохранилищ в будущем PT-FI и Министерством окружающей среды и лесного хозяйства Индонезии разработана долгосрочная дорожная карта обращения с хвостохранилищами с разделением на два этапа, а именно период 2018-2024 и 2025-2030 годы [46]. Эта дорожная карта была составлена PTFI, снабжена подробным изучением проблем в верховьях и низовьях, контролем их воздействия, защитой мангровых лесов, а также исследования по утилизации огромных хвостохранилищ. Хвосты можно использовать для дорожных баз, мостов, даже офис регента построен из хвостов, поэтому проводятся исследования по утилизации хвостохранилища. В 2020 году команда PT FI продолжила поддержку необходимых исследований Дорожной карты, включая: 1) оценку экономической целесообразности использования хвостов в транспортной инфраструктуре, такой как дороги и мосты, и строительной инфраструктуре, такой как сборные стены зданий, 2) пересмотр вариантов управления речными хвостохранилищами, включая возможность строительства новой поперечной дамбы, и 3) оценка текущего состояния эстуарной экосистемы [35]. Отчасти из-за задержек, связанных с ограничениями COVID-19, эти исследования были завершены в 2021 году. Компания PT-FI выполнила свое обязательство по дорожной карте хвостохранилищ на 2020 год по увеличению повторного использования хвостов за счет использования более одного миллиона метрических тонн хвостов в качестве наполнителя.

Воздействие системы хвостохранилища, в том числе увеличение отложений, было предсказано в многочисленных исследованиях и согласуется с проектом и эксплуатацией. Программы мониторинга PT FI по-прежнему показывают, что, за исключением изменений высоты, воздействие отложений хвостов на окружающую среду будет обратимым в конце срока эксплуатации

рудника. Крупномасштабные демонстрационные мелиоративные проекты показывают, что после окончательного закрытия территории отложения возможны несколько вариантов землепользования. Кроме того, компания PTFI предприняла несколько управленческих усилий [23], а именно:

1. Провела следующие исследования:

a. Свойства меди в эстуариях и море, в частности скорость выхода меди из/или захвата отложениями, баланс биогенной массы (питательных веществ) и роль хвостов в транспорте/выделении питательных веществ, а также источник и исследована природа растворенного органического вещества в эстуарии, провела исследование CSIRO под названием «Фактор, влияющий на биодоступность и судьбу меди в водах ниже по течению от рудника Фрипорт» в 1997 году;

b. Относительная важность мангровых зарослей и фитопланктона как источников углерода была изучена, а именно: «Исследования мангровых зарослей и опада в районе проекта PT Freeport Indonesia, 1998 г.», проведенные PT Natfindo Prima в октябре 1999 г.;

c. Токсикологические и химические исследования были проведены PTFI в 1997 г. под названием «Испытание острой токсичности хвостов завода PT Freeport Indonesia с использованием эстуарных креветок и рыбы», а исследование «Испытание острой и хронической токсичности хвостов пресноводных и эстуарных видов рыб» в 2007 г. PTFI проводит регулярный мониторинг токсичности хвостов для водной биоты с использованием метода испытаний на острую токсичность (биоанализ) в течение 96 часов. Протокол, используемый для выполнения этого теста, основан на ASTM (2006): E 729-96.

d. Стандартное руководство по проведению тестов на острую токсичность тестовых материалов с участием рыб, беспозвоночных и амфибий; Компания PT Freeport Indonesia также провела исследования, представленные в плане управления качеством воды в эстуариях и биоте эстуариев, а именно исследования, связанные с анализом экологических, токсикологических и химических рисков, путем проведения исследования ERA (оценка

экологического риска), состоящего из оценки водного экологического риска (18 исследований), Оценка рисков для здоровья человека (26 исследований) и Оценка рисков для растений и дикой природы (10 исследований) в 2002 г.

2 Смешивание руды, направляемой на обогатительную фабрику, или добавление извести в процесс переработки, чтобы свести к минимуму образование кислой воды, выходящей из обогатительной фабрики в зону отложения хвостохранилища и устье.

3 Мониторинг концентрации микроэлементов, таких как Cu и As, в тканях и печени некоторых видов рыб, потребляемых местными жителями.

PT-FI поддерживает обширную программу управления и мониторинга окружающей среды для оценки потенциального текущего и будущего воздействия на окружающую среду контролируемой системы речных хвостохранилищ. PT-FI рассчитывает ежегодно тратить около 85 миллионов долларов на управление и мониторинг в ближайшие годы [35].

Деятельность PT-FI может оказать воздействие на морскую среду, включая повышение мутности морской воды, накопление хвостов на дне пляжа, вынос мелких частиц хвостов в эстуарий Айквы и Арафурское море, а также воздействие на обилие и разнообразие рыбных ресурсов. В связи с этим в настоящее время компания PTFI [23] предпринимает попытки свести к минимуму эти воздействия, а именно следующим образом:

1. Меры по защите прибрежных водных экосистем вблизи побережья

a. В PTFI уже есть подразделение по мониторингу побережья (при отделе охраны окружающей среды, в штате 11 человек) и предусмотрен бюджет на предоставление средств и оборудования для поддержки программ по водным экосистемам.

b. В 1 семестре 2021 года было проведено токсикологическое исследование хвостохранилища Айква на мальках *Pseudomugil inscopius*. Результаты показали, что эстуарная вода (точка EM270), содержащая хвосты, не оказала острого воздействия на мальков после тестирования в течение 96 ч.



с. Одной из программ по защите прибрежной экосистемы является программа мелиорации мангровых зарослей в эстуарии Айква. До 1 полугодия 2021 года площадь прибрежных территорий, которые были рекультивированы и доведены до сведения правительства, составляет около 438 га.

d. Рекультивационные мероприятия PT Freeport Indonesia относятся к пересмотренному плану рекультивации на период 2019-2021 гг., утвержденному в соответствии с письмом Генерального директора [40]

2. Изучение закономерностей размещения хвостов и их отложения на шельфе: Проверка модели распределения наносов, которая была разработана в 1990-х годах, началась с 2007 года с использованием MIKE21C, проводимой Engineering and Hydrosystems, Inc. и Датским гидравлическим институтом (DHI). Валидация модели распределения хвостов также проводилась несколько раз, как это было сделано доктором Муслимом Муином и DHI (2010-2011 гг.), DHI (2012 г.) и последний в 2017 г. компанией DHI. Отчет также был отправлен в Министерство окружающей среды и лесного хозяйства в связи с обязательными административными санкциями [41]

### **3.2.3. Мониторинг окружающей среды компанией**

Многопрофильная группа департамента окружающей среды PTFI, состоящая из нескольких отделов, регулярно измеряет качество поверхностных и подземных вод, качество воздуха, а также биологические, гидрологические, осадочные и метеорологические характеристики всей рабочей зоны, контролирует качество наземной биоты, сельскохозяйственной и водной продукции. PT-FI проводит обширные исследования и мониторинг местных экосистем от примерно 4000 метров над уровнем моря до прибрежных и морских районов. Экологическая лаборатория была открыта в 1994 г., к 2015 году создана сеть экологического мониторинга, включающая 338 точек отбора проб, на которых ежегодно отбирается около 15 000 проб для анализа ежегодно. Результаты используются для получения научной информации, необходимой для принятия обоснованных управленческих решений с упором на устранение, минимизацию или смягчение воздействия на окружающую

среду [23]. Экологическая лаборатория сертифицирована Национальным комитетом по аккредитации Индонезии в соответствии со стандартами качества ISO 17025 и служит основной аналитической лабораторией для анализа образцов. Компания PT-FI продолжает работу по оценке риска для здоровья человека, чтобы оценить потенциальное воздействие хвостохранилищ и отходов горнодобывающей промышленности на поверхностные воды, грунтовые воды, отложения и почвы, земные и водные ткани. Компания PT-FI проводит долгосрочный мониторинг параметров окружающей среды, включая геохимию, качество воды и биологию, во всех наземных, эстуарных и морских районах, затронутых отложением хвостохранилищ, а также для сравнения в контрольных точках (не затронутых хвостохранилищами) [42]. Схема расположения точек отбора проб для импактного и фоновый мониторинга приведена на рисунке (Приложение Ж). Периодичность и параметры мониторинга качества подземных и поверхностных вод для точек отбора проб различной локализации приведена в таблице (Приложение И). В 2020 году PT-FI инициировала новый анализ воздействия на окружающую среду в рамках подготовки к предлагаемому расширению восточной и западной дамб для безопасного содержания хвостов в районе отложения ModADA. Текущий мониторинг флоры и фауны осуществляется через сотрудничество с консультантами, исследовательскими организациями и университетами [35].

Ранее сброс хвостов рудника в реку Айква и озеро Ванагонг, интенсивные ливневые дожди приводили к наводнениям, в 1991 году была уничтожена большая часть низинных лесов, в морской фауне отмечалось увеличение содержания меди. Министерство окружающей среды и лесного хозяйства Индонезии сообщало о многих экологических нарушениях, совершенных PT Freeport Indonesia [44]. В 2016 г. была проведена внезапная инспекция хвостохранилища и морской акватории, где находились миллионы мертвых рыб. Во время инспекции правительственная группа и Департамент окружающей среды PT Freeport взяли несколько образцов мертвой рыбы и воды для исследования [45]. Компания PT FI заявила, что гибель миллионов рыб в

районе порта Амамапаре регенства Тимика, произошла из-за природных явлений – миграции из морских глубин на мелководье. Фрипорт опроверг информацию о том, что рыба погибла из-за отходов хвостохранилища. «Очевидно, что это природное явление. Каждый год что-то подобное происходит. Это просто совпадение, на этот раз мертвая рыба находится недалеко от хвостохранилища. Мертвые рыбы – это мигрирующие рыбы сардины, следующие за течением и наличием пищевого планктона, поэтому они попадают в более мелкие воды, это не местная рыба, – сказал представитель Департамента окружающей среды PT Freeport» [45]. В 2016 году было установлено, что всего было допущено 48 нарушений, за которые были применены административные санкции, в том числе 31 факт выявления нарушений, связанных с экологическими разрешениями. Было пять выводов о нарушениях загрязнения воды, пять выводов о нарушениях загрязнения воздуха и семь выводов о нарушениях обращения с отходами. Величины ущерба окружающей среде достигла 185 трлн рупий (свыше 12 млрд долларов). Министерство окружающей среды и лесного хозяйства наложило административные санкции в виде государственного принуждения на PT FI, как указано в Приказе [41] Из 48 санкций PT FI выполнила 35 санкций, а 13 санкций не были реализованы. У автора вызывает опасения возможное загрязнение окружающей среды, не только поверхностных вод, но и местных подземных источников воды в общинах.

### **3.3. Изучение состояния водных ресурсов в регионе Тимика**

Водные ресурсы исследуемой территории представлены поверхностными водами (речной системой Айква и Арафуртским морем) и подземными водами, которые используются местными жителями для хозяйственно-питьевых целей. Для изучения состояния водных ресурсов необходимо использовать определенные критерии. Как известно критериями оценки качества является совокупность количественных показателей, характеризующих свойства изучаемых объектов и используемых для их классифицирования или ранжирования. Оценка качества пресноводных водных

объектов [52] осуществляется по трем основным аспектам, включающим следующие комплексы показателей: 1) факторы, связанные с физико-географическим и гидрологическим описанием водоема, как целостного природного или водохозяйственного объекта; 2) контролируемые показатели состава и свойств водной среды, дающие формализованную оценку качества воды и ее соответствия действующим нормативам; 3) совокупность критериев, оценивающих специфику структурно-функциональной организации сообществ гидробионтов и динамику развития водных биоценозов [52]. Современное понимание нормативов качества окружающей среды связывается также с обеспечением устойчивого функционирования естественных экологических систем и предотвращением их деградации. При определении степени экологического неблагополучия водных объектов оценивается два основных фактора: 1) опасное для здоровья людей снижение качества питьевой воды и санитарно-эпидемиологического загрязнения водных объектов рекреационного назначения; 2) создание угрозы деградации или нарушения функций воспроизводства основных биотических компонентов естественных экологических систем водоемов.

С точки зрения оценки качества воды, т.е. “характеристики состава и свойств воды, определяющие пригодность ее для конкретных видов водопользования” возможно оценить только качество вод, используемых для питьевых целей в общинах. Река Айква не используется в качестве источника водоснабжения и для рыбозаведения, концентрации практически всех веществ находятся в пределах ПДК, установленных правительством Индонезии [39, 48], поэтому для оценки современного состояния водных ресурсов невозможно применить такие показатели как ПХЗ-10, ИЗВ, так как они предполагают использование водного объекта в хозяйственных целях и наличие веществ, концентрации которых многократно превышает допустимый уровень ПДК.

### **3.2.1. Материалы и методика исследований**

В работе были использованы основные положения нормативных документов Индонезии [17, 39, 40, 41, 47, 49], Российской Федерации [50, 51,

56-60, 62], методические рекомендации и статьи исследователей [36, 37, 38, 52-55] применяемые в соответствии с целями исследования.

### ***3.2.1.1. Материалы исследований***

Чтобы справиться с возможным снижением качества поверхностных вод из-за транспортировки хвостов по реке в ModADA, PT Freeport Indonesia проводит мониторинг качества воды в высокогорьях, низинах и эстуариях. Материалами исследований послужили только данные, предоставленные компанией за 1-е полугодие 2021 г. (Приложение К), в анализе которых автор принимал непосредственное участие (Приложение Л). Автору не разрешили отбирать пробы самостоятельно в связи с ковидными ограничениями и сложной ситуацией с охраной территории. Схема точек отбора проб для импактного и фоновоего мониторинга приведена в Приложении Ж, программа мониторинга качества подземных и поверхностных вод Приложении И. Проблемой при выполнении данной работы был ограниченный доступ к данным мониторинга. Образцы проб были собраны из PT Freeport Indonesia в Тимике в специальном месте ModADA, а затем доставлены в лабораторию для анализа, который проводится Департаментом окружающей среды PT Freeport Indonesia. Образцы оценивали по физико-химическим параметрам, таким как pH, электропроводность, общее количество растворенных твердых веществ (TDS), общая жесткость, нитраты, сульфаты, хлориды, кальций, растворенный и кислород в соответствии с процедурами, изложенными в Стандартные методы исследования воды и сточных вод (APHA/AWWA/WEF, 1998).

### ***3.2.1.2. Методика исследований***

Состояние водных ресурсов оценивалось с помощью взвешенного арифметического индекса качества воды (WQI) [54, 55, 61], использовались положения метода определения уровня загрязненности донных отложений [51] и коэффициента донной аккумуляции (КДА) [51, 52].

Расчет WQI был выполнен с использованием взвешенного арифметического индекса качества воды (AWQI), который был первоначально

предложен Хортоном (1965 г.) и разработан Брауном и др. (1972 г.) [54], который имеет следующий вид:

$$WQ_A = \sum_{i=1}^n W_i Q_i / \sum_{i=1}^n W_i \quad (1.1)$$

где  $n$  – количество переменных или параметров,

$W_i$  – относительный вес  $i$ -го параметра,

$Q_i$  – оценка качества воды  $i$ -го параметра.

Удельный вес ( $W_i$ ) различных параметров качества воды обратно пропорционален рекомендуемым нормам для соответствующих параметров. Согласно [54, 55, 61], значение  $Q_i$  рассчитывается с использованием следующего уравнения:

$$Q_i = 100 \frac{V_i - V_{id}}{S_i - V_{id}} \quad (1.2)$$

где  $V_i$  – наблюдаемое значение параметра  $i$ ,

$S_i$  – нормативно-допустимое значение параметра  $i$ ;

$V_{id}$  – идеальное значение параметра  $i$  в чистой воде.

Все идеальные значения ( $V_{id}$ ) приняты за ноль для питьевой воды, за исключением рН и растворенного кислорода. Идеальное значение рН составляет 7,0 (для природной/чистой воды), а допустимое значение – 8,5. Оценка качества по рН рассчитывается по следующему уравнению:

$$Q_{pH} = 100 \frac{V_i - 8,5}{S_i - 8,5} \quad (1.3)$$

Для растворенного кислорода, идеальное значение составляет 14,5 мг/л, а стандартно допустимое значение для питьевой воды составляет 5 мг/л. Поэтому его рейтинг качества рассчитывается по следующему уравнению:

$$Q_{Do} = 100 \frac{V_i - 14,5}{S_i - 14,5} \quad (1.4)$$

где  $Q_{Do}$  – наблюдаемое значение растворенного кислорода

В таблице 3.2 ниже показана классификация качества воды на основе ее индекса качества. Низкая проводимость (от 0 до 200 См/см) является индикатором фоновых условий. Средняя проводимость (от 200 до 1000 См/см) является нормальным фоном для большинства крупных рек. Проводимость за

пределами этого диапазона может указывать на то, что вода не подходит для определенных видов рыб. Высокая проводимость (от 1000 до 10 000 См/см) является индикатором солевых условий. В этот диапазон могут попадать воды, подвергшиеся сильному влиянию промышленности [54, 61].

Таблица 3.2 – Классификация качества воды на основе взвешенного арифметического метода WQI [54, 61]

WQI	СТАТУС
0–25	Чистая
26 – 50	Слабозагрязняющая
51 – 75	Загрязненная
76 – 100	Грязная
Выше 100	Экстремально грязная

По данным школы водных наук USGS, жесткость вызывается соединениями кальция и магния, а также множеством других металлов. Общие рекомендации по классификации вод: от 0 до 60 мг/л, так как карбонат кальция классифицируется как мягкий; от 61 до 120 мг/л как умеренно жесткий; от 121 до 180 мг/л как твердый; и более 180 мг/л как очень жесткие. Щелочность – это состояние воды, которое со временем развивается из гидрокарбоната и гидроксида из минералов и горных пород, таких как известняк. Щелочность – это буфер, который придает воде способность нейтрализовать кислоты. Если вода не может нейтрализовать кислоту, уровень pH поднимется выше нормы, что нанесет ущерб водной флоре и фауне. В результате высокий уровень щелочности на самом деле полезен для водной жизни. В отличие от большинства других измерений, высокая щелочность это хорошо, а низкая плохо. Высокая щелочность указывает на то, что жидкость способна нейтрализовать большое количество кислоты, так что уровень pH безопасно остается между 7 и 8. Если уровень pH может упасть ниже 7 это может быть вредным для тела, жизни животных и водоема.

Для оценки экологической опасности по химическим показателям [50, 59] могут использоваться параметры воздействия на экосистему: степень

превышения нормируемых величин концентраций загрязняющих веществ в воде и донных отложениях, допустимые и критические антропогенные нагрузки, содержание опасных загрязняющих веществ в промысловых видах рыб и т.д. Метод определения уровня загрязненности донных отложений основан на сравнении с "фоновым" участком [51]. Согласно [51] для расчета коэффициента донной аккумуляции (КДА), т.е. отношения концентрации веществ в донных отложениях к концентрации тех же веществ в воде, используют только вещества 1 и 2 классов опасности, но для определения уровня токсической загрязненности водных экосистем авторы [52] предлагают также использовать КДА для меди. Чем больше величина КДА, тем более сильному антропогенному прессингу подвергается водный объект.

### **3.2.2. Поверхностные воды**

Существует два раздела критериев оценки степени неблагополучия: критерии, оценивающие изменение среды обитания человека и состояние здоровья населения, и критерии, оценивающие изменение природной среды. В нашем случае необходимо подходить к оценке состояния водных объектов не с точки зрения потребностей конкретного природопользователя, а с точки зрения сохранения структуры и функциональных особенностей всей экосистемы в целом [52]. Согласно [51] к числу процессов, приводящих к экологическому неблагополучию водной экосистемы, относится накопление токсикантов в донных отложениях в результате осаждения взвешенных частиц и интенсивного осадкообразования. Следствием этих негативных процессов, вызванных различными причинами как природного, так и техногенного характера, является нарушение трофических и иных взаимосвязей в водной экосистеме, нарушение процессов самоочищения, изменение окислительно-восстановительной обстановки, нарушение газового режима и т.д. Для оценки экологической опасности могут использоваться различные характеристики отклика биотической компоненты водной экосистемы на воздействие: степень негативных изменений в состоянии сообществ водных организмов, уменьшение численности и биомассы популяций, снижение биоразнообразия и упрощение



трофической структуры, угнетение развития обитателей чистых вод, появление токсических свойств в компонентах водной экосистемы (воде, донных отложениях), накопление опасных загрязняющих веществ в водной биоте и др.

Мониторинг качества поверхностных вод в высокогорье проводится 1 раз в месяц в реке неталовой, а именно в реке Агавагон выше места впадения в нее стока с обогатительной фабрики (S025), и на 2-х участках реки хвостохранилища (рис. 3.11), а именно место выпуска хвостов в районе горно-обогатительного комбината (S110) и комбинированные потоки из S110 и S025 (№ 55), взятые в течение 1 семестра 2021 года. Мониторинг качества поверхностных вод в низменностях проводится 1 раз в месяц на 3-х участках рек хвостохранилищ (S130, S245 и S255) и каждые 3 месяца на 8 участках рек-нехвостохранилищ (S225, S560, S261, S4176, S420, S325, S760 и S860).

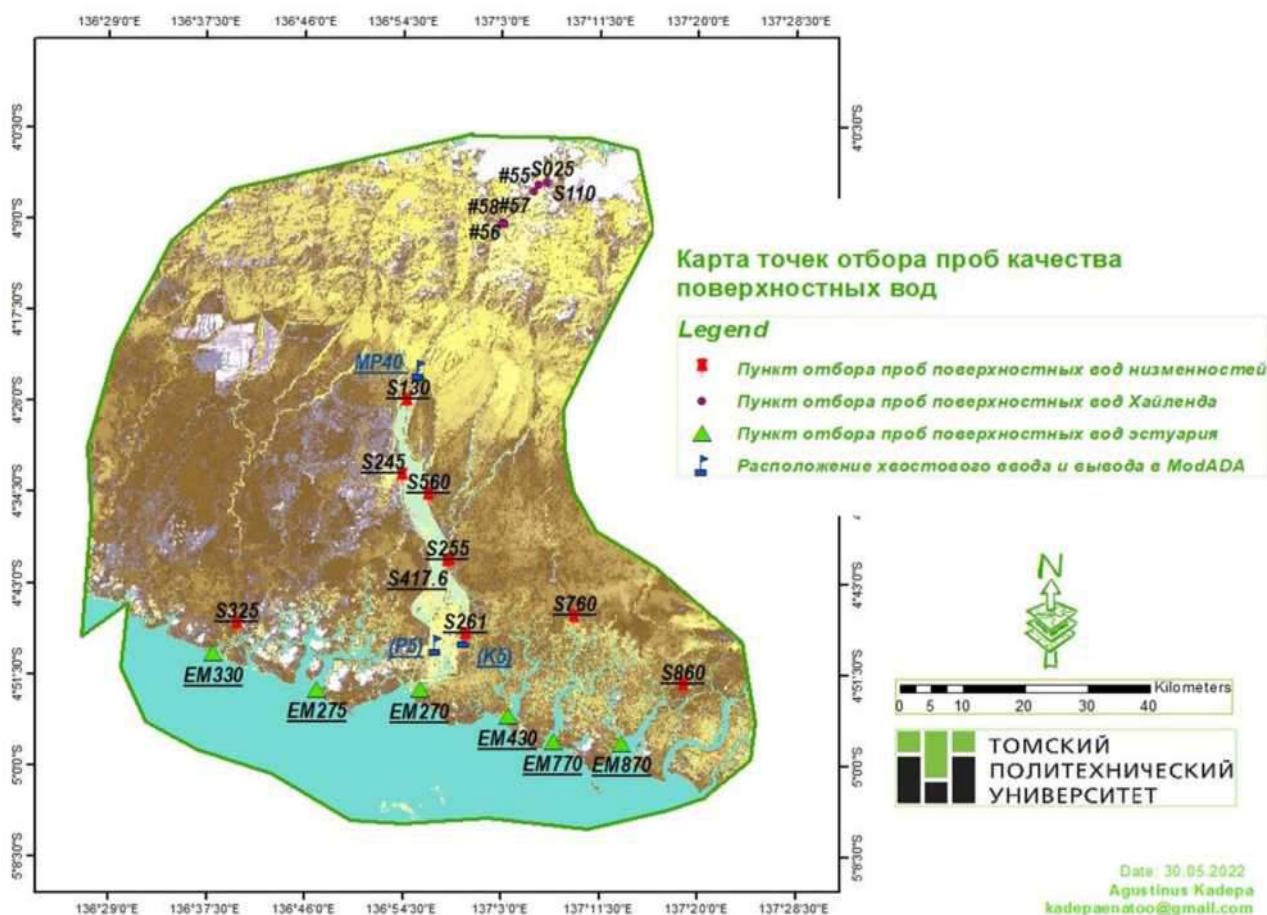


Рисунок 3.11 – Расположение точек отбора проб поверхностных вод

Результаты мониторинга качества поверхностных вод горной местности за 1 полугодие 2021 года представлены в таблице К.6, а для низин в таблице К.3

(Приложение К). Расчет индекса качества воды в горной местности (Приложение М), показало, что существуют приемлемые (слабогрязная) и неприемлемые результаты, статус экстремально грязная получили как фоновая река, так и река-хвостохранилище.

В низменности состояние поверхностных вод улучшается до слабогрязной и чистой, но также обнаружены грязные воды, причем это фоновые реки.

С точки зрения превышения ПДК результаты мониторинга поверхностных вод, проводимого для вод, подверженных антропогенной нагрузке, и фоновых объектов для горных районов и низин показал примерно одинаковые результаты – превышений по содержанию меди не обнаружено, есть единичные случаи до 3,04 мг/л, причем в реках с естественными условиями формирования химического состава вод. Отмечено повышение проводимости в 3-5 раз по сравнению с фоном. Наиболее критично содержание взвешенных веществ, которое после сброса сточных вод составляет 257 000–667 000 мг/л, а в естественных реках высокогорья 15–1390 мг/л. В низинах для рек-хвостохранилищ содержание взвешенных веществ уменьшается в десятки раз, но остается выше, чем фоновое и превышает рекомендованное [39].

Мониторинг качества воды в эстуариях, затронутых хвостохранилищами, проводился на хвостохранилище (ЕМ270) и на 5 нехвостовых эстуариях (ЕМ430, ЕМ330, ЕМ275, ЕМ760 и ЕМ860). Мониторинг качества воды на пунктах ЕМ270 и ЕМ430 проводится один раз в месяц, а на остальных пунктах – каждые три месяца. Таблицу результатов лабораторных анализов можно увидеть в таблице К.4 (Приложение К).

Расчет индекса качества воды в эстуариях (Приложение М), показало, что существуют Экстремально грязные и грязные воды в местах отбора проб на реке хвостохранилища и реках, не являющихся хвостохранилищами.

В эстуарии р. Айква после ModADA содержание растворенных металлов выше, чем в эстуариях других рек, но не превышает рекомендованные [47] значения.

Мониторинг содержания меди в отложениях в эстуарии Айква и в северной части Арафурского моря проводится один раз в год. Повышенные (выше 1600 мг/кг) значения отмечаются в районе ModADA (рис. 3.12).

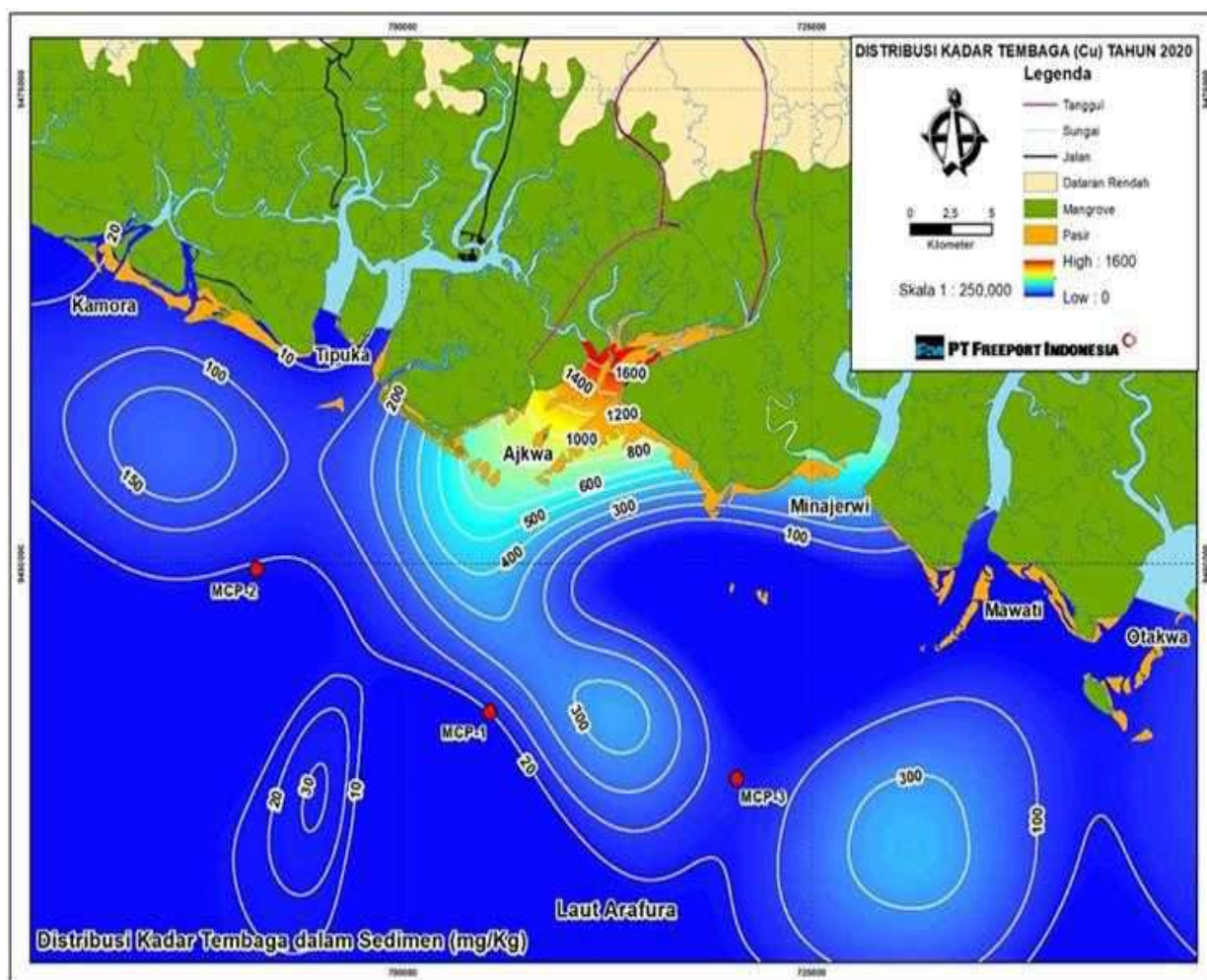


Рисунок 3.12 – Содержание меди (мг/кг) в отложениях эстуария Айква и северной части Арафурского моря в 2020 г. [23]

При определении уровня загрязненности донных отложений [51], которые были рассчитаны только по содержанию меди получен средний ранг загрязненности. Автор полагает, что при более детальном изучении ранг может вырасти. При расчете коэффициента донной аккумуляции (КДА) для меди как отношение содержания меди в отложениях по сравнению с рекомендованными [39] значениями для морских и речных вод в районе ModADA установлено, что КДА составляет 10-20 тысяч для речных вод и сотни единиц для морских вод. Это говорит об относительно удовлетворительном состоянии и необходимости мониторинга содержания меди в поверхностных водах.

По данным РТФИ и результатам анализа содержания тяжелых металлов в мясе рыбы за 2 полугодие 2020 г. таблице К.6 (Приложение К) не наблюдаются различия в содержании тяжелых металлов между местами обитания рыб (фоновыми и подверженными влиянию хвостов).

### **3.2.3. Подземные воды**

Оценка степени загрязнения питьевой воды и источников питьевого и рекреационного назначения выполняется на основании только одной группы критериев, оценивающих санитарно-токсикологическую опасность загрязнения питьевой воды химическими веществами. Чтобы управлять потенциальными изменениями качества подземных вод из-за инфильтрации из-за отложения хвостов в районе ModADA, РТ FI контролирует качество подземных вод в контрольных скважинах, в колодцах с питьевой водой для сотрудников и окружающего населения. Контролируемыми параметрами были рН, температура и электропроводность, которые были измерены непосредственно в полевых условиях, а также щелочность, кислотность, концентрации сульфатов и растворенных металлов. В 1 полугодии 2021 г. мониторинг качества подземных вод в контрольных колодцах на Западной и Восточной набережной проводился на 13 объектах (рис. 3.13), а именно контрольные колодцы L1W1, L1W2, L1W3B, L4W1, L4W3A, L4W3B, L6W1, L6W2A, L6W2B, PZ23M, PZ19D2, L7W2 и L7W3. Результаты мониторинга подземных вод в скважинах представлены в таблицах К.1 и К.2 (Приложение К). В 1 семестре 2021 года был проведен мониторинг качества подземных вод в общественных колодцах с питьевой водой в районах Квамки Лама (КВ) и Кампунг Писанг (КП). Результаты мониторинга качества подземных вод представлены в таблице К.5 (Приложение К). Для колодцев с питьевой водой жителей за первое и второе полугодия 2021 года, и скважин мониторинга подземных вод рядом с ModADA были рассчитаны индексы качества воды (Приложение М). В районе хвостохранилища получен индекс Экстремально грязная и грязная, что говорит о загрязнении подземных вод. Для колодцев жителей Слабогрязная. Это говорит о необходимости водоподготовки и мониторинга качества.

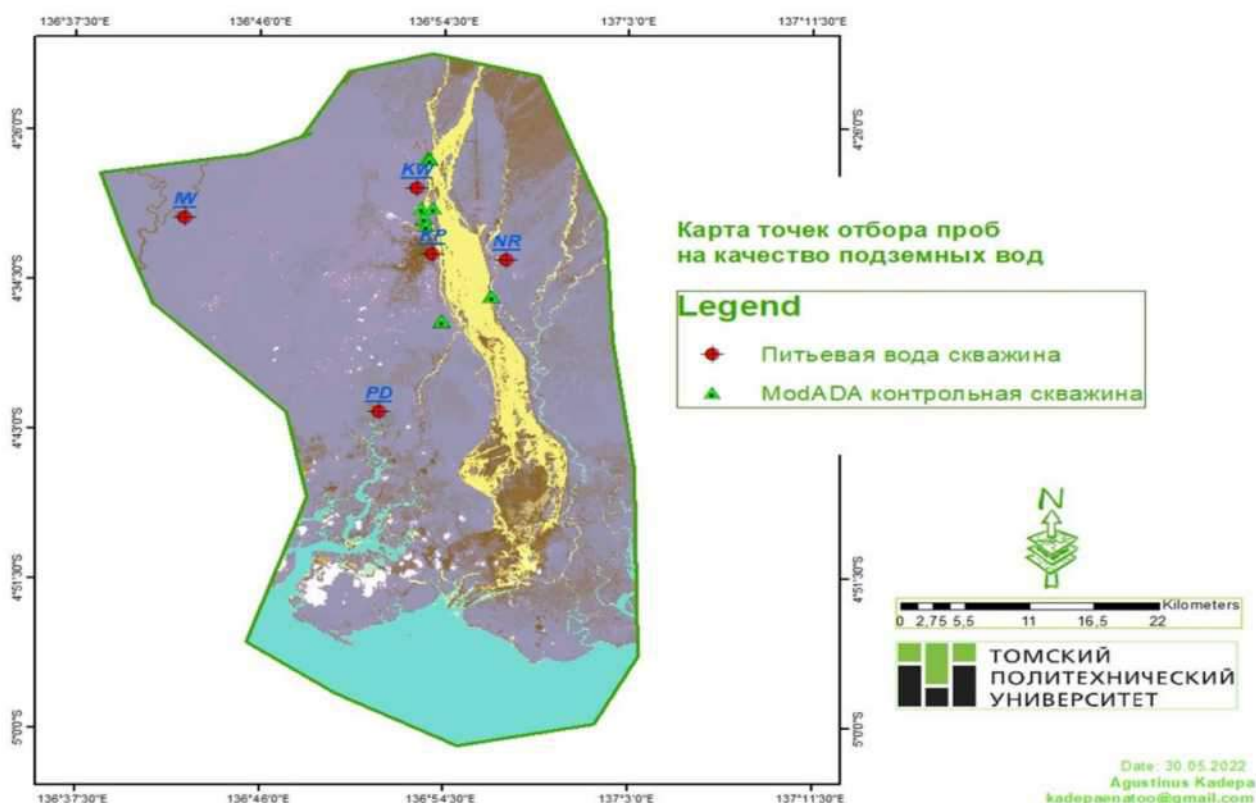


Рисунок 3.13 – Карта отбора проб подземных вод

Результаты мониторинга химического состава подземных вод на 13 скважинах возле хвостохранилища показали стабильный состав в течении 1-го полугодия 2021 г., наблюдается увеличение сульфатов (4 точки) и железа (2 точки) относительно других скважин. В этих же точках наблюдается увеличение проводимости, общей жесткости. В воде единичных колодцев, используемых для питьевых целей наблюдается превышение нормативов для питьевой воды [49] для железа и марганца. По содержанию меди превышений не обнаружено. Вызывает опасения повышенные (более 30 мг/л) содержания сульфатов, которые являются индикаторами загрязнения сточными водами обогатительных предприятий по добыче меди. Следовательно, подземные воды в районе расположения практически половины скважин испытывают воздействие сточных вод.

### 3.2.4. Оценка гидрологических характеристик по длине реки

Для дальнейшей оценки состояния водных ресурсов была дана оценка распределению расходов, скоростей потока и кратности разбавления по длине

реки. Использовалась методика, изложенная в [64, 65] при отсутствии данных гидрометрических наблюдений. Используя полученные при обучении знания и материалы [63, 66] автор в качестве реки-аналога принял реку Сепик (Папуа-Новая Гвинея), по которой имелся ряд наблюдений. Были использованы данные о топографии бассейна реки Айква [22] и имеющиеся метеорологические данные о температуре, влажности и количестве осадков станций в регионе Тимика и Папуа-Новой Гвинее, данные о расходах реки Сепик [28, 29, 32]. Автор рассчитал внутригодовое распределение стока реки Сепик, а также модуль стока. Используя данные о модуле стока и нарастании площади бассейна реки Айква по длине, был рассчитан расход воды. По ширине [22] и предположительной средней глубине реки найдена площадь поперечного сечения, затем скорость течения и кратность разбавления [63, 66]. Изменение расхода воды, скорости течения и кратности разбавления по длине реки показана на рисунках 3.14 и 3.15.

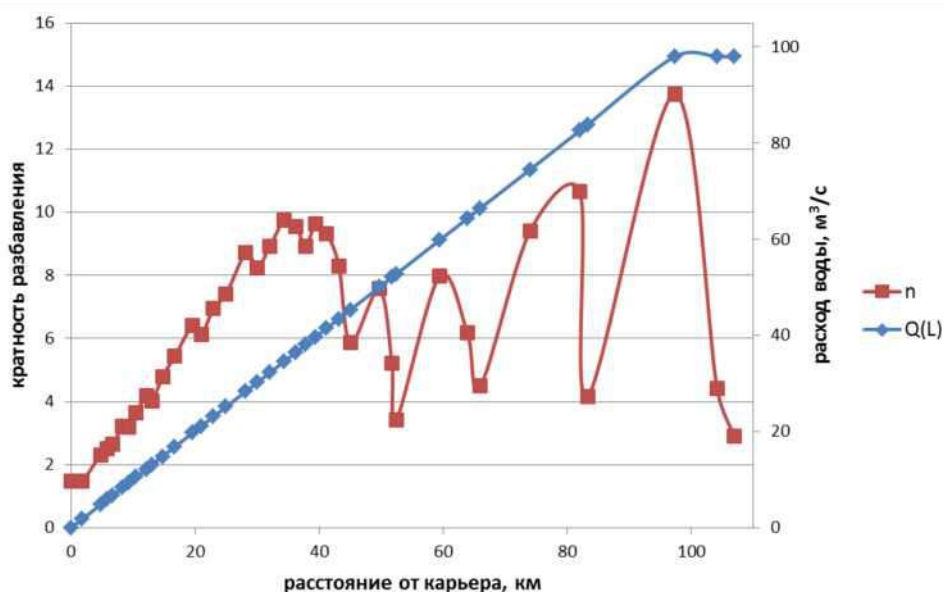


Рисунок 3.14 – Изменение расхода воды и кратности разбавления по длине реки

Далее по имеющимся данным была построены графики изменения содержания взвешенных веществ и проводимости речной воды (ЕС) по длине реки Айква и графическая аппроксимация зависимостей с формулой тренда и коэффициентом детерминации (рис. 3.16). Найденные оценочные зависимости отражают реальное распределение содержания взвешенных веществ – их

уменьшение от источника загрязнений и увеличение проводимости речной воды в устье, при возрастании влияния морских вод, кроме того, коэффициенты детерминации составляют 0,78-0,81, что позволяет говорить о хорошем подборе формулы тренда и ее использовании при дальнейших исследованиях.

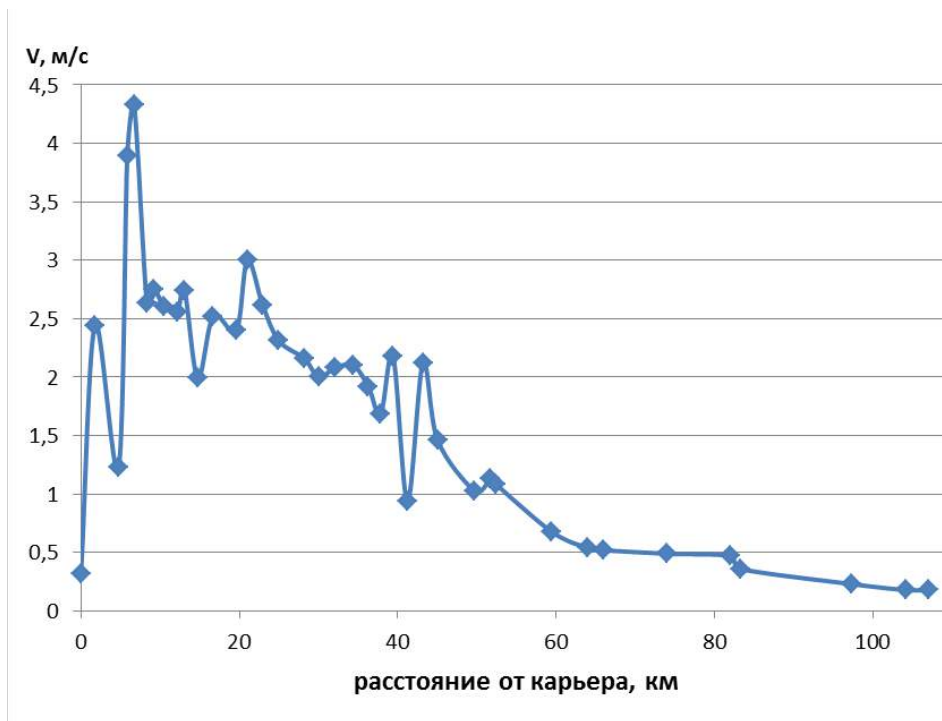


Рисунок 3.15 – Изменение скорости потока по длине реки Айква

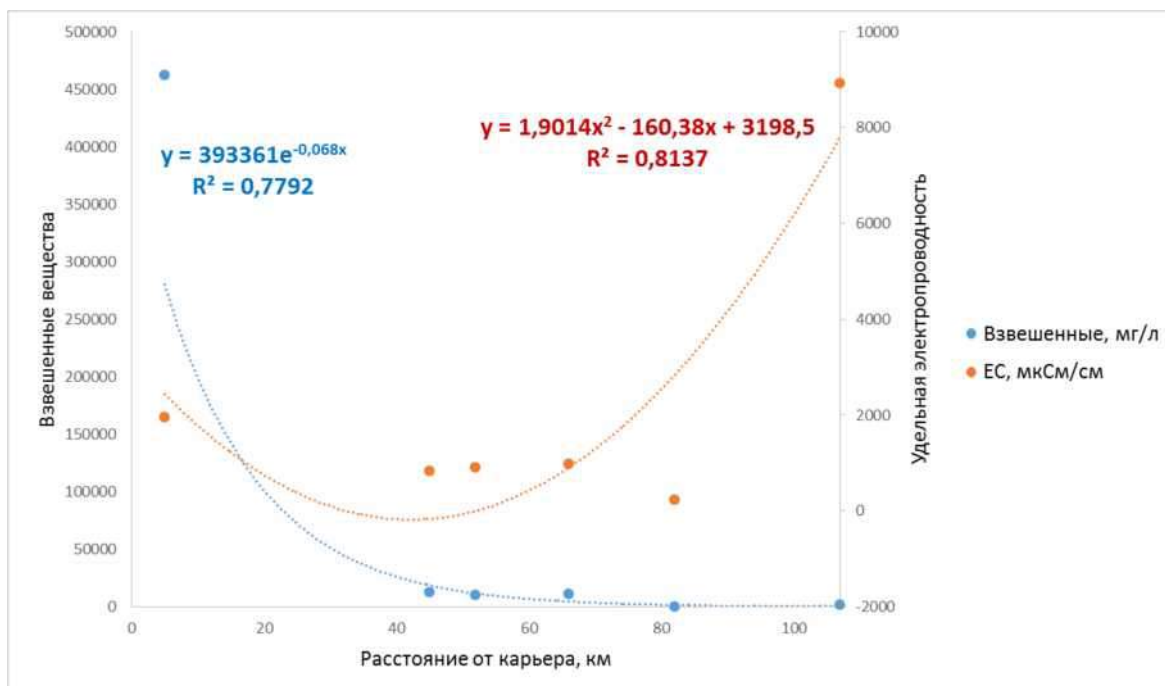


Рисунок 3.16 – Распределение по длине реки Айква содержания взвешенных веществ и проводимости речной воды (ЕС) и их графическая аппроксимация

### 3.2.5 Меры для улучшения состояния природных вод

Одним из признаков проявившегося экологического неблагополучия по гидробиологическим показателям является исчезновение рыб [50]. Компанией уже проводится оценка опасности токсического загрязнения по биологическим показателям путем биотестирования токсичности воды и донных отложений. Для более полной оценки необходимо более исследовать такие объекты как фитопланктон, зоопланктон, макрозообентос, ихтиофауна, бактериопланктон. Весьма желательно, чтобы пробы были как можно более разнообразными по определяемым видам гидробионтов, поскольку разные виды проявляют разную чувствительность к загрязнению. Установлено, например, что двустворчатые моллюски подвержены воздействию ионов меди, кадмия, ртути, свинца, цинка, СПАВ и ряда других загрязняющих веществ.

Автор рекомендует на современном этапе дополнить программу мониторинга методом биоиндикации состояния сообществ водных организмов и обязательно использовать данный метод при рекультивации хвостохранилища. Ключевыми показателями состояния водных ресурсов по имеющимся данным является содержание взвешенных веществ, электропроводность и содержание сульфатов, как индикатор загрязнения сточными водами предприятий по обогащению руд, содержащих медь. Для подземных вод показано наличие загрязнения в районах ModADA и критические значения в отдельных питьевых колодцах. Это говорит о необходимости тщательного контроля и мониторинга за состоянием подземных и поверхностных вод независимыми аудиторскими организациями.



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

Студенту:


<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
2ВМ02	Кадепа Агустинус

<b>Школа</b>	<b>ИШПР</b>	<b>Отделение</b>	<b>Отделение геологии</b>
<b>Уровень образования</b>	<b>Магистратура</b>	<b>Направление/специальность</b>	<b>Природообустройство и водопользование</b>


<b>Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:</b>	
Влияние геологического строения на элементный состав природных объектов приповерхностного горизонта на примере месторождения золота Грасберг в Папуа, Индонезия	Работа с научной литературой, представленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах
<b>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</b>	
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
<b>Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):</b>	
1. Оценка конкурентоспособности технических решений 2. Матрица SWOT 3. График проведения и бюджет проекта 4. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности разработки	

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	01.03.2022
---	------------

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент	Рыжакина Татьяна Гавриловна	Кандидат экономических наук		01.03.2022

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
2ВМ02	Кадепа Агустинус		01.03.2022

#### **4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение**

Целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является определение перспективности и успешности научно-технических исследований, оценка их результативности, степени возможного риска, разработка механизмов управления и поддержки заказных проектных решений при реализации. Поэтому для достижения этой цели необходимо решить следующие задачи:

- Организовывать научные исследования;
- Планирование этапов исследования;
- Оценка коммерческого потенциала и перспектив проведения научных исследований;
- Рассчитать бюджет на проводимые научно-технические Исследования;
- Оценить социально-экономическую эффективность исследования.

Исследование проводилось на золоте и меди в районе Тимика Папуа. Исследование проводилось с целью изучения качества водных ресурсов горнорудного района в реках высокогорья, низменности (ModADA) и эстуарной области с целью анализа геологического, гидрологического и геохимического строения воды района исследований.

##### **4.1 Предпроектный анализ**

###### **4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования**

В данном исследовании проводится анализ результатов исследования потребителей, поэтому необходимо рассмотреть целевой рынок и его сегменты.

Ниже представлены проекты сегментов рынка, а именно

- Компания по добыче золота и меди
- Организация работы над исследовательскими проектами
- Определение возможных альтернатив исследованиям;
- Перспектива ресурсоэффективности
- Резидент.

#### 4.1.2 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 1 приведена оценка конкурентов, где Ф – разрабатываемый проект, Б1 – исследование, проведенное инженером-экологом в НИИ, Б2 – исследование, проведенное организацией, которая занимается добычей золота.

Таблица 4.1 Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия (В)	Баллы			Конкурентоспособность			
		Б1	Б2	Б3	К1	К2	К3	
1	2	3	4	5	6	7	8	
Технические критерии оценки ресурсоэффективности								
1	Повышение производительности	0,12	5	4	4	0,6	0,5	0,48
2	Точность	0,12	4	4	4	0,48	0,5	0,48
3	Безопасность	0,13	4	3	3	0,52	0,4	0,39
4	Экологический контроль	0,13	4	3	2	0,52	0,4	0,26
4	Способность к изготовлению	0,14	5	4	4	0,7	0,6	0,56
Экономические критерии оценки эффективности								
1	Конкурентоспособность продукции	0,11	5	4	4	0,55	0,4	0,44
2	Цена	0,14	5	3	3	0,7	0,4	0,42
3	Время	0,11	4	5	3	0,44	0,6	0,33
	Итого	1	36	30	27	4,51	3,7	3,36

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.

#### 4.1.3 SWOT-анализ

SWOT – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта (таблица 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 4.2 Матрица SWOT-анализа

Сильные стороны	Слабость
C1. Высокая производительность труда и высокая заработная плата в зависимости от доли работы	SL1. Район добычи очень широк, поэтому он неравномерно контролируется для окружающей среды.
C2. Мониторинг рабочей зоны строго	SL2. При высокой продуктивности создает

<p>охраняется</p> <p>C3. Точность работы достаточно высокая</p> <p>C4. Продуктовый маркетинг довольно высок в мире</p> <p>C5. Предоставление взносов на развитие правительству Индонезии и местным органам власти в форме (налоги, социальная помощь и т. д.)</p>	<p>достаточно большую антропогенную нагрузку.</p> <p>SL3. Разрешение конфликта политики индонезийского правительства и компании</p> <p>SL4. Конфликт владения правами улаят местных жителей и компаний</p>
<p>Возможность</p> <p>Q1. Расширение масштабов добычи полезных ископаемых</p> <p>Q2. Возможность антропогенных нагрузок может распространяться на водоемы</p> <p>Q3. Возможность сделать дополнительное исследование проекта</p>	<p>Угрозы</p> <p>U1. от правительства Индонезии выдвигаются требования о значительных экологических потерях за нарушения утилизации отходов горнодобывающей промышленности.</p> <p>U2. есть требования от жителей о традиционных правах на землю, используемую для компаний.</p> <p>U3. биржевая цена золота и меди на международной фондовой бирже.</p>

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

Интерактивная матрица проекта представлена в таблице 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 4.3 Интерактивная матрица проекта

Возможности проекта	Сильные стороны проекта				
	S1.	S2.	S3.	S4.	S5.
Q1.	+	+	-	-	+
Q2.	+	+	-	-	
Q3	+	+	+	+	+

Таблица 4.4 Интерактивная матрица проекта

Возможности проекта	Слабые стороны проекта					
		S11.	S12.	S13.	S14.	S15.
	Q1.	+	+	+	+	+
	Q2.	+	+	+	+	+
	Q3.		+	+	+	+

Таблица 4.5 Интерактивная матрица проекта

Возможности проекта	Сильные стороны проекта					
		S1.	S2.	S3.	S4.	S5.
	U1.	+	-	-	+	+
	U2.	+	-	-	+	-

Таблица 4.6 Интерактивная матрица проекта

Угрозы	Слабые стороны проекта					
		S11.	S12.	S13.	S14.	S15.
	U1.	+	+	+	+	+
	U2.	+	+	+	+	+

В рамках *третьего этапа* должна быть составлена итоговая матрица SWOT-анализа (таблица 4.7).

Таблица 4 7 SWOT-анализ

	<p>Сильные стороны</p> <p>C1. Высокая производительность труда и высокая заработная плата в зависимости от доли работы</p> <p>C2. Мониторинг рабочей зоны строго охраняется</p> <p>C3. Точность работы достаточно высокая</p> <p>C4. Продуктовый маркетинг довольно высок в мире</p>	<p>Слабость</p> <p>SL1. Район добычи очень широк, поэтому он неравномерно контролируется для окружающей среды.</p> <p>SL2. При высокой продуктивности создает достаточно большую антропогенную нагрузку.</p> <p>SL3. Разрешение конфликта</p>
--	--	---

	<p>C5. Предоставление взносов на развитие правительству Индонезии и местным органам власти в форме (налоги, социальная помощь и т. д.)</p>	<p>политики индонезийского правительства и компании SL4. Конфликт владения правами улят местных жителей и компаний</p>
<p>Возможность Q1. Расширение масштабов добычи полезных ископаемых Q2. Возможность антропогенных нагрузок может распространяться на водоемы Q3. Возможность сделать дополнительное исследование проекта</p>	<p>Компания имеет сбалансированную производительность труда с достаточно современными технологиями и достаточно сильными силами безопасности для защиты процесса добычи полезных ископаемых, привлекая несколько университетов к сотрудничеству в проведении исследований. Кроме того, компания вносит свой вклад в развитие правительства Индонезии и предоставляет социальную помощь, такую как (образование, здравоохранение и т. д.), а также продажу золотых и медных изделий, которые имеют высокую экономическую ценность в мире. Так что можно сказать, что изделия из золота и меди от Timika хорошего качества.</p>	<p>Необходимо привлечь все заинтересованные стороны, начиная со специальных исследований в университетах, государственных учреждениях Индонезии и учреждениях коренных народов. Продолжать создавать и поддерживать системы управления операционным внедрением, операционные контроллеры, выявление проблем, контроль угроз, которые возникнут в будущем внутри компании и за ее пределами, чтобы она могла поддерживать баланс производительности труда и производительности продукции из золота и меди. коммерциализировано. Кроме того, поддержание баланса захоронения шахтных отходов с возможностью их</p>

		эффективной обработки не наносит вреда окружающей среде, в которой протекает биотическая жизнь.
<p>Угрозы</p> <p>U1.От правительства Индонезии выдвигаются требования о значительных экологических потерях за нарушения утилизации отходов горнодобывающей промышленности.</p> <p>U2.Есть требования от жителей о традиционных правах на землю, используемую для компаний.</p> <p>U3.Биржевая цена золота и меди на международной фондовой бирже.</p>	<p>Компания создала комплексный проект по защите добычи полезных ископаемых и, с другой стороны, создает проблемы для подачи иска властями, а именно, по мнению правительства и местных сообществ, компания нарушает соглашение и защиту природы.</p>	<p>Компания создала комплексный проект по защите добычи полезных ископаемых и, с другой стороны, создает проблемы для подачи иска властями, а именно, по мнению правительства и местных сообществ, компания нарушает соглашение и защиту природы.</p>

#### 4.1.4 Оценка готовности проекта к коммерциализации

Ниже приведен показатель, оцененный по пятибалльной шкале. При оценке уровня проработанности научного проекта 1 балл означает, что проект не разработан, 2 балла - плохая проработка, 3 балла - выполнен, но не уверен в его качестве, 4 балла - выполнен качественно, 5 баллов - есть положительное заключение независимых экспертов.

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 4.8 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	5	5
3.	Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке	5	5
4.	Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок	4	4
5.	Определены авторы и осуществлена охрана их прав	4	4
6.	Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	5	5
7.	Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	4	4
8.	Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	3	3
9.	Определены пути продвижения научной разработки на рынок	2	2
10.	Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	5	5
11.	Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	5	5
12.	Проработаны вопросы использования	3	2

	услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот		
13.	Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	3	3
14.	Имеется команда для коммерциализации научной разработки	4	4
15.	Проработан механизм реализации научного проекта	5	5
	<b>ИТОГО БАЛЛОВ</b>	62	61

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.

Итого получилось суммарное количество баллов по каждому направлению: 62 баллов – по степени проработанности научного проекта; 61 балла – по уровню, имеющихся знаний у разработчика. Согласно этим баллам, можно сказать, что перспективность данной разработки средняя.

#### **4.1.5 Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования**

При коммерциализации научно-технических разработок продавец (как правило, собственник объекта интеллектуальной собственности) преследует цель, куда в дальнейшем он намерен направить полученный коммерческий эффект. Таким образом, время продвижения продукта на рынок действительно зависит от выбора правильного метода коммерциализации. Задачей данной части магистерской диссертации является выбор способа коммерциализации объекта исследования и обоснование его целесообразности. Существуют следующие способы коммерциализации научных разработок: патентно-лицензионная торговля; передача знаний; манипуляция; франшиза;

организовать свой бизнес. передача интеллектуальной собственности; организация совместного предприятия, а именно партнерство двух или более компаний для организации компании; организация совместного предприятия, работающая по проекту.

#### 4.2 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 (таблица 6).

Таблица 4.9 Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
НИ ТПУ	Выпуск высококвалифицированных специалистов
Департамент природных ресурсов и охраны окружающей среды	Получение эколого-геохимических исследований на перспективных золоторудных и меднорудных объектах

В таблице 7 представлена иерархия целей проекта и критерии достижения целей.

Таблица 7 – Цели и результат проекта

Цели проекта:	Изучение распределения отходов в водных ресурсах в связи с необходимостью анализа геолого-гидрологического строения территории при эколого-геохимических исследованиях
Ожидаемые результаты проекта:	Поиск элементов, влияющих на водные ресурсы на предприятиях по добыче золота и меди
Критерии приемки результата проекта:	Найдите в ModADA элементы, влияющие на водные ресурсы, на основе результатов полевых исследований и анализа в лаборатории.

Требования к результату проекта:	Требование:
	Отбирать пробы речной воды из горнодобывающих районов высокогорья, низменностей и эстуариев для лабораторных аналитических исследований;
	Подготовить пробы для анализа в лаборатории, отдать пробы на анализ;
	Провести обработку полученных данных;
	Выявить факторы, влияющие на химический состав водных ресурсов.

В таблице 4.10 представлена организационная структура проекта (роль каждого участника, их функции, трудозатраты).

Таблица 8 – Рабочая группа проекта

№ п/п	ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции
1.	группа химии воды группа химии металлов группа биоты хвостовая группа	Руководитель проекта	Консультирование, координация деятельности, определение задач, контроль выполнения.
2.	Агустинус Кадепа., магистрант ОГ ИШПР	Исполнитель по проекту	Анализ литературных источников, отбор проб, пробоподготовка, анализ лабораторных данных, написание работы
ИТОГО:			

### 4.3 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.

### 4.3.1 Иерархическая структура работ проекта

Иерархическая структура работ (ИСР) – детализация укрупненной структуры работ. В процессе создания ИСР структурируется и определяется содержание всего проекта (рисунок 1).



Рисунок 4.1 Иерархическая структура работ

### 4.3.2 План проект

В рамках планирования научного проекта построены календарный график проекта (таблица 10, 11).

Таблица 4.11 Календарный план проекта

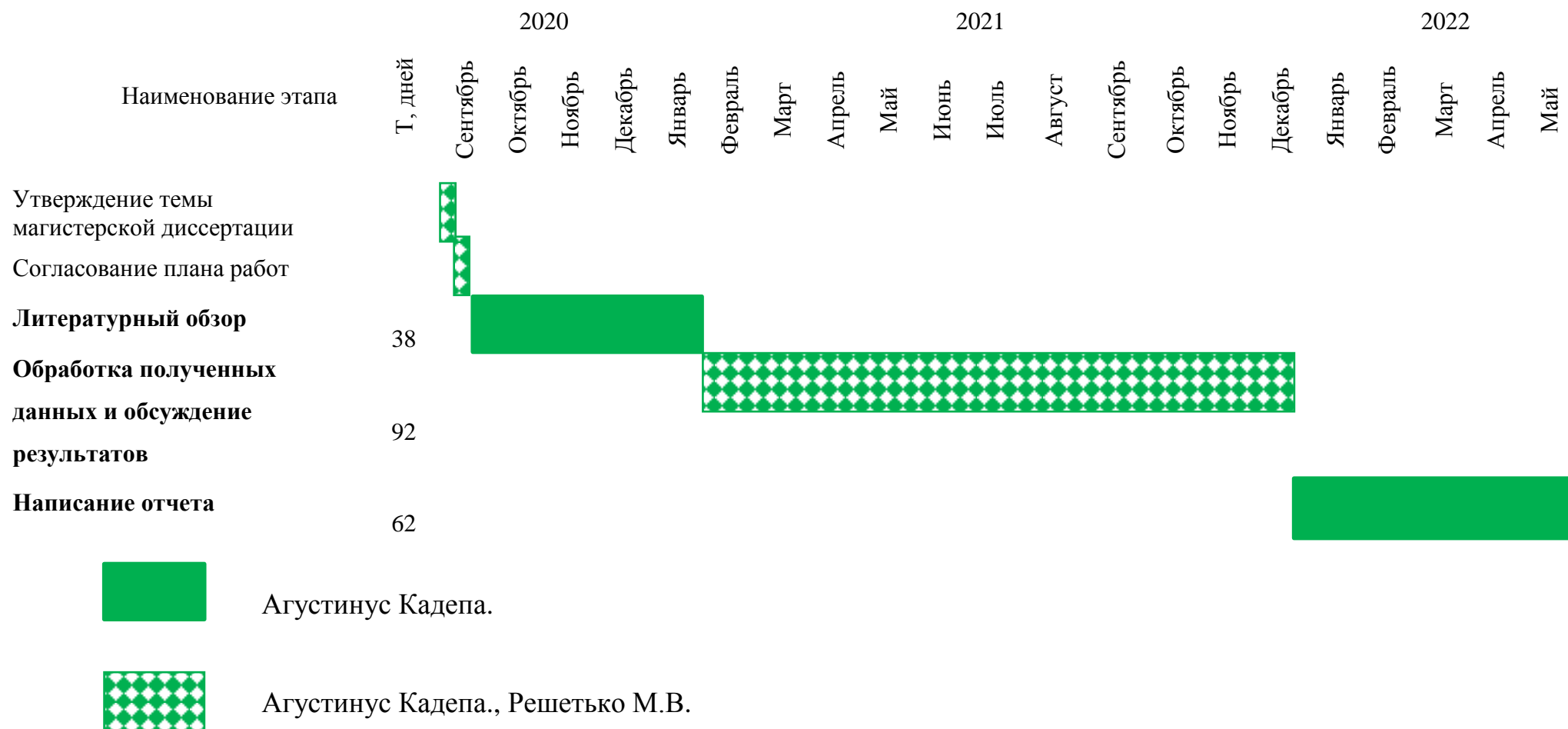
Название	Длительность, дни	Дата начала работ	Дата окончания работ	Состав участников
Утверждение темы магистерской диссертации	7	01.09.20	07.09.20	Агустинус Кадепа., Решетько М.В.
Согласование плана работ	7	08.09.20	15.09.20	Агустинус Кадепа., Решетько М.В.
Литературный обзор	138	16.09.20	31.01.21	Агустинус Кадепа.
Обработка полученных данных и обсуждение результатов	292	01.02.21	20.12.21	Агустинус Кадепа., Решетько М.В.
Написание отчета	162	21.12.21	31.05.22	Агустинус Кадепа.
Итого:	606			

### 4.3 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.

Таблица 4.12 Календарный план график проведения НИОКР по теме



#### 4.3.1 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 (таблица 12).

Таблица 4.13 Расчет затрат по статье «Сырье и материалы»

Наименование	Количество, шт	Цена за единицу, руб.	Сумма, руб.
Тетрадь	2	40	80
Ручка шариковая	3	31	93
Ластик	2	20	40
Печать	150	2	300
плащ	1	1200	1200
Беззольные фильтры	1	86,6	86,6
Бутылки полиэтиленовая	25	10	250
Аренда транспорта	9	500	4500
Итого по статье			6549,6

#### 4.3.2 Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ.

В данную статью включены все затраты, связанные с приобретением специального оборудования, необходимого для проведения работ по теме НИР (таблица 13).

Таблица 4.14 Расчет затрат по статье «Спецоборудование для научных работ

№	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования, руб.	Общая стоимость оборудования, руб.
п/п				
1	Компьютер (azuz)	1	80.000	80000
2	Программное обеспечение MicrosoftOffice	1	3500	3500
3	Statistica	1	16.000	16000
4	ArsGIS	1	20.000	20000
	Итого			119.500



### 4.3.3 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 14.

$$C_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}$$

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

$Z_{доп}$  – дополнительная заработная плата ((12-20 % от  $Z_{осн}$ ).)

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:

$$Z_{дн} = \frac{Z_{м} \cdot M}{F_{д}}$$

где:  $Z_{м}$  – 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;

$F_{д}$  – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн.

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

$$Z_m = Z_0 \cdot K_p, \text{ где}$$

$Z_0$  – базовый оклад, руб.;

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

Согласно таблице окладов ППС и НС в ТПУ сайт [1].

$Z_m = 33162,87$  руб. – месячный оклад руководителя.

$Z_m = 14874,45$  руб. – месячный оклад студента в роли младшего научного сотрудника.

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

Таблица 4.15 Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Студент
Календарное число дней	366	366
Количество нерабочих дней - выходные дни	106	106
Потери рабочего времени - отпуск	48	48
Действительный годовой фонд рабочего времени	201	201

$$Z_{\text{дн1}} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d} = \frac{33162,87 \cdot 10,4}{201} = 1642,35 \text{ руб. – заработная плата}$$

руководителя за 1 день;

$$Z_{\text{дн2}} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d} = \frac{14874,45 \cdot 11,2}{201} = 828,82 \text{ руб. – заработная плата}$$

руководителя за 1 день;

$$З_{ОСН1} = 1642,35 \times 66 = 108395,1 \text{ руб.} - \text{руководитель};$$

$$З_{ОСН2} = 828,82 \times 106 = 87854,9 \text{ руб.} - \text{студент.}$$

$$З_{ЗП1} = 108395,1 + 20679,02 = 130074,02 \text{ руб.} - \text{руководитель};$$

$$З_{ЗП2} = 87854,9 + 12746,91 = 105425,7 \text{ руб.} - \text{студент.}$$

Таблица 4.16 Заработная плата исполнителей НТИ

Заработная плата	Руководитель	Магистрант
Основная зарплата	108395,1	87854,9
Дополнительная зарплата	20679,02	12746,91
Итого по статье С <sub>зп</sub>	129074,12	100601,81

#### 4.3.4 Дополнительная заработная плата исполнителей.

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций (при исполнении государственных и общественных обязанностей, при совмещении работы с обучением, при предоставлении ежегодного оплачиваемого отпуска и т.д.).

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$З_{\text{доп}} = K_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}}$$

где  $З_{\text{доп1}}$  – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15). Примем,  $K_{\text{доп}} = 0,15$ :

$$З_{\text{ДОП1}} = 0,15 \cdot 108395,1 = 16259,26 \text{ руб.} - \text{руководитель};$$

$$З_{\text{ДОП2}} = 0,15 \cdot 87854,9 = 43927,45 \text{ руб.} - \text{студент.}$$

#### 4.3.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$З_{\text{внеб}} = K_{\text{внеб}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}})$$

Где  $K_{\text{внеб}}$  – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

Отчисления во внебюджетные фонды представлены в табличной форме (таблица 4.13).

Таблица 4.17 Отчисления во внебюджетные фонды.

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель проекта	108395,1	20679,02
Студент-дипломник	87854,9	12746,91
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	30%	30%
	134751,57	24503,093
Итого		159254,663

$$\checkmark Z_{\text{внеб}} = K_{\text{внеб}} (Z_{\text{ОСН1}} + Z_{\text{ДОП1}}) = 129074,12 \cdot 0,3 = 38722,23 \text{руб.} -$$

Руководитель;

$$\checkmark Z_{\text{внеб}} = K_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{ОСН2}} + Z_{\text{ДОП2}}) = 100601,81 \cdot 0,3 = 30180,54 \text{руб.}$$

студент-дипломник.

#### 4.3.6 Расходы на авиаперелет

Таблица 4.18 Расчет затрат на авиаперелеты

Наименование	Цена за ед., руб.	Кол-во	Сумма
Томск (Россия)-Индонезия (Джакарта-Тимика)	65000	1	65000
Индонезия (Тимика-Джакарта) - Томск (Россия)	79000	1	79000
Итого			144000

#### 4.3.7 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

$$Z_{\text{Накл}} = (\text{сумма пунктов } 1 \div 7) \cdot K_{\text{НР}}$$

$k_{\text{НР}}$  – коэффициент, учитывающий накладные расходы. 109720,5915

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размер

$$Z_{\text{Накл}} = (6549,6 + 119500 + 100601,81 + 43927,45 + 30180,54 + 144000) \cdot 0,15 = 78113,505$$

#### 4.3.8 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта.

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы (темы) является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции.

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в таблице 4.15.

Таблица 4.19 Расчёт бюджета затрат НТИ

	Наименование статьи	Сумма, руб.	Примечание
1	Материальные затраты НТИ	6546,9	Пункт 4.3.1.
2	Специальное оборудование	195500	Пункт 4.3.2.
3	Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	100601,81	Пункт 4.3.3.
4	Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	43927,45	Пункт 4.3.4.
5	Отчисления во внебюджетные фонды	30180,54	Пункт 4.3.5.
6	Расходы на авиаперелет	144000	Пункт 4.3.6.
7	Накладные расходы	78113,505	Пункт 4.3.7.
8	Бюджет затрат НТИ	88120,5915	15 % от суммы ст. 1-7
9	Итого	675591,2015	Сумма ст. 1- 7

#### 4.3.9 Организационная структура проекта

Данный проект представлен в виде проектной организационной структуры. Проектная организационная структура проекта представлена на рисунке 2.



Рисунок 4.2 Проектная структура проекта

#### 4.3.10 План управления коммуникациями проекта

План управления коммуникациями отражает требования к коммуникациям со стороны участников проекта (таблица 19).

Таблица 4.20 План управления коммуникациями

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

#### 4.3.11 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 таблицу 20.

Таблица 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 в расчетах	3	5	Средний	Пересчет, проверка	Невнимательность
3	Отсутствие интереса к результатам исследования	2	5	Низкий	Привлечение предприятий, публикация результатов	Отсутствие результатов исследования

#### **4.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности**

##### **4.4.1 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).

##### **4.4.2. Чистая текущая стоимость (NPV)**

Чистая текущая стоимость 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<sub>опt</sub> – 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 21. При расчете рентабельность проекта составляла **20-25 %**, норма амортизации - 10 %.

$Аг = Сперв * На / 100$ , себ=675591,2р., **Выручка=себестоимость\*1,25=**

Таблица 21 – Расчет чистой текущей стоимости по проекту в целом

№	Наименование показателей	Шаг расчета				
		0,0	1,0	2,0	3,0	4,0
1	Выручка от реализации, руб.	0,0	844489,0	844489,0	844489,0	844489,0
2	Итого приток,руб.	0,0	844489,0	844489,0	844489,0	844489,0
3	Инвестиционные издержки, руб.	675591,2	0,0	0,0	0,0	0,0
4	Операционные затраты, руб. (35%от бюджета)	0,0	236456,9	236456,9	236456,9	236456,9
5	Налогооблагаемая прибыль (1-4)	0,0	608032,1	608032,1	608032,1	608032,1
6	Налоги 20 %, руб. (5*20%)	0,0	121606,4	121606,4	121606,4	121606,4
8	Чистая прибыль, руб.(5-6)	0,0	486425,7	486425,7	486425,7	486425,7



9	Чистый денежный поток (ЧДП), руб. (чистая прибыль+амортизация)	- 675591,2	570874,6	570874,6	570874,6	570874,6
10	Коэффициент дисконтирования при $i=20\%$ (КД)	1,0	0,8	0,7	0,6	0,5
11	Чистый дисконтированный денежный поток (ЧДД), руб.(9*10)	- 675591,2	475538,5	396186,9	329965,5	275161,5
12	$\Sigma$ ЧДД		1476852,5 руб			
12	Итого NPV, руб.	=1476852,5 руб - 675591,2 руб			= 801261,3 руб > 0	

Коэффициент дисконтирования рассчитан по формуле:

$$КД = \frac{1}{(1 + i)^t}$$

где:  $i$  – ставка дисконтирования, 20 %;

$t$  – шаг расчета.

Таким образом, чистая текущая стоимость по проекту в целом составляет 801261,3 рублей, что позволяет судить об его эффективности.

#### 4.4.3 Индекс доходности(PI)

Индекс доходности - 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:

$$PI = \frac{1476852,5}{675591,2} = 2,18$$

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

#### 4.4.4. 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 таблице 22 и на рисунке 3.

Таблица 22 – Зависимость NPV от ставки дисконтирования

№	Наименование показателя	0	1	2	3	4	NPV, руб.
1	Чистые денежные потоки, руб.	- 675591	570874,6	570874,6	570874,6	570874,6	
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	-	518925	471542,4	428726,8	389907,4	1133510

		675591					
		-					
0,2		675591	475538,5	396187	329965,5	275161,6	801261,4
		-					
0,3		675591	439002,6	337957,8	259747,9	199806,1	560923,2
		-					
0,4		675591	407604,5	291146	207798,4	148427,4	379385,1
		-					
0,5		675591	380773,4	253468,3	168408	113033,2	240091,7
		-					
0,6		675591	356796,6	222641,1	139293,4	87343,81	130483,7
		-					
0,7		675591	335674,3	191243	115887,5	63937,96	31151,55
		-					
0,8		675591	317406,3	176400,3	97619,56	54233,09	-29932
		-					
0,9		675591	300280	158132,3	83347,69	43957,34	-89873,9
		-					
1		675591	285437,3	142718,7	71359,33	35394,23	-140682

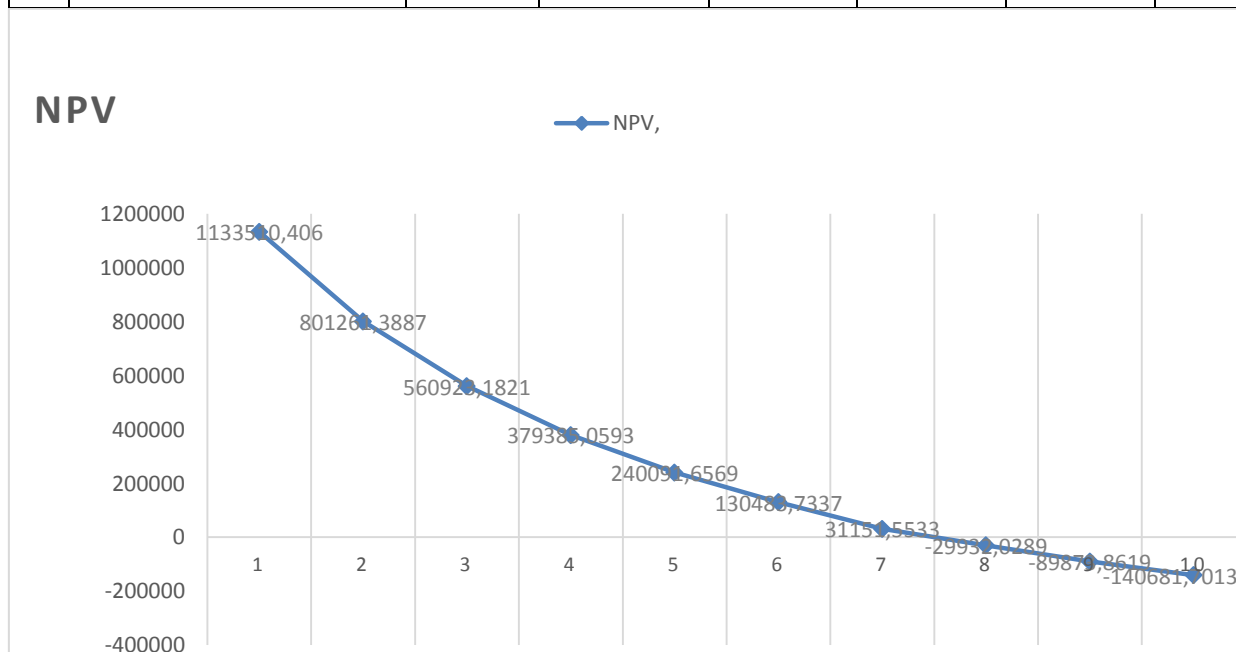


Рисунок 3 – Зависимость NPV от ставки дисконтирования

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 0,78.  $IRR > i$ , проект эффективен.

Запас экономической прочности проекта:  $78\% - 20\% = 58\%$

*Дисконтированный срок окупаемости.* Как отмечалось ранее, одним из недостатков показателя простого срока окупаемости является игнорирование в процессе его расчета разности 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 (таблица 23).

Таблица 23 – Дисконтированный срок окупаемости

№	Наименование показателя	Шаг расчета				
		0	1	2	3	4
1	Дисконтированный чистый денежный поток ( $i=0,20$ ) руб.	-675591	475538,5	396186,9	329965,5	275161,5
2	То же нарастающим итогом, руб.	-675591	-200053	196134,2	526099,7	801261,2
3	Дисконтированный срок окупаемости	$PP_{диск}$	$= 1 + (200053 / 396186,9) = 1,5$			

#### 4.4.5 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 (таблица 24).

Таблица 24 – Критерии социальной эффективности

ДО	ПОСЛЕ
----	-------

Отсутствие сведений об элементном составе природных объектов и процессе распространения подземных и поверхностных вод в районе исследований.	После получения данных разработать и проанализировать индекс качества воды для определения влияния загрязнения на поверхностные водные объекты и подземные воды в Тимикском районе.
Отсутствие обширной разработки данных по аномалиям и сопутствующим им элементам единого объекта изучения	после изучения данных в целом можно определить состояние водных ресурсов из исследований
отсутствие информации о водных ресурсах исследуемого района	После анализа можно выяснить состояние исследованных водных ресурсов и влияние на людей, проживающих в исследуемом районе.

#### 4.4.6 Ресурсосбережение:

Районы добычи полезных ископаемых являются уязвимыми районами, которые загрязняют окружающую среду, такую как вода, почва и воздух. Это создает колоссальную антропогенную нагрузку, что приводит к материальным потерям. Отсутствие механизмов контроля и оценки управления обращением с шахтными отходами при поддержке технологического инжиниринга для минимизации ущерба окружающей среде. Полученные данные могут быть использованы для анализа качества воды и определения параметров, влияющих на водные объекты в районе исследований. Это исследование может помочь компаниям определить параметры, оказывающие вредное воздействие на водные объекты. Это может помочь заинтересованным сторонам в анализе и поиске стратегий преодоления опасностей экологического ущерба, которые имеют серьезные последствия. В ходе выполнения раздела определена чистая текущая стоимость, (NPV), равная 801261,3 руб.; индекс доходности  $PI=2,18$ , внутренняя ставка доходности  $IRR=78\%$ , срок окупаемости  $PP_{дск}=1,5$ года. Таким образом мы имеем ресурсоэффективный проект с высоким запасом финансовой прочности и коротким сроком окупаемости.

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:


<b>Группа</b>		<b>ФИО</b>	
2ВМ02		Агустинус Кадепа	
<b>Школа</b>	<b>Инженерная школа природных ресурсов</b>	<b>Отделение (НОЦ)</b>	<b>Отделение геологии</b>
<b>Уровень образования</b>	магистратура	<b>Направление/специальность</b>	20.04.02 Природообустройство и водопользование/ Чистая вода

Тема ВКР:


<b>Современное состояние водных ресурсов в регионе Тимика (Папуа, Индонезия)</b>	
<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
<p><b>Введение</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения.</li> <li>- Описание рабочей зоны (рабочего места) при разработке проектного решения/при эксплуатации</li> </ul>	<p><b>Объект исследования</b> Природные воды Региона Тимика (Папуа, Индонезия)  <b>Область применения:</b> Территория компании водных ресурсов в Тимике  <b>Рабочая зона:</b> Экологическая лаборатория отдела охраны окружающей среды «PT Freeport Indonesia» Тимике (Папуа, Индонезия)  <b>Количество и наименование оборудования рабочей зоны:</b> Анализатор металлов ICP всего 2  <b>Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне:</b> - работа с приборами в лаборатории и оборудованием, безопасность сотрудников и воздействие на окружающую среду</p>
<b>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</b>	
<p><b>Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при эксплуатации:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>- организационные</li> <li>- мероприятия при компоновке рабочей зоны.</li> </ul>	<p>Федеральный закон от 28.12.2013 N 426-ФЗ (ред. От 01.05.2016) «О специальной оценке условий труда»;  Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. От 05.02.2018);  мощностью 100-800 МВт;  «Об оценке санитарных правил и норм СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к требованиям безопасности и (или) безвредности для человека факторов окружающей среды»</p>
<p><b>Производственная безопасность при эксплуатации:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов</li> <li>- Расчет уровня опасного или вредного производственного фактора</li> </ul>	<p><b>Опасные факторы:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Производственные факторы, связанные со слишком высокой температурой;</li> <li>✓ Воздействие химическими реагентами;</li> <li>✓ Факторы производства, связанные с электрическим током;</li> <li>✓ Факторы производства, связанные с повышенным уровнем ионизирующего излучения;</li> <li>✓ Пожары, вызванные использованием легковоспламеняющихся химических веществ;</li> <li>✓ Взрывы в результате взрывных реакций реактивных материалов, таких как окислители.</li> <li>✓ Отравление вредными химическими веществами, такими как мышьяк, свинец и др.</li> <li>✓ Раздражение кожи или дыхательных путей, при контакте с агрессивными материалами.</li> <li>✓ Повреждения кожи или глаз разбитым стеклом, металлом, деревом и т. д.</li> </ul>

3. Экологическая безопасность <u>при эксплуатации</u>	<p>Воздействие на жилой район: загрязнение территории природными и техногенными химическими веществами во время аварии с целью минимизации экологического ущерба.</p> <p>Воздействие на литосферу: на водоем оказывается чрезвычайная антропогенная нагрузка, так что в видоизмененной реке наблюдается мелководье, исчезают сухие растения и часть биоты.</p> <p>Гидросфера: утилизация хвостов представляет собой серьезную проблему, затрагивающую водные объекты при добыче золота и меди. вода сбрасывается самотеком из высокогорья в эстуарий.</p>
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях <u>при эксплуатации</u>	<p>Возможные ЧС: стихийные бедствия (наводнения, цунами, ураганы и др.); Геологические воздействия (землетрясения, оползни, извержения вулканов и др.); Техногенные аварии (отказы систем безопасности; нарушение контроля и управления цепными ядерными реакциями в активных зонах реакторов; тепловые взрывы с выбросом радиоактивных веществ, пожары в горных работах)</p> <p>Наиболее типичная ЧС: Огромные антропогенные нагрузки, нарушающие биоту и жизнь людей, проживающих на берегах рек, Оползни и химически загрязненные металлы в воде.</p>
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику <span style="float: right;">1.03.2022</span>	

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Сечин Андрей Александрович	к.т.н.		30.05.22

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2BM02	Агустинус Кадепа		30.05.22

## **5. Социальная ответственность**

Обеспечение сохранности души и здоровья сотрудников в процессе выполнения работы – одна из основных задач компании.

Целью данной работы является изучение состояния водных ресурсов в районе добычи золота и меди PT Freeport Indonesia и эксплуатационной безопасности на рабочем месте.

Место проведения исследований находится в городе Тимика (Папуа, Индонезия). Операционная площадь компании составляет около 212 тыс. га, район добычи PT Freeport Indonesia расположен в горной местности на высоте 4800 м над уровнем моря, расположен в южной части провинции Папуа и западной части Папуа-Нового Гвинея, где он занимает важное стратегическое положение по добыче золотой руды и меди, которая является вторым по величине экономическим поставщиком в мире.

Объем исследований по социальной ответственности осуществляется в лаборатории «Тимика» на основе отбора проб в точке отбора проб из речных водоемов, куда сбрасываются сточные воды предприятий по добыче золота и меди. По этой причине в данном проекте проект безопасности в области отбора проб, воздействия на окружающую среду и проведения анализа в лаборатории. Реальным потенциалом, который возникает при прогнозировании безопасности труда и условий окружающей среды, является возможность ошибок при использовании приборов в полевых условиях и в экологической лаборатории, помимо потенциального экологического ущерба водоемам и другой биоте на территории компании, Разработанное решение состоит в том, чтобы следовать всем операционным стандартам, процедурам в каждой рабочей единице в качестве основы и для обеспечения безопасности труда.

### **5.1. Юридические вопросы и организация безопасности**

Охрана труда и техника безопасности — это одна из усилий по созданию безопасного, здорового и свободного от окружающей среды рабочего места, чтобы оно могло уменьшить количество несчастных случаев на



производстве и профессиональных заболеваний, что, в свою очередь, может повысить эффективность и производительность труда.

Безопасность происходит от английского слова «безопасность» и обычно всегда проводит время, освобождая кого-то от несчастного случая или близкого промаха. Безопасность труда философски определяется как мысль и стремление обеспечить целостность и совершенство как физического и духовного труда в частности, так и человека в целом, а также результаты культуры и игр. С научной точки зрения оно определяется как знание и его применение в целях предотвращения возможности возникновения несчастных случаев и профессиональных заболеваний. Согласно Основному закону о здравоохранении Республики Индонезии No. 9 от 1960 г., ГЛАВА I, статья 2, Гигиена труда – это состояние здоровья, которое направлено на то, чтобы рабочее сообщество приобрело наивысшую степень здоровья, как физического, духовного, так и социального. OHSAS 18001:2007 определяет безопасность и гигиену труда как условия и факторы, которые влияют или влияют на безопасность и здоровье работников (включая контрактников и подрядчиков), гостей или других людей на рабочем месте.

Несчастные случаи не приводят к гибели или материальному ущербу для работников и работодателей, но могут также нарушить общий производственный процесс, нанести ущерб окружающей среде, что, в свою очередь, окажет влияние на более широкие слои населения. Охрана труда и техника безопасности — это меры защиты, предлагаемые всем потенциальным возможностям, которые могут представлять опасность. Предполагается, что рабочая сила и другие люди на рабочем месте всегда находятся в безопасности и здоровы, а все производственные ресурсы могут использоваться безопасно и эффективно (Suma'mur, 2006). Закон № 23 от 1992 года о здравоохранении предписывает, среди прочего, что на каждом рабочем месте должны проводиться мероприятия по охране труда, чтобы проблемы со здоровьем не возникали у работников, семей, сообществ и окружающей среды.

Внедрение интегрированной системы управления охраной труда и промышленной безопасностью в целях снижения несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний. Профессиональные заболевания По данным HW Heinrich в Notoatmodjo (2007), причинами часто встречающихся несчастных случаев на производстве являются небезопасное поведение в 88% случаев, небезопасные условия окружающей среды в 10% случаев или и то, и другое одновременно. В целом причины несчастных случаев на производстве можно разделить на:

1. Небезопасные условия, а именно небезопасные условия от электронного оборудования/носителей, материалов, рабочей среды, рабочих процессов, характера работы и методов работы.

2. Небезопасные действия, а именно опасные действия со стороны человека, которые могут возникать, в том числе, из-за отсутствия знаний и навыков у исполнителей, малозаметных дефектов тела (дефектов тела), переутомления и слабости выносливости организма, плохого отношения к работе и поведения. , как правило, вызывают несчастные случаи, материальные потери и страдания от самых легких до самых тяжелых.

Отчеты компаний по охране труда и экологическому контролю раз в год передаются правительству Индонезии.

Согласно СанПиН 2.2.2.542-96 (СанПиН 2.2.2.542-96 «Гигиенические требования к видеозэкранам, персональным электронно-вычислительным машинам и организациям труда») продолжительность работы инженеров не более 6 часов. Для обеспечения оптимальной работоспособности и здоровья профессиональных пользователей в течение рабочего дня должны быть установлены регламентированные перерывы. После каждого часа работы за компьютером следует делать 5-10-минутный перерыв. Упражнение необходимо для глаз и всего тела. Организационные мероприятия по планировке рабочего места исследователя (требования к организации рабочего места пользователей персональных компьютеров). Согласно СанПиН 2.2.2.542-96 [1] и СанПиН

2.2.2/2.4.1340-03 [2] при настройке рабочего персонального компьютера (ПК) необходимо соблюдать следующие правила:

- расстояние между рабочим столом и видеомонитором должно быть не менее 2 м в сторону задней стороны монитора и не менее 1,2 м между боковыми поверхностями монитора.
- расстояние от монитора до глаз пользователя должно быть не менее 600-700мм, при определенном размере шрифта допускается значение 500мм.
- рабочее место должно быть размещено таким образом, чтобы естественный свет падал сбоку, особенно слева
- Монитор, клавиатура и корпус компьютера должны находиться прямо перед пользователем и не требуют поворота головы или тела.

окна в помещениях с ПК должны быть оборудованы регулируемыми устройствами (шторами, гардинами, наружными щитами и т. п.).

## **5.2. Анализ вредных факторов производства и мероприятия по их предупреждению**

Рабочее место находится в Департаменте окружающей среды в исследовательской зоне в Тимике, Южное Папуа, на первом этаже. В номерах естественное и промышленное освещение (16 светильников и 4 окна). Размер комнаты 6×10×2,90. У сотрудников более 10 компьютеров. Качество воды, качество воздуха, качество почвы и биотика анализируются в соответствии со стандартами и правилами, установленными Компанией и правительством Индонезии. В следующей таблице перечислены вредные факторы при работе на компьютере.

Таблица 5.1 – Элементы производство, образуют вредные факторы

Фактор (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы		Регулирование
	камера	Поле	
1. Отклонения показателей микроклимата	+	+	ГОСТ 12.1.005-88[31], [СП 60.13330.2016][32]
2. Помимо уровня шума	+	+	ГОСТ 12.1.003-2014 [33], ГОСТ 12.1.029-80 [34]

3. Недостаточное освещение рабочей зоны	+	-	ГОСТ Р 55710-2013 [35],[СП 52.13330.2016][36],[СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03] [37]
4. Превышение уровня электромагнитного излучения	+	+	СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03[3]восемь]
5. Электрический ток	+	-	ГОСТ 12.1.019-2017 [39], [ГОСТ 12.1.030-81] [40],[ГОСТ 12.1.038–82][41]. Минэнерго России, 2000], ПОТЭЭ [Приказ Минтруда России от 24 июля 2013 г. N 328н (ред. от 15 ноября 2018 г.)]
6. Пожароопасность	+	-	ГОСТ 12.1.004-91 [42], [СП 12.13130.2009][43], СП 112.13330.2011[44]

### **5.3. Анализ вредных факторов производства и действия по их устранению на производстве**

#### **5.3.1. Отклонение показателей проб речной воды в районе золото- и медьдобывающих предприятий**

Основными характеристиками отбора проб отходов в этом месте являются относительно быстрое течение реки, сложная топография, требующая коллективной работы. Топография в районе проведения специальных производственных работ разрешительная компания РТ Фрипорт Индонезия сильно варьирует, так как располагается от побережья и болот до высоты 4200 м над уровнем моря. Район добычи представляет собой холмистую и гористую местность, поскольку он расположен в горной местности Пенджак-Джая или Хайлендс на высоте от 2000 м до 4800 м над уровнем моря. Низменные районы или низменности на высоте от 10 м до 2000 м над уровнем моря, включая порт Амапапаре, Тимика, Куала. Кенчана - относительно плоская и ровная местность. Разрешение на деятельность компании специально для региональной производственной деятельности РТ Фрипорт Индонезия. Здесь выпадает относительно много осадков. В районе Тембагапуры и в крутых горных районах есть большие и малые водопады.

Заходя в район добычи с высоты около 2800м над уровнем моря-4200м над уровнем моря, на поверхности почти нет деревьев, а только кустарники, трава и мох, это связано с очень холодной погодой и иногда покрытой снегом.

При работе на открытых площадках специалисты должны быть экипированы спецодеждой, носить противоэнцефалитный костюм, состоящий из 100% хлопка с гидроизоляционным покрытием. В целях предупреждения обморожения рабочие должны быть обеспечены специальной одеждой для низких температур, которая должна соответствовать всем требованиям, сидеть по фигуре и не сковывать движения - комбинезоны с теплозащитными свойствами по ГОСТ 27574-87 [ГОСТ 27574-87] . Одежда женская для защиты от промышленных загрязнений от общих и механических воздействий. Технические условия] или ГОСТ 27575-87 [ГОСТ 27575-87. Одежда мужская для защиты от общепроизводственных загрязнений и механических воздействий. Технические характеристики]. Также профилактика перегрева и переохлаждения осуществляется путем организации рационального режима труда и отдыха за счет сокращения рабочего времени, введения перерывов для отдыха.

### **5.3.2. Отклонение показателей микроклимата в помещении**

Воздействие на человека высоких температур и теплового излучения может вызвать перегрев. Охлаждение и переохлаждение на рабочем месте возникают в результате низких температур воздуха. При температуре воздуха на теле, иногда в сочетании с повышенной влажностью. Локализованное охлаждение тела вообще является причиной ряда заболеваний. Подобно переохлаждению организма вызывают заболевания катарального характера — ангину, ОРЗ, пневмонию. При этом снижается и общая иммунологическая резистентность организма. В микроклимате согласно СанПиН 2.2.4.548-96 [СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений] температура воздуха и поверхностей, относительная влажность воздуха, скорость движения воздуха, интенсивность теплового излучения.

В целях повышения работоспособности персонала, работающего в офисных условиях, установлены нормы производственного микроклимата. Оптимальные показатели распространяются на всю рабочую зону с учетом избытка тепла, сложности выполняемых работ и времени года, а допустимые, в свою очередь, устанавливаются отдельно для постоянных и непостоянных работ в случаях, когда, по технологическим или экономическим причинам не может обеспечить оптимальный стандарт.

Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. Наша внутренняя работак категории Ib относится работа с интенсивностью энергозатрат 121-150 ккал/ч, выполняемая сидя, стоя или при ходьбе и сопровождающаяся некоторым физическим напряжением.

Оптимальные и допустимые нормы микроклимата для работ разных категорий тяжести указаны в ГОСТ 12.1.005-88 [ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны], СанПиН 2.2.4.548-96 [СанПиН 2.2.4.548–96]. Оптимальные параметры микроклимата в производственных помещениях обеспечиваются системой кондиционирования воздуха, а допустимые – обычными системами отопления и вентиляции. Отопление, вентиляция и кондиционирование помещений проектируется в соответствии с требованиями СП 60.13330.2012 [СП 60.13330.2016 Отопление, вентиляция и кондиционирование. СНиП в последней редакции 41-01-2003].

Параметры микроклимата по СанПиН 2.2.4.548-96 [СанПиН 2.2.4.548–96]. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. приведены в таблице. 2. В течение смены при обеспечении оптимального значения микроклимата на производстве параметры не должны превышать указанных в таблице значений.

Таблица 5.2 – Оптимальные нормы микроклимата в рабочей зоне

Время года	Рабочая категория	Температура, °С	Относительная влажность, %	Скорость воздуха, м/с
Холодный	Iб	21 - 23	60-40	0,2
Теплый	Iб	22 - 24	60-40	0,3

Для поддержания оптимальных показателей микроклимата применяют системы отопления и кондиционирования, для повышения влажности в помещении используют увлажнитель с дистиллированной или кипяченой питьевой водой, а также проветривание помещения в состоянии покоя.

***Чрезмерный шум вне дома.*** Шум представляет собой смесь различных нежелательных или вредных для здоровья звуков, является одной из причин экологических заболеваний. В то время как шум часто используется как термин для описания нежелательных звуков, вызванных деятельностью человека или деятельностью природы. Шум можно определить как любой нежелательный звук, который может оказать негативное влияние на здоровье. Одним из воздействий шума на здоровье рабочих является нарушение слуха, что приводит к прогрессирующей глухоте. Другими примерами являются физиологические расстройства, психологические расстройства, коммуникативные расстройства, нарушения равновесия, влияние на слух. Соответствует [ГОСТ 12.1.003-83. Шум. Общие требования безопасности] норма на открытых площадках 80 дБА. В качестве защиты используются различные наушники. При необходимости сократить рабочее время.

***Превышение уровня шум в комнате.*** Основными источниками шума в зданиях различного назначения являются технологическое и инженерное оборудование (компьютеры и кондиционеры). Шум, возникающий при работе производственного оборудования и превышающий нормативные значения, воздействует на центральную и вегетативную нервную систему человека, то есть на орган слуха. Шум ухудшает условия труда, оказывает вредное воздействие на организм человека - затрудняет речь, вызывает стойкие изменения в органе слуха человека, повышает утомляемость. В этом случае шум может создавать работающее оборудование (воздушные установки (вентиляторы), преобразователи напряжения). Предельно допустимое значение характеризующего шума установлено в СанПиН 2.2.4/2.1.8.562-96 [СанПиН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочем месте, в жилище,

Таблица 5.3 – Допустимый уровень звукового давления и эквивалентный уровень звука

Рабочее место	Уровень звукового давления, дБ, в октавной полосе со среднегеометрической частотой, Гц									дБа эквивалентный уровень звука и уровень звука
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Творческая деятельность, научная деятельность в лаборатории теоретической работы и обработки данных.	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50

Защита от шума должна достигаться за счет разработки помехозащищенной аппаратуры, применения средств и методов коллективной и индивидуальной защиты, строительно-акустических методов. Основные меры борьбы с шумом: экранирование шума препятствиями, использование средств индивидуальной защиты от шума (беруши, головные телефоны и гарнитуры) в соответствии с ГОСТ 12.1.029-80[ГОСТ 12.1.029-80 ССБТ. Методы и способы защиты от шума. Классификация].

**Недостаточное освещение рабочей зоны.** Освещение рабочего места в помещении характеризуется освещенностью и яркостью. Рабочее место при операторской работе, как правило, должно быть оборудовано общим освещением. Искусственное освещение обеспечивается электрическими источниками света и используется для работы в ночное время, а также днем при недостаточном естественном освещении. Источниками света для искусственного освещения являются газоразрядные лампы низкого и высокого давления и лампы накаливания.



Таблица 5.4 – Параметры нормального и искусственного освещения

Нормирование и освещенность рабочей поверхности и плоскости КЭО и высота плоскости над полом, м	опыт		Комбинированный		ЛОЖЬ				
	ID КЭО, %		ID КЭО, %		освещенность, лк			Индикатор дискомфорта, М, не более того	Коэффициент пульсаций освещенности, Кр, %, не более
	с верхом или комбинированный	с боковым	с верхом или комбинированный	с боковым	с комбинированными		с генералом		
				Общее	всего				
Горизонтальный - 0,8	3,5	1,2	2.1	0,7	500	300	400	15	10
Дисплей экрана: Вертикаль-1	-	-	-	-	-	-	200	-	-

\*Примечание: для кабинета информатики и вычислительной техники; Прочерк в таблице означает отсутствие требований.

Освещение регламентируется в соответствии со сквозными нормами и правилами СП 52.13330.2016 [СП 52.13330.2016 Освещение естественное и искусственное. Последняя редакция СНиП 23-05-95\*] - требования к освещенности в помещении, где установлена компьютерная техника, следующие: при выполнении высокоточных зрительных работ общая освещенность должна быть 300 лк, а комбинированная - 750 лк. люкс; аналогичные требования при выполнении работ с умеренной точностью - 200 и 300 лк соответственно. Рекомендуемая освещенность при работе с экранами

дисплеев - 200 лк, а при работе с экранами в сочетании с работой с документами - 400 лк [СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 "Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации труда" (п. 21 июня 2016 г.)]. Согласно СанПиН 2.2.1/2.1.1. 1278-03 [СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03.

В помещении используются люминесцентные лампы для общего освещения, над столом используются светильники - показатель нормальной освещенности. В целях поддержания нормативного значения освещения на месте не реже двух раз в год следует производить чистку оконных проемов и светильников и своевременную замену перегоревших светильников.

***Превышает уровень электромагнитного излучения на открытом воздухе.*** Насято измерение можно проводить работы под источниками электромагнитного излучения - линиями электропередач. Воздействие электромагнитного излучения на организм человека может вызвать нарушения со стороны нервной и сердечно-сосудистой систем, изменения состава крови. Степень воздействия зависит от диапазона частот, интенсивности, продолжительности облучения. Предельно допустимый уровень электрического поля установлен СанПиН 2.2.4.3359-16 [СанПиН 2.2.4.3359-16. Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам при производстве работ] и ГОСТ 12.1.006-84 [ГОСТ 12.1.006-84 ССБТ. электромагнитный. радиочастотное поле. Общие требования безопасности. В качестве средств индивидуальной защиты от электромагнитных полей промышленной частоты используются специальные защитные комплекты - щитки. К коллективным средствам защиты относятся стационарные экраны и съемные экраны.

***Превышает уровень электромагнитного излучения в помещении.*** Источником электромагнитного и ионизирующего излучения в помещении является персональный компьютер (компьютер). Наибольшую опасность для здоровья пользователя представляет электромагнитное излучение монитора, вызывающее появление электростатического поля в пространстве перед

экраном, и электромагнитное поле вокруг экрана, спектральные составляющие которого сосредоточены в диапазоне частот от 5 Гц до 400 кГц. . Предельно допустимый уровень ионизирующего излучения в радиодиапазоне определяется ГОСТ 12.1.006-84 [ГОСТ 12.1.006-84 ССБТ. Радиочастотное электромагнитное поле. Общие требования безопасности], безопасные уровни излучения регламентируются СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации труда» (ред. от 21.06.16 )]. Согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [СанПиН 2.2. 2/2.4.1340-03"

Таблица 5.5 – Допустимые значения параметров неионизирующего электромагнитного излучения

Имя параметра		Уровень электромагнитного поля
Напряженность электрического поля	в диапазоне частот 5 Гц - 2 кГц м	25 В/м
	в диапазоне частот 2 кГц-400 кГц	2,5 В/м
Плотность магнитного потока	в диапазоне частот 5 Гц-2 кГц	250 нТ
	в диапазоне частот 2 кГц-400 кГц	25 нТл
Электростатический потенциал экрана видеомонитора		500 В

Основными методами защиты от электромагнитных излучений являются рациональное размещение излучающих объектов, ограничение места и времени нахождения работников в электромагнитных полях, защита расстояний, т.е. удаление рабочего места от источника излучения.

**Электричество.** Работа ведется с помощью портативного персонального компьютера. Поэтому необходимо обеспечение электробезопасности - система организационно-технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту людей от вредного и вредного воздействия электрических токов, электрических дуг, электромагнитных полей и статического электричества [ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление.

Опасность поражения человека электрическим током возникает при несоблюдении техники безопасности, а также в случае поломки или неисправности электрооборудования.

При этом существует опасность поражения электрическим током в следующих случаях: прямой контакт с токоведущими частями при ремонте ПК; соприкоснуться с токоведущими частями, находящимися под напряжением; соприкасаясь с полом, стенами, находится под напряжением. Существует опасность короткого замыкания.

Безопасность при работе с электроустановками регламентируется ГОСТ 12.1.019-2017 [ГОСТ 12.1.019-2017 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты], правила эксплуатации электроустановок [ПУЭ «Правила устройства электроустановок», 6-е издание – М.: Минэнерго РФ, 2000], ГОСТ 12.1. 030-81 [ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление] и ГОСТ 12.1.038–82 [ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Максимально допустимое напряжение прикосновения и уровень тока].

Допустимым считается ток, при котором человек может самостоятельно освободиться от электрической цепи. Его величина зависит от скорости протекания тока через тело человека: при продолжительности действия более 10 секунд - 2 мА, при 10 секундах и менее - 6 мА.

Перед началом работы необходимо проверить исправность заземления, включить рубильник, питание компьютера, на котором планируется проведение работ. Оборудование должно быть изолировано токопроводящими частями.

Применение средств защиты регламентируется Правилами устройства электроустановок.[ПУЭ «Правила устройства электроустановок», 6-е издание – М.: Минэнерго РФ, 2000]и правила по охране труда при эксплуатации электроустановок[Приказ Минтруда России от 24 июля 2013 г. N 328н (ред. от 15 ноября 2018 г.) "Об утверждении Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок"]. Эти документы содержат требования к персоналу, выполняющему работы в электроустановках, определяют порядок и условия

производства работ, учитывают организационные и технические мероприятия, обеспечивающие безопасность труда. Самым простым и эффективным средством защиты является заземление. В зданиях система электроснабжения осуществляется через трехфазное напряжение с глухозаземленной нейтралью, имеется контур заземления.

**Пожароопасность.** Источниками воспламенения могут быть электрические цепи от ПК, устройств, используемых для обслуживания, устройств электроснабжения, кондиционеров, в которых в результате различных нарушений образуются перегретые элементы, искры и электрические дуги, способные воспламенить горючие материалы. Для отвода лишнего тепла в ПК предусмотрена система вентиляции и кондиционирования.

Внутриобъектовая пожарная безопасность регламентируется СП 112.13330.2011 [СП 112.13330.2011. Пожарная безопасность зданий и сооружений. СНиП 21-01-97\*] и ГОСТ 12.1.004-91 [ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ. Пожарная безопасность. Основные требования].

Места проведения работ по пожаровзрывоопасности относятся к категории Д (умеренной пожароопасности) в соответствии с СП 12.13130.2009 [СП 12.13130.2009. Определение категорий зданий, сооружений и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности (с изм. № 1)].

Пожарная безопасность гарантируется противопожарной системой и системой противопожарной защиты. В помещении должен быть «План эвакуации людей при пожаре», в котором регламентируются действия персонала при возникновении пожара и указывается местонахождение пожарной техники. Основными средствами электроустановок пожаротушения под напряжением являются фреон, порошок, углекислый газ. Пожарный извещатель, расположенный в помещении, реагирует на появление дыма (дымовой извещатель).

**Химическая опасность.** Эта опасность представляет собой опасность, которая исходит от материалов, произведенных в процессе производства. Этот материал выбрасывается в окружающую среду из-за неправильных методов

работы, повреждения или утечки из оборудования или установок, используемых в процессе работы. Химические опасности, рассеянные в рабочей среде, могут быть как локальными, так и системными. Местные нарушения – это аномалии, вызванные химическими веществами, вступающими в контакт с организмом, а именно с кожей и слизистыми оболочками, которые вызывают симптомы раздражения слизи и рака. Если он всосется и попадет в кровоток, возникнут системные симптомы. Поступление химических веществ в организм происходит через кожу, дыхание и пищеварение. ГОСТ 32424 Классификация опасности химических продуктов по признаку воздействия на окружающую среду.

**Опасность вибрации.** Вибрация имеет почти те же параметры, что и шум, такие как частота, амплитуда и продолжительность воздействия. Вибрирующее оборудование также может оказывать негативное влияние на нервную систему и опорно-двигательный аппарат, снижая силу хвата и вызывая боли в позвоночнике. Опасность вибрации закреплена в ГОСТ 12.1.012-2004. Вибрационная безопасность: Отсутствие условий, которые приводят или могут вызвать ухудшение состояния здоровья человека или значительное снижение уровня комфортности труда в результате неблагоприятного воздействия вибрации.

#### **5.4. Экологическая безопасность**

С точки зрения экологической безопасности работа в зданиях (за компьютером) и сам компьютер не представляют опасности.

#### **5.5. Безопасность в аварийных ситуациях**

Чрезвычайная ситуация – это ситуация на определенной территории, сложившаяся в результате аварии, стихийного бедствия, стихийного бедствия или иного стихийного бедствия, которое может повлечь или повлекло значительные человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей среде, материальный ущерб, потери и нарушения условий жизни общества.

Прогноз землетрясений является важнейшим событием в системе управления сейсмической обстановкой. Если кто-то стал свидетелем

землетрясения при строительстве курортного комплекса или лаборатории, необходимо следовать следующим инструкциям: не паниковать и сохранять спокойствие; при первом ударе необходимо покинуть здание (в течение 15-20 секунд); выбежав на улицу, следует немедленно отойти от нее на открытое место подальше от электропроводки, карнизов, балконов; если обстановка не позволяет покинуть здание, то нужно спрятаться под прочным столом, стоящим в дверном проеме, у капитальной стены (эти места самые прочные, больше шансов остаться невредимым); держитесь подальше от окон, тепловых труб; потушить огонь, не использовать спички, может быть утечка газа; дверь должна быть открыта (может заклинить из-за наклона); при выходе из здания пользоваться лифтом запрещено. Вам нужно спуститься по лестнице, внимательно проверьте его прочность. Как только первая последовательность ударов будет завершена, перекройте водопроводные краны, выключите газ, электричество и выйдите из дома. Самое опасное то, что первые несколько часов после землетрясения, в течение 2-3 часов нельзя заходить в здание без надобности.

Кроме того, возможной аварийной ситуацией во время исследования мог стать пожар, в случае аварии. Пожарная безопасность – это комплекс организационных, технических, режимных и эксплуатационных мероприятий по предупреждению пожаров и взрывов. Все помещения должны быть оснащены основными противопожарными средствами (крюк, ведро, огнетушитель, сухой песок). Подъезды к источникам воды и подходы к ним, места размещения пожарной техники и инвентаря всегда должны быть свободны, освещены в ночное время и очищены от снега зимой. Лабораторные помещения и кинозалы по пожаро- и взрывоопасности относятся к категории Б - пожароопасности.

В соответствии со статьей 109 ППБ-01-03 каждый гражданин при обнаружении пожара или признаков горения (задымления, запаха гари, лихорадки и т.п.) обязан:

- немедленно сообщить по телефону города 01, при этом необходимо сообщить адрес объекта, место возгорания, а также сообщить свою фамилию;
- принять по возможности меры по эвакуации людей, тушению пожаров (с применением огнетушителей) и сохранению материальных ценностей;
- если не участвуете в тушении пожара, эвакуируйтесь за пределы опасной зоны.

**Вывод:**

При реализации раздела «Социальная ответственность» могут быть рассмотрены правовые вопросы по обеспечению безопасности, выявлены факторы опасности и воздействия на работающих в полевых условиях в соответствии с процедурами операционной системы или применимыми нормативными актами. По результатам работы предложены методы устранения каждого из вредных факторов. Кроме того, действия, которые необходимо предпринять в случае их возникновения. При рассмотрении вопросов экологической безопасности негативных воздействий на окружающую среду и объект исследования не выявлено.

Несмотря на прогресс в подходах к предотвращению, защите и методам управления, производственный район и город Тимика по-прежнему часто страдают от несчастных случаев на производстве. Расчет: Расчет безопасности сотрудников и воздействия на окружающую среду в среднем составляет около 3,5, поэтому он довольно хорош из 19 переменных анализа. Баланс природной экосистемы, от которого зависит жизнь рабочих и местного сообщества. для обеспечения безопасности от техногенных опасностей и природных опасностей.



## Заключение

Одно из самых крупных в мире золотосодержащее медно-порфировое месторождение Грасберг расположено в провинции Папуа в Индонезии, около Пунчак-Джая (4884 м) – самой высокой горы в Папуа. На территории исследований можно выделить две области: высокогорную от 2000 до 4200 м над уровнем моря, где ведется разработка месторождения и находятся горно-обогатительные фабрики; и относительно плоскую местность (от 10 м до 2000 м), которая включает в себя порт Амамапаре, г. Тимика и другие населенные пункты. Американский геолог Mark Cloos и индонезийский геолог Benyamin Sariie в результате геологических исследований центрального хребта провинции Папуа Индонезии пришли к выводу о том, что формирование центрального хребта Пунчак Джая обусловлено проявлением 20 млн лет назад коллизионного орогенеза и направленной на север субдукции Австралийской плиты. Тектонические последствия рифтинга плиты между 6 и 3 млн лет назад вызвали магматизм и процессы нижнекорового антиплейтинга. Интенсивный магматизм сформировал супергигантское Cu + Au рудное тело Грасберг и связанные с ним скарновые тела рудного района Эрцберг. Для исследуемой территории в целом характерен экваториальный тип климата. В горнодобывающем районе в течение года температура воздуха колеблется от 3 до 18 °С, а среднее количество осадков составляет более 3000 мм/год. В низинах температура воздуха 20–34°С, осадков выпадает более 5000 мм/год. Широкий диапазон высот создает разнообразную растительность от альпийской в горах до тропических лесов в низменности. Расстояние между районом разработки месторождения и устьем реки Айква, впадающей в Арафурское море, составляет около 100 км. Особенности рельефа и большое количество осадков создают мощные речные системы в горных районах и меандрирующие реки с обширными поймами в низинах. Среднесуточный расход реки Отомона (выше по течению от г. Тимика) составляет около 50 м<sup>3</sup>/с, максимальный расход в 2021г. составил 202 м<sup>3</sup>/с. Транспортирующая способность реки Айква составляет 15–20 тысяч тонн наносов в сутки.

Компания PTFI работает в Индонезии с середины прошлого века. В 1972 году на комплексе Грасберг был получен первый медный концентрат. На протяжении почти пяти десятилетий PTFI инвестировал 7,7 млрд долларов США в инфраструктуру, а вклад в ВВП Индонезии с 1992 года составил более чем 60 миллиардов долларов США. В 2021 году Правительство провинции Папуа и Правительство регентства Тимика увеличили долю с 9,36 % и стали владельцами 51% акций PTFI. Добыча полезных ископаемых на комплексе Грасберг включает открытый рудник, подземные рудники и обогатительные фабрики. Открытая разработка карьера продолжалась с 1990 по 2020 гг. Руда добывается на высоте более 4000 метров над уровнем моря на площади около 100 км<sup>2</sup>. В настоящее время PTFI сосредотачивает свои производственные операции на подземных рудниках. На месте используется ряд процессов, включая различные этапы бурения, взрывных работ, сортировки и дробления, затем руду транспортируют на горно-обогатительную фабрику для повторного дробления, измельчения и флотации. Концентрат перекачивается в порт Амамапаре; там он фильтруется, сушится и отправляется на аффинажные заводы. Предприятие одно из крупнейших в мире, его суточная производительность увеличивалась с каждым годом. Отходы обогащения сбрасываются в реку Агабагонг, которая впадает в реку Айква (в 2004 г. около 195 000 т/сутки). Решение министра окружающей среды и лесного хозяйства в 2018 г. ограничивает ежедневный объем добычи до 300 тысяч тонн руды, а сброс хвостов обогащения в хвостохранилище, находящееся в русле реки Айква (Modified Ajkwa Deposition Area – ModADA), не более 291 000 сухих метрических тонн в сутки. В октябре 2017 года к компании PTFI были применены санкции из-за убытков государства вследствие загрязнения, использования охраняемых лесных массивов в производственной деятельности без разрешения на пользование лесными угодьями и увеличение площади ModADA с 230 до 450 км<sup>2</sup>. Компания PTFI предпринимает определённые меры по уменьшению последствий своей деятельности. Департамент окружающей среды PTFI контролирует качество воздуха, воды, хвостов, почвы, отложений,

батиметрии, наземной биоты, сельскохозяйственной и водной продукции. В 1994 г. была открыта экологическая лаборатория. К 2015 году создана сеть экологического мониторинга, включающая 338 точек отбора проб, на которых ежегодно отбирается около 15000 образцов и 187000 проб для анализа. Однако ливневые дожди и сброс хвостов рудника в реку Айква и озеро Ванагонг приводит к наводнениям (в 1991 году была уничтожена большая часть низинных лесов), вызывает опасения возможное загрязнение местных источников воды, в морской фауне отмечается увеличение содержания меди.

Мониторинг содержания меди в отложениях в эстуарии Айква и в северной части Арафурского моря проводится один раз в год. Повышенные (выше 1600 мг/кг) значения отмечаются в районе ModADA.

Результаты мониторинга поверхностных вод, проводимого для вод, подверженных антропогенной нагрузке, и фоновых объектов для горных районов и низин показал примерно одинаковые результаты – превышений по содержанию меди не обнаружено (есть единичные случаи до 3,04 мг/л, причем в реках с естественными условиями формирования химического состава вод). Отмечено повышение проводимости в 3-5 раз по сравнению с фоном. Наиболее критично содержание взвешенных веществ, которое после сброса сточных вод составляет 257 000–667 000 мг/л, а в естественных реках высокогорья 15–1390 мг/л. В низинах для рек-хвостохранилищ содержание взвешенных веществ уменьшается в десятки раз, но остается выше, чем фоновое и превышает рекомендованное значение. В эстуарии р. Айква после ModADA содержание растворенных металлов выше, чем в эстуариях других рек, но не превышает рекомендованные значения.

Результаты мониторинга химического состава подземных вод на 13 скважинах возле хвостохранилища показали стабильный состав в течение 2021 г., наблюдается увеличение сульфатов (4 точки) и железа (2 точки) относительно других скважин. В этих же точках наблюдается увеличение проводимости, общей жесткости. В воде единичных колодцев, используемых

для питьевых целей наблюдается превышение нормативов для питьевой воды [4] для железа и марганца. По содержанию меди превышений не обнаружено.

Анализ данных мониторинга, проводимого РТФИ, показывает, что содержание растворенных металлов практически во всех точках наблюдения соответствует стандартам правительства Индонезии. Очень серьезной экологической проблемой в регионе является высокий уровень наносов, который наблюдается в низинах региона ModADA. Предполагается, что перегрузка произойдет в устье и может повлиять на эстуарий и морскую биоту. Таким образом, несмотря на улучшение управления отходами производства, водные ресурсы в регионе Тимика нуждаются в постоянном мониторинге, в том числе и независимыми аудиторами. Автор рекомендует на современном этапе дополнить программу мониторинга методом биоиндикации состояния сообществ водных организмов и обязательно использовать данный метод при рекультивации хвостохранилища.

### **Список публикаций студента**

Кадепа А. Современное состояние водных ресурсов в регионе Тимика (Папуа, Индонезия), XXVI Международный научный симпозиум молодых ученых и студентов имени академика М.А. Усова «Проблемы геологии и освоения недр», посвященный 90-летию со дня рождения Н.М. Расказова, 120-летию со дня рождения Л.Л. Халфина, 50-летию научных молодежных конференций имени академика М.А. Усова, Томск, 2022

## Список использованных источников

1. Океания <https://areal-tur.ru/bolgariya/okeaniya-gde-okeaniya-oceania---eto-strany-i-zavisimye-territorii.html>
2. В. Трещёв Битва за Новую Гвинею, 05.06.19 <https://warspot.ru/14825-bitva-za-novuyu-gvineyu>
3. И.С. Иванова, М.О. Куликова, Н.Е. Мацулевич, Индонезия география нестабильности. – Журнал Издательского дома «Первое сентября» География, №44, 2002 <https://geo.1sept.ru/article.php?ID=200204402>
4. Т.А. Ковалёва, Новая Гвинея, физико-географический очерк <https://bigenc.ru/geography/text/2665726>
5. Гребенников А.В., Ханчук А.И., Геодинамика и магматизм трансформных окраин тихоокеанского типа: основные теоретические аспекты и дискриминантные диаграммы. – Тихоокеанская геология, 2021, том 40, № 1, с. 3-24. DOI: 10.30911/0207-4028-2021-40-1-3-24
6. Baldwin S.L., Fitzgerald P.G., Webb L.E. Tectonics of the New Guinea region // *Annual Rev. Earth & Planet. Sci.* 2012. V. 40, N 1. P. 495–520.
7. Cloos M., Sapiie B., van Ufford A.Q., Weiland R.J., Warren P.Q., McMahon T.P. Collisional delamination in New Guinea: The Geotectonics of subducting slab breakoff // *Geol. Soc. Am., Spec. Paper.* 2005. V. 400.
8. Western Irian Jaya: The end-product of oblique plate convergence in the late tertiary; D.B. Dow, R. Sukamto. *Tectonophysics*, Volume 106, Issues 1–2, 20 June 1984, Pages 109-139, [https://doi.org/10.1016/0040-1951\(84\)90224-5](https://doi.org/10.1016/0040-1951(84)90224-5)
9. Pliocene Cu-Au-Bearing Igneous Intrusions of the Gunung Bijih (Ertsberg) District, Irian Jaya, Indonesia: K-Ar Geochronology. Fred W. McDowell, Timothy P. McMahon, Paul Q. Warren, and Mark Cloos; *The Journal of Geology*; Vol. 104, No. 3 (May, 1996), pp. 327-340; Published By: The University of Chicago Press <https://doi.org/10.1086/629828>
10. Strike-slip faulting in the core of the Central Range of west New Guinea: Ertsberg Mining District, Indonesia. Benyamin Sapiie; Mark Cloos. *GSA Bulletin* (2004) 116 (3-4): 277–293. <https://doi.org/10.1130/B25319.1>

11. Гидрогеология Азии. Под ред. М.А. Маринова. М., «Недра», 1974, 576 с.
12. Mendagri; Jumlah Data penduduk indoensia; 2022; (source: <https://finance.detik.com/berita-ekonomi-bisnis/d-5981874/jumlah-penduduk-indonesia-capai-273-juta-terbanyak-ada-di-mana>)
13. KONDISI FISIK WILAYAH INDONESIA DAN PENDUDUK: <https://abelpetrus.files.wordpress.com/2011/08/kondisi-fisik-wilayah-dan-penduduk-indonesia.pdf>
14. Индонезия <https://ru.wikipedia.org/>
15. Environmental issues in Indonesia [https://wiki5.ru/wiki/Environmental\\_issues\\_in\\_Indonesia](https://wiki5.ru/wiki/Environmental_issues_in_Indonesia)
16. Река Цитарум - самая грязная река в мире <https://billionnews.ru/1458-reka-citarum-samaya-gryaznaya-reka-v-mire-12-foto-video.html>
17. PETUNJUK TEKNIS PENGELOLAAN SPAMS DAN PENGUATAN KEBERLANJUTAN .<https://pamsimas.pu.go.id>
18. Keberlanjutan sistem penyediaan air minum pedesaan berbasis masyarakat <http://journal.sragenkab.go.id, Permalink/DOI:10.32630/sukowati.v4i2.131>
19. Геохимия окружающей среды / Ю.Е. Сагет, Б.А. Ревич, Е.П. Янин и др. – М.: Недра, 1990, 335 с.
20. Карьер Грасберг [http://ru.esosedi.org/ID/places/1000240855/karer\\_grasberg/](http://ru.esosedi.org/ID/places/1000240855/karer_grasberg/)
21. Freeport-McMoRan <https://www.fcx.com/>
22. Google Планета Земля <https://earth.google.com>
23. PT Freeport Indonesia <https://ptfi.co.id>
24. Technical Report Summary of Mineral Reserves and Mineral Resources for Grasberg minerals district Papua, Indonesia. Effective Date: December 31, 2021, 80p. <https://fcx.com/sites/fcx/files/documents/operations/TRS-ptfi.pdf>
25. Controlled Riverine Tailings Management at PT Freeport Indonesia 2016 <https://www.fcx.com/sites/fcx/files/documents/sustainability/riverine.pdf>)
26. Pemeriksaan dengan tujuan tertentu atas kontrak kerja PT Freeport Indonesia (2013-2015); 27 April 2017; BPK Indonesia [https://amdal.menlhk.go.id/amdal\\_site/izin.php](https://amdal.menlhk.go.id/amdal_site/izin.php)

27. Various Potential Maps of Papua, Indonesia. Retrieved from <https://papua.go.id/>
28. Deutscher Wetterdienst <https://dwd.de/>
29. World Weather Information Service <https://worldweather.wmo.int>
30. Klima und durchschnittliches Wetter das ganze Jahr über am Kokonao / Timuka Indonesien <https://de.weatherspark.com/>
31. Tropical West Pacific moisture dynamics and climate controls on rainfall isotopic ratios in southern Papua, Indonesia. Donald S. Permana, Lonnie G. Thompson, Gesang Setyadi. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, First published: 20 February 2016 <https://doi.org/10.1002/2015JD023893>
32. Bundesanstalt für Gewässerkunde <https://www.bafg.de/>
33. СП 47.13330.2016 Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 11-02-96. Применяется с 01.07.2017. Заменяет СП 47.13330.2012
34. Technical Report Summary of Mineral Reserves and Mineral Resources for Grasberg minerals district Papua, Indonesia. Report Date: January 31, 2022. Freeport-McMoRan <https://www.fcx.com/>
35. ANNUAL REPORT ON SUSTAINABILITY 2020 Freeport-McMoRan <https://www.fcx.com/>
36. Leith, Denise (2003). *The Politics of Power: Freeport in Suharto's Indonesia*. (Honolulu: University of Hawaii Press). 376 p. ISBN-13: 9780824825669
37. Rusdinar, Yuni, Edraki, Mansour, Baumgartl, Thomas, Mulligan, David, and Miller, Stuart (2013). Long term performance of hydrogeochemical riverine mine tailings deposition at Freeport Indonesia. *Mine Water and the Environment* 32 (1) 56-70. <https://doi.org/10.1007/s10230-012-0212-6>
38. David Paull, Glenn Banks, Chris Ballard & David Gillieson, Monitoring the Environmental Impact of Mining in Remote Locations through Remotely Sensed Data, *Geocarto International*, Volume 21, 2006 – Issue 1, pp. 33-42. <http://doi.org/10.1080/10106040608542372>



39. Trashed-1636587178-Kepmen KLHK No.175\_2018\_Pengelolaan Tailing PTFI di Daerah Penimbunan Ajkwa atau ModADA / SK 175/Men-LHK/Setjen/PLB.3/4/2018
40. Mineral and Coal № 1008/37.06/DJB/2020 Rencana Reklamasi Tahun 2020-2021. <https://peraturan.bpk.go.id/Home/Details/138909/uu-no-3-tahun-2020>
41. Surat Keputusan Menteri LHK No SK.5559/MenlhkPHLHK/PPSA/GKM.0/2017, keputusan ketiga no.3 (e). [https://amdal.menlhk.go.id/amdal\\_site/izin.php](https://amdal.menlhk.go.id/amdal_site/izin.php)
42. Controlled riverine tailings management at PT Freeport Indonesia [https://minedocs.com/17/Freeport-McMoRan-Grasberg-Controlled-riverine-tailings-management\\_2016.pdf](https://minedocs.com/17/Freeport-McMoRan-Grasberg-Controlled-riverine-tailings-management_2016.pdf)
43. RKL-RPL PTFI. (2021): Laporan Pelaksanaan Pengelolaan Dan Pemantauan Lingkungan PT Freeport Indonesia
44. REPUBLIKA.CO.ID, Kementerian PT Freeport lakukan 48 pelanggaran lingkungan <https://www.republika.co.id/berita/pcen68383/kementerian-lhk-freeport-lakukan-48-pelanggaran-lingkungan>
45. Jutaan Ikan Mati di Mimika, Freeport Sebut Itu karena Faktor Alamiah <https://regional.kompas.com/read/2016/04/19/23110951/Jutaan.Ikan.Mati.di.Mimika.Freeport.Sebut.Itu.karena.Faktor.Alamiah>
46. Siaran Pers. Masalah Lingkungan PT Freeport Indonesia Sudah Ada Roadmap Penyelesaiannya. 9 Januari 2019, dibaca 5038 kali. Nomor: SP.004/HUMAS/PP/HMS.3/1/2019.  
[http://ppid.menlhk.go.id/siaran\\_pers/browse/1732](http://ppid.menlhk.go.id/siaran_pers/browse/1732)
47. KEPUTUSAN MENTERI NEGARA LINGKUNGAN HIDUP NOMOR 51 TAHUN 2004 TENTANG BAKU MUTU AIR LAUT MENTERI NEGARA LINGKUNGAN HIDUP [https://amdal.menlhk.go.id/amdal\\_site/izin.php](https://amdal.menlhk.go.id/amdal_site/izin.php)
48. PP no 22 tahun 2021 <https://peraturan.bpk.go.id/Home/Details/161852/pp-no-22-tahun-2021>


49. PERATURAN MENTERI KESEHATAN REPUBLIK INDONESIA NOMOR 492/MENKES/PER/IV/2010 TENTANG PERSYARATAN KUALITAS AIR MINUM [https://amdal.menlhk.go.id/amdal\\_site/izin.php](https://amdal.menlhk.go.id/amdal_site/izin.php)
50. Р 52.24.734-2010 Организация и проведение наблюдений за состоянием и изменением качества поверхностных вод в чрезвычайных ситуациях. Применяется с 01.10.2011
51. Р 52.24.756-2011 Критерии оценки опасности токсического загрязнения поверхностных вод суши при чрезвычайных ситуациях (в случаях загрязнения). Применяется с 01.10.2011
52. Электронный журнал Jahrbuch fur EcoAnalytic und EcoPatologic. <http://www.ievbras.ru/ecostat/Kiril/Library/Book1/Content0/Content0.htm#Re>
53. Iyyanki V. Muralikrishna and Valli Manickam. Environmental Management. Science and Engineering for Industry. 2017, 640 p. <https://www.sciencedirect.com/book/9780128119891/environmental-management#book-description>
54. Gandotra, R., Jangral, S and Sharma, M.2017, Assessment of water quality index (WQI) for river tawi, jammu (j&k). Int J Recent Sci Res. 8(12), pp. 22249-22253. DOI: <http://dx.doi.org/10.24327/ijrsr.2017.0812.1231>
55. Douglas Kwasi Boah, Stephen Boakye Twum, Kenneth B. Pelig-Ba, Mathematical computation of water quality index of Vea dam in upper east Region of Ghana , - Environmental Sciences, Vol. 3, 2015, no. 1, pp. 11-16 <http://dx.doi.org/10.12988/es.2015.4116>
56. ГОСТ Р 59053-2020 Охрана окружающей среды. Охрана и рациональное использование вод. Термины и определения. Применяется с 01.04.2021 взамен ГОСТ 17.1.1.01-77
57. ГОСТ 27065-86 Качество вод. Термины и определения. Применяется с 01.01.1987 взамен ГОСТ 17403-72
58. ГОСТ Р 56828.38-2018 Наилучшие доступные технологии. Окружающая среда. Термины и определения. Применяется с 01.01.2019

59. ГОСТ Р 58556-2019 Оценка качества воды водных объектов с экологических позиций. Применяется с 01.05.2020
60. Об утверждении Методических указаний по осуществлению государственного мониторинга водных объектов в части организации и проведения наблюдений за содержанием загрязняющих веществ в донных отложениях водных объектов. Приказ Министерства природных ресурсов и экологии РФ от 24.02.2014 № 112
61. Keberlanjutan sistem penyediaan air minum pedesaan berbasis masyarakat <http://journal.sragenkab.go.id>, Permalink/DOI:10.32630/sukowati.v4i2.131
62. ГОСТ Р 57075-2016 Методология и критерии идентификации наилучших доступных технологий водохозяйственной деятельности. Применяется с 01.04.2017
63. Савичев О.Г. Гидрология, метеорология и климатология: гидрологические расчеты / О.Г. Савичев. – Томск : Изд-во ТПУ, 2013. – 224 с.
64. СП 33-101–2003. Свод правил по проектированию и строительству. Определение основных расчетных гидрологических характеристик. – Москва : Госстрой России, 2004. – 72 с. 101-2003. Определение основных расчетных гидрологических характеристик
65. Методические рекомендации по определению расчетных гидрологических характеристик при отсутствии данных гидрометрических наблюдений. – Санкт-Петербург : Нестор-История, 2009. – 193 с.
66. Инженерно-гидрометеорологические изыскания : учебно-методическое пособие / сост. О.Г. Савичев, М.В. Решетько ; Томский политехнический университет. – Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2020. – 250 с.


**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет»

Инженерная школа природных ресурсов  
Отделение геологии  
20.04.02 Природообустройство и  
водопользование  
" Чистая вода "


Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ВМ02	Агустинус Кадепа		20.05.22

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОГ	Решетько Маргарита Викторовна	кандидат географических наук, доцент		20.05.22

Консультант-лингвист отделения иностранных языков ШБИП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Кемерова Наталья Сергеевна	-		20.05.22

# RECENT CONDITION OF WATER RESOURCES IN THE TIMIKA REGION (PAPUA, INDONESIA)

Agustinus Kadepa (2BM02)  
Master Student of Tomsk Polytechnic University  
Engineering School of Natural Resources  
20.04.02 Environmental management and water use  
Supervisor: Reshetko Margarita Viktorovna

The object of this research is the natural waters of PT Freeport Indonesia Timika area (Papua, Indonesia). The purpose of this paper is to study the impact of the mining industry on water resources in the Timika region, Papua.

Tasks:

- ✓ Studying physical and geographical conditions as well as anthropogenic stress in the research area;
- ✓ Studying the characteristics of the mining industry's impact on the environment;
- ✓ Analysing of the impact of the mining industry on water resources.

## 1.1 Background of the Research Object

Indonesia is one of the dynamic developing countries in Southeast Asia, where economic growth is accompanied by serious environmental problems. Currently, the measures taken to protect the environment cannot completely eliminate the intensive impact of the mining industry on components of the natural environment, including water resources.

The purpose of this paper is to determine the impact of the mining industry on water resources in the Timika region (Papua, Indonesia). This work is based on material obtained by the author during his internship at PT Freeport Indonesia (PTFI); monitoring materials provided by PTFI environmental laboratories.

Water resources are one of the main elements for human survival, besides water has an important meaning in order to improve the standard of living on earth, not only for humans but also it is a very significant element for the life of animals and plants. The uses of water include agriculture, industry, households, and other environmental activities etc.

According to Prof. Dr. Warjono Soemodinoto from the Mining Department, ITB (2001), there are two types of waste generated by PT Freeport Indonesia, namely the post-mining operation waste and waste in the form of tailings from the Extraction Plant. Then the waste is disposed directly into the ModADA (Modified Ajkwa Deposition Area) river. Of the two types of tailings waste that is disposed and affects the environment, tailings waste from mines contains copper and other heavy metals such as Arsenic (As), Cadmium (Cd), Lead (Pb), Mercury (Hg), Cyanide ( Cn) and others. As a result of the hazardous mineral content found in tailings waste, it has an impact on human and plant life such as water, soil and air pollution which causes fish to die, damages mangrove forests and other plants. Research on the environmental impact of tailings waste, according to Hidayati and his colleagues in 2009 shows that sediment or tailings containing hazardous materials may damage groundwater resources[12]. The data about the quality of waste water from gold and copper mining operations can be found in the Ministry of Environment Decree No. 202/2004 BMAL Gold & Copper which is divided into 3 parts [13].

Papua is the easternmost province in the archipelagic nation of Indonesia and an ethno-linguistic and global biodiversity endemic. Home to 1.5 million indigenous peoples who speak more than 250 languages [1], the province also has more than 17,700 species of flora and fauna, 32 million hectares of tropical rainforest and ancient mangroves, and one of the richest marine coral reef environments in the world with 565 coral species [2]. Minerals Grasberg Papua district has the world's largest proven gold reserves (28.2 million tons) and the second largest proven copper reserves (29 billion lbs) as of December 2014[1].

Since 1973, PT Freeport Indonesia (PTFI), through a contract with the Indonesian government, has been excavating an open pit (hereinafter referred to as “Grasberg”) which produced 18,600 metric tons of ore per day in 1988 and reached a peak of 237,800 tons per day in 2001 [3]. Grasberg is not only one of the most productive gold or copper mines in the world, but also the largest taxpayer in Indonesia [5] and generated more than 50% of the province's gross domestic product in 2005 [6]. Grasberg is located at an altitude of 4,270 meters above sea level near the

headwaters of the Aghawagon-Otomona-Ajkwa (hereinafter referred to as the “ModADA” river system) which drains approximately 2,100 km<sup>2</sup> of water into the Arafura Sea. For 30 years, Grasberg tailings have been deposited directly into the ModADA river system. Of the 1.3 billion metric tons of copper ore excavated during the study period 3% was viable mineralized copper and gold while 97% was dumped as mine tailings into the Ajkwa river system[14]. With increased discharges and continued anthropogenic loading of metal-rich tailings deposition, the riverbed and channel capacity have subsequently decreased. Mine tailings that does not settle in ModADA flow directly into the Arafura Sea.

According to Michael Alonzo<sup>1</sup>, Jamon Van Den Hoek & Nabil Ahmed, 138 km<sup>2</sup> of forest loss between 1987 and 2014 was identified, with an area >42 times larger than the mine itself. Between 1987 and 1998, the level of disturbance highly correlated (Pearson's  $r = 0.96$ ) with mining activity. For mine expansion and embankment construction along ModADA in the mid-1990s, they noted a significantly higher concentration of suspended particles ( $p < 0.05$ ) in the Ajkwa Estuary compared to the surrounding estuaries. This study provides a means to quantify the various modes of ecological damage from mine waste disposal or other disturbance events from copper and gold extraction operations. Grasberg mine tailings were dumped into MoADA depositional areas in the lowlands causing inundation of forests and degradation of water bodies important for indigenous peoples. The extent of change and the temporal relationship with mining activities is difficult to determine given the limited access to the area.

Indonesia is one of the dynamic developing countries in Southeast Asia, where economic growth is accompanied by serious environmental problems. At present, the measures taken to protect the environment cannot completely eliminate the intensive impact of the mining industry on components of the natural environment, including water resources.

The purpose of this paper is to determine the impact of the mining industry on water resources in the Timika region (Papua, Indonesia). This work is based on

material obtained by the author during his internship at PT Freeport Indonesia (PTFI). Monitoring materials are provided by the company's environmental laboratory.

### **1.2 Short Introduction PTFI Mining industry**

According to the 2021 RKL-RPL Report, PTFI is one of the largest copper and gold deposits in the world. Grasberg is located in the province of Papua in Indonesia, close to Mount Puncak Jaya (4884 meters above sea level) which is the highest mountain in Papua. The research area is divided into highlands (2000-4200 m above sea level) where the Mining Operations are located, lowlands and estuary areas. The company has two mining methods, namely open pit mining and underground mining surrounded by a complex geological structure and fairly steep terrain. The open pit mine has been closed based on the decision of the company and the Indonesian government for lowlands (from 10 m to 2000 m above sea level) which includes the ModADA area, the city of Timika and Kuala Kencana. The estuary area is characterized by the mouth of several rivers that enter the Arafuru Sea.

### **1.3 Geographical Conditions and Climatology**

The Meteorology, Climatology and Geophysics Agency in Wilaya Timika noted that in the mining area throughout the year the air temperature ranges from 3 to 19 °C, and the average rainfall is more than 3000 mm/year. In the lowlands, the air temperature is 19–34°C, and the rainfall is more than 5000 mm/year. The diverse altitude creates a variety of vegetation from alpine in the mountains to tropical forests in the lowlands. The distance from the Mining area to the Aikva River which drains into the Arafura Sea is about 100 km. The relief features and large amounts of rainfall create a robust river system in mountainous areas and meandering rivers with extensive floodplains in the lowlands. The average daily discharge of the Otomona River (upstream from Timika city) is around 50 m<sup>3</sup>/s and the maximum discharge in 2021 is 202 m<sup>3</sup>/s.

### **1.4 Geological Conditions**

American geologist Mark Cloos and Indonesian geologist Benjamin Sapiie concluded that the formation of the Puncak Jaya middle ridge was caused by the manifestation of orogeny [8] 20 million years ago and subduction to the north of the



Australian Plate. The tectonic effect of plate fissures between 6 and 3 Ma causes magmatism and lower crustal antiplatelet processes. Intense magmatism formed the enormous Grasberg Cu + Au ore body and formed skarns in the Erzsberg ore region.

Changes and mineralization in the Contract of Work area were affected by 2 major intrusions, namely the Erzsberg intrusion and the Grasberg intrusion. The closest intrusion to the Kasuang Tunnel area is the Erzsberg intrusion which only occurred once. The closest hydrothermal systems are the Erzsberg skarn system and the Big Gossan skarn system.

According to Prendergast (2003), the Erzsberg intrusion changed limestones in the form of the Waripi Formation and the Faumai Formation into the Erzsberg skarn system. This system produces garnet (Endo-skarn) in Erzsberg intrusion and anhydrous skarn in limestone. The mineralization formed is bornite, pyrite, chalcopyrite, gold, galena, and covellite [16]. Big Gossan's skarn system is at the bottom of the Waripi formation close to the Kembelangan group. This system is affected by carbonate alteration and venous filling. Mineralization is in the form of pyrite, pyrrhotite, chalcopyrite, magnetite, bornite, galena, gold, arsenopyrite, skelite, sphalerite, gold, bismuth, and hematite [8].

### **1.5 A Brief History of PTFI**

PT Freeport Indonesia (PTFI) as a subsidiary of Freeport McMoran began operating in Indonesia based on the First Contract of Work (CW I) signed on April 7, 1967, with the Indonesian government. PT Freeport Indonesia started exploration activities in the Mountains area on December 30, 1967. The Second Contract of Work (CW II) was signed in 1991 for the same period of 30 years with the production period ending in 2021.

The feasibility study and development exploration was carried out for 5 years by PTFI. Construction on a large scale began in May 1970. In 1972 PT Freeport Indonesia Incorporated succeeded in delivering the first copper concentrate from Eastberg. In 1988 geologists from PT Freeport Indonesia Incorporated discovered the Grasberg reserve which is only a few kilometers from the Eastberg mine site and is the largest gold reserve in the world and the third largest copper reserve in the world.

On December 26, 1991, PT Freeport Indonesia, which was incorporated as an Indonesian legal entity, was established, and PT Freeport Indonesia Incorporated (PTFII). The second Contract of Work covers an area of 10,000 hectares and a new area for exploration of 2.5 hectares, this area is also used as supporting facilities for the mining industry of PT Freeport Indonesia.

RKL-RPL 2021 data shows PT Freeport Indonesia (PTFI) is engaged in copper and gold mining and has been operating since 1972 in Timika Regency, Papua Province. The activity is based on the Production Operation Special Mining Business License issued by the Minister of Energy and Mineral Resources Number 2053 K/30/MEM/2018 dated December 21, 2018. Previously, the contract of work was from 1991 to 2018. The mined ore is located at an altitude of more than 4,000 meters above sea level in the Ertsberg and Grasberg regions within the 100 km<sup>2</sup> Production Operation WIUP. Currently, PTFI is focusing its production operations in the DOZ (Deep Ore Zone) and Big Gossan underground mines with a daily production target of no more than 300,000 thousand tons of ore. The Grasberg open pit production operation has been discontinued according to the notification letter from the Head of Mining Engineering PT Freeport Indonesia Number: KTT/0055/IV/2020 dated April 9, 2020. The Deep Mill Level Zone (DMLZ) mine and GBC mine are currently being developed and can produce as planned. With a total reserve of around 1.72 billion tons, there is enough ore to be mined until the business license and extensions expire.

### **1.6 Tailings management system**

Only about 3% of the total ore processed at the mill is converted to concentrate. The remaining sand from ore processing is called tailings. Thus, the amount of tailings produced is around 291,000 tons/day if the production capacity is 300,000 thousand tons/day [14]. Large areas of land are needed to store tailings that have been and will accumulate until the end of the mining period. To prepare an Environmental Impact Assessment (AMDAL) 300K for 1996-1997, PT Freeport Indonesia commissioned an international consultant to study various tailings management options. Of the dozens of options studied, one was finally selected and 1 option was approved for implementation, which are as follows: tailings from the Ore

Processing Plant in the uplands are transported via the Aghawagon river system to Otomona to a designated area for tailings storage. To avoid lateral expansion of the impact, 2 dikes were constructed in a north-south direction, known as the West Embankment ( $\pm 63$  km) and the East Embankment ( $\pm 58$  km) after the extension of the embankment to the South. The distance of the three embankments varies between 4 – 7 km and the total land area between the two embankments is 230 km<sup>2</sup> [14]. In the AMDAL 300K document, this area is called the Modified Ajkwa Deposition Area and later known as ModADA. At ModADA, tailings deposition occurs uniformly following a continuously moving and branching surface water flow. The height of the embankment continues to be increased following the height of the tailings stockpile and is maintained so that it can accommodate water from the estimated maximum flood event (Maximum Probable Flood). The tailings deposition in ModADA is caused by gravity so that it is distributed according to particle size. Coarse particles settle in the northern part of ModADA (approximately 2 km parallel to the town of Timika). Medium-sized particles settle north of ModADA until they reach the sago area. The fine particles were deposited in the sago area to the southern tip of ModADA near the Ajkwa Estuary. Very fine particles settle in the Ajkwa Estuary and the rest are carried to the Arafura Sea to the south of Timika Beach.

### **1.7 PT Freeport Indonesia Tailings Disposal and its Impact on the Environment**

Tailings are by-products, residual reagents, and the results of mining processing that are not needed. Gold mining tailings usually contain inert (inactive) minerals. These minerals include quartz, calcite, and various types of aluminosilicates. Gold mining tailings contain one or more toxic hazardous materials such as Arsenic (As), Cadmium (Cd), Lead (Pb), Mercury (Hg), Cyanide (CN) and others that can pollute or damage the environment (DZ Herman), 2006.

In the world of mining, the existence of tailings waste is unavoidable, from the processing of ore that is carried out, only <3% of ore becomes product and the rest becomes tailings (Pohan et al, 2007:4). There are several methods of tailings disposal, namely the placement of tailings at sea (submarine tailings disposal),

placement of tailings in rivers (riverine tailings disposal), and placement of tailings on land (ex-mining filling holes and tailings dams).

According to the Environmental Expert of IPB, the choice of the method of placing tailings in the river (riverine tailings disposal) at PT FI's tailings disposal was carried out based on a number of considerations of geographical conditions such as the steep location of PT FI's mining area, high rainfall, prone to disasters, and relatively large volume of waste which makes it impossible to build a dam (tailings dam) as a tailings reservoir. However, the placement of tailings actually causes changes and losses in the benefits of ecosystem services due to PT FI's tailings disposal to reach Rp185.01 trillion. According to the Government of Indonesia, this environmental change can be considered as planned environmental damage because PTFI already has its own environmental permit in the form of an AMDAL and has occurred for 28 years.

1. The government has taken into account the economic feasibility obtained from PT FI's mining activities with the carrying capacity of the ecosystem that must be sacrificed when granting environmental permits.
2. The value of the damage is debatable because:
  - ✓ The process of calculating the benefits of missing ecosystem services is carried out in a limited way through the landscape using satellite imagery without any field visits.
  - ✓ There is no regulation related to the calculation of damage to intangible objects so that there are no guidelines that can accommodate the different assumptions of damage to intangible objects for environmentalists. Therefore, the calculation of Rp 185.01 trillion is estimated to be much larger if it can take into account the impact parameters that are not physically visible (intangible) such as impacts on social and cultural aspects.

According to the Timika Indigenous People, PTFI's presence for 56 years in mining activities has brought various impacts on the environment, both tangible and intangible, to the JATAM NGO. The real impact of damage is shown by the Otomona River, Ajikwa River, Kopi River, Minajerwi River as tailings disposal sites

now become shallow. The condition of the existence of the Otomona River and Ajikwa River has now closed the tailings sediment and became a green area. In addition, PTFI is concerned that the tailings may interfere with operational activities, thus cutting the access of the Otomona, Ajikwa, Minarjewi rivers to Porsite (port entry access) by stockpiling material so that tailings sediment does not enter the Porsite. Environmental changes due to tailings disposal have not only occurred in rivers but have extended to areas closest to the sea estuary such as the Black sand village which was once a trading center. Pasir Hitam Village has now disappeared and its inhabitants abandoned it due to the lack of clean water because the springs in the area have begun to be covered with tailings.

Furthermore, several intangible impacts, such as social and cultural aspects, include the emergence of various diseases due to steam generated from tailings waste, loss of animals and plants that are used as local specialties such as sago, loss of function of the Otomona and Ajikwa rivers as transportation and media for community livelihoods, cases of fish deaths in total are found in rivers. The traditional belief of the Amume and Kamoro tribes has begun to disappear, which stated in the myth that land is the mother of fortune, because of the customary rights of the local community to land that should be sacrificed for PTFI.

### **1.8 The Supervision Role of the Ministry of Environment on PT Freeport Indonesia's Tailings Handling**

Environmental protection and management is a systematic and integrated effort to preserve environmental functions and prevent pollution or damage to environment which includes planning, utilization, control, maintenance, supervision, and law enforcement (Law Number 32 of 2009 Article 1 paragraph 2) . The government's role in the supervisory function is the most important and inseparable role in environmental protection and management. The government's obligations related to the supervisory function of environmental management and protection include:

- ✓ Supervision of the implementation of national policies, regional regulations;

- ✓ Supervision of the compliance of the person in charge of the business and/or activity to the issuance of environmental permits and statutory regulations.

Supervision by the Ministry of Environment is carried out by four directorates including the Directorate General of Law Enforcement, the Directorate General of Waste, Waste and Hazardous and Toxic Management, the Directorate General of Environmental Pollution, and the Directorate General of Environmental Planning and Planning. In order to carry out its supervisory function, especially to PTFI's compliance with environmental licensing provisions and laws and regulations, the government is here. The Ministry of Environment has issued a basic monitoring instrument in the form of Minister of Environment Decree 431/2008 which contains: technical provisions for the implementation of tailings management and has approved the 300K AMDAL proposed by PTFI.

Based on the findings of the BPK examination on IHPS II in 2017, the Ministry of Environment and Forestry has also followed the recommendations of BPK RI by compiling steps to resolve problems within PTFI with the following results:

- ✓ Revoke the Decree of the Minister of Environment 431/2008 which is no longer in accordance with current developments and regulations with the issuance of Decree of the Minister of the Environment 175/2018;
- ✓ Issuance of a Strategic Environmental Study with the conclusion of extending PTFI's operations and issuing policy recommendations for security operations, ecosystem protection, and community protection;
- ✓ Issuing Environmental Life Evaluation Document (DELH) Number 32 of 2018 concerning DELH Approval for Changes in Mining Business Activities and Supporting Facilities from those listed in AMDAL, RKL, and RPL regional plans for expansion of copper and gold mining activities joining supporting activities to a maximum capacity of 300,000 tons ore per day in Timika Administrative District, Irian Jaya Province;
- ✓ Issuance of environmental permits for 25 mining business activities of PTFI through Permendiknas 546 of 2018;

- ✓ Provision of administrative sanctions for violations against PTFI through the Decree of the Minister of Environment and Forestry Number 5559 of 2017;
- ✓ Prepare a tailings management roadmap through the Decree of the Minister of Environment and Forestry Number 594 of 2018 concerning the implementation of PT Freeport Indonesia's Tailings Management Roadmap in Timika Regency, Papua Province.

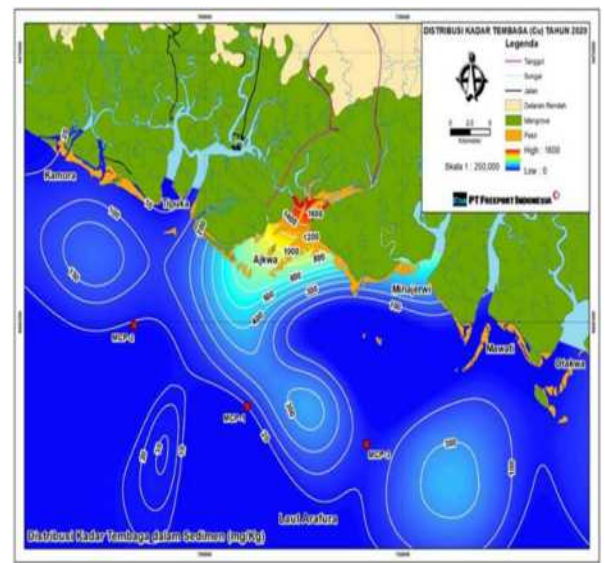
The results of the 2017 Ministry of Environment and Forestry supervision found that: there were 48 violations committed by PTFI including 31 findings of violations related to AMDAL/RKL-RPL and environmental permits, 5 findings of water pollution violations, 5 findings of air pollution violations and 7 findings of management violations. Regarding violations, the Ministry of Environment and Forestry has given administrative sanctions for 48 violations of which 43 have been resolved and 5 violations are currently in the process of resolving. However, in his explanation, the Ministry of Environment and Forestry has not been able to confirm the violations resulting from the disposal of tailings waste.

To solve the tailings waste problem, the Ministry of Environment and Forestry together with PTFI have prepared a roadmap for the period 2018 to 2024. The tailing's handling roadmap is focused on material handling in the mining area, material handling in the Ajkwa or ModADA deposition area, material handling in the estuary area (downstream), tailings utilization and regional development.

### **1.9 Brief Discussion**

The Decree of the Minister of Environment and Forestry in 2018 [3] limits the daily production of 300 thousand tons of ore, and the disposal of enriched tailings to a tailings dump located on the Ajkwa River (Modified Ajkwa Deposition Area - ModADA), no more than 291,000 dry metric tons per day . In October 2017, PTFI was sanctioned due to state losses because of pollution, the use of protected forest areas in production activities without a forest land use permit, and an increase in ModADA from 230 to 450 km<sup>2</sup>. PTFI takes certain steps to reduce the consequences of its activities. PT Freeport Indonesia's Department of Environment monitors the quality of air, water, tailings, soil, sediment, bathymetry, terrestrial biota, agricultural

and aquatic products. In 1994, the environmental laboratory was opened. In 2015, an environmental monitoring network has been created, including 338 sampling points, of which approximately 15,000 samples are taken annually and 187,000 samples are for analysis [2]. However, dumping of mine tailings into the Aikwa River and Wanagonong Lake caused flooding (most lowland forest was destroyed in 1991), possible contamination of local water sources is a cause for concern, and increased copper content in marine fauna.



*Fig. 1 the area developed and affected by PTFI [14]*

*Fig. 2 Copper content (mg/kg) in sediments of the Aikva estuary and the northern part of the Arafura Sea in 2020 (according to RKL-RPL)*

Monitoring of copper content in sediments in the Aikva estuary and in the northern part of the Arafura Sea is carried out once a year. An increase in values (above 1600 mg/kg) was observed in the ModADA region (Fig.2).

The results of surface water monitoring carried out for waters subject to anthropogenic loading, and background objects for mountainous and lowland areas showed more or less the same results - no excess copper content was found (there were isolated cases up to 3.04 mg/l, and in rivers with the natural conditions of formation of the chemical composition of the waters). An increase in conductivity of 3-5 times compared to the background is noted. The most critical are the suspended



solids content, which is 257,000–667,000 mg/l after wastewater discharge, and 15–1390 mg/l in natural highland rivers. In the lowlands, the suspended solids content decreased tenfold, but remained higher than the background values and exceeded the recommended values [14].

Table 1. Results of monitoring the content of dissolved metals in water in the 1st half of 2021 (max/min)

Component	Unit	According [14]	River Estuaries After The Tailig Dam			Estuaries Without Anthropogenic Load		
			Aikva	Minajervi	Camora	Tipuka	Mawati	Ottakwa
Al <sup>3+</sup>	mg/l	-	0.024 - 0.145	<0.010 - 0.024	0.017 - 0.030	<0.010 - 0.020	<0.010 - 0.021	0.013 - 0.021
Cu <sup>2+</sup>	mg/l	0.008	0.010 - 0.025	0.0019 - 0.0054	0.0009 - 0.0031	0.0025 - 0.0032	<0.0003 - 0.0025	0.0021 - 0.0040
Fe, обш	mg/l	-	0.0653 - 0.223	0.0031 - 0.0189	0.0032 - 0.0829	0.0125 - 0.0309	0.0048 - 0.0062	0.0055 - 0.0141
Mn <sup>+</sup>	mg/l	-	0.0614 - 0.0916	0.0179 - 0.0397	0.0064 - 0.0248	0.0051 - 0.0085	0.0015 - 0.0109	0.0077 - 0.0323

The results of monitoring the chemical composition of groundwater in 13 wells near the tailings dump show a stable composition during 2021, with an increase in sulfate (4 points) and iron (2 points) relative to other wells. At the same point, an increase in overall conductivity and hardness was observed. In individual well water used for drinking purposes, there is an excess of drinking water quality standards [14] for iron and manganese. No excesses were found in terms of copper content.

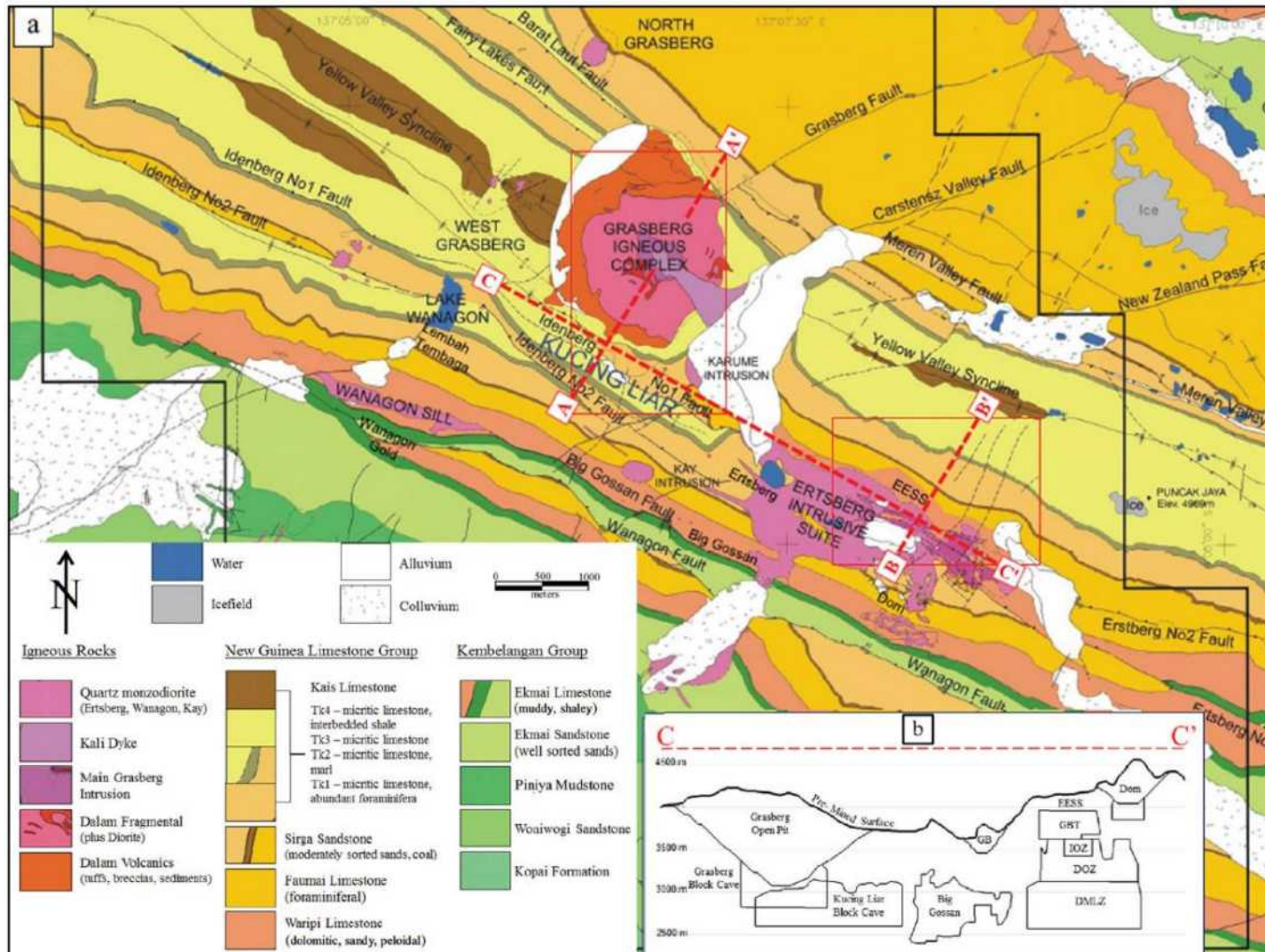
Analysis of PT Freeport Indonesia's monitoring data shows that the dissolved metal content at almost all observation points meets Indonesian government standards. A very serious environmental problem in this region is the high sedimentation rate observed in the lowlands of the ModADA region. Transshipment is thought to occur in estuaries and can affect estuaries and marine life. Therefore, apart from improving waste management, water resources in the Timika area need to be continuously monitored, including by an independent auditor.

## References

1. Cunningham, D., Ingram, DE & Sumbuk, K. Language Diversity in the Pacific: Endangerment and Survival. (Multilingual Matters, 2006).
2. Marshall, AJ & Beehler, B. The Ecology of Papua: Part Two. (Periplus Editions, 2007).
3. FCX Freeport-McMoran Annual Reports. at <http://investors.fcx.com/investor-center/financial-information/annual-reports-andproxy/default.aspx> (2015).
4. Basov, V. The world's top 10 gold mines. Accessed: 29/08/2016 at <http://www.mining.com/the-worlds-top-10-gold-mines/> (2015).
5. O'Brien, P. The Politics of Mines and Indigenous Rights: Study of the Grasberg Mine in Indonesia's Papua Province. *George. J. Int. af.* 11, 47 (2010).
6. Ballard, C. & Banks, G. in *Working with Nature against Poverty: Development, Resources and the Environment in Eastern Indonesia* (eds. Resosudarmo, B. & Jotzo, F.) 147–177 (Institute of Southeast Asian Studies, 2009).
7. Leith, D. *The Politics of Power: Freeport in Suharto's Indonesia.* (University of Hawaii Press, 2002).
8. Mealey, GA *Grasberg: Mining the Richest and Most Remote Deposit of Copper and Gold in the World, in the Mountains of Irian Jaya, Indonesia.* (Freeport-McMoRan Copper & Gold, 1996).
9. Overseas Private Investment Corporation. *Final Report: Environmental Review of PT Freeport Indonesia Copper and Precious Metals Mine, Irian Jaya, Indonesia.* (1994).
10. WALHI: Indonesian Forum for Environment. *The Environmental Impacts of Freeport-Rio Tinto's Copper and Gold Mining Operation in Papua.* (2006).
11. Miller, JR *The role of fluvial geomorphic processes in the dispersal of heavy metals from mine sites.* *J. Geochemical Explore* 58, 101–118 (1997).
12. *Experimental Study of Mining Tailing Permeability Level Pt Freeport Indonesia with Emulsion Asphalt Soil Stabilization* (Hasan Erwin Laonso, 1 Tri Harianto, 2 Achmad Bakri Muhiddin3).
13. Ministry of Environment Decree No. 202/2004 BMAL Gold & Copper PTFI RKL-RPL 2021.
14. *PTFI Tailings Management in the Ajkwa Stockpiling Area or ModADA KLHK No.175* (2018).

## Приложение Б

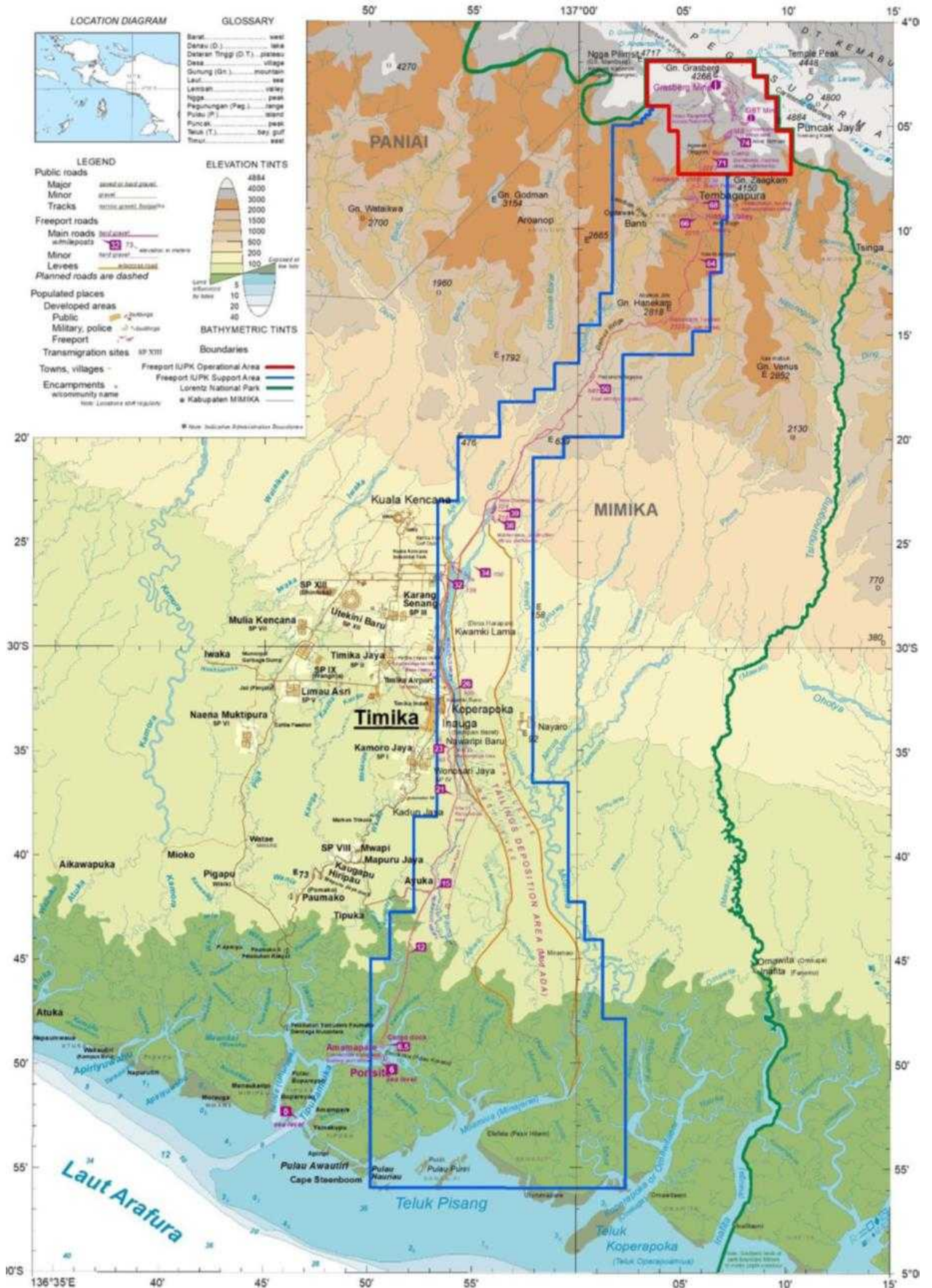
Геологическая карта района Грасберг (PT Freeport Indonesia) [24]



а – вид в плане  
 б – районы разработки месторождения на разрезе по линии С-С'

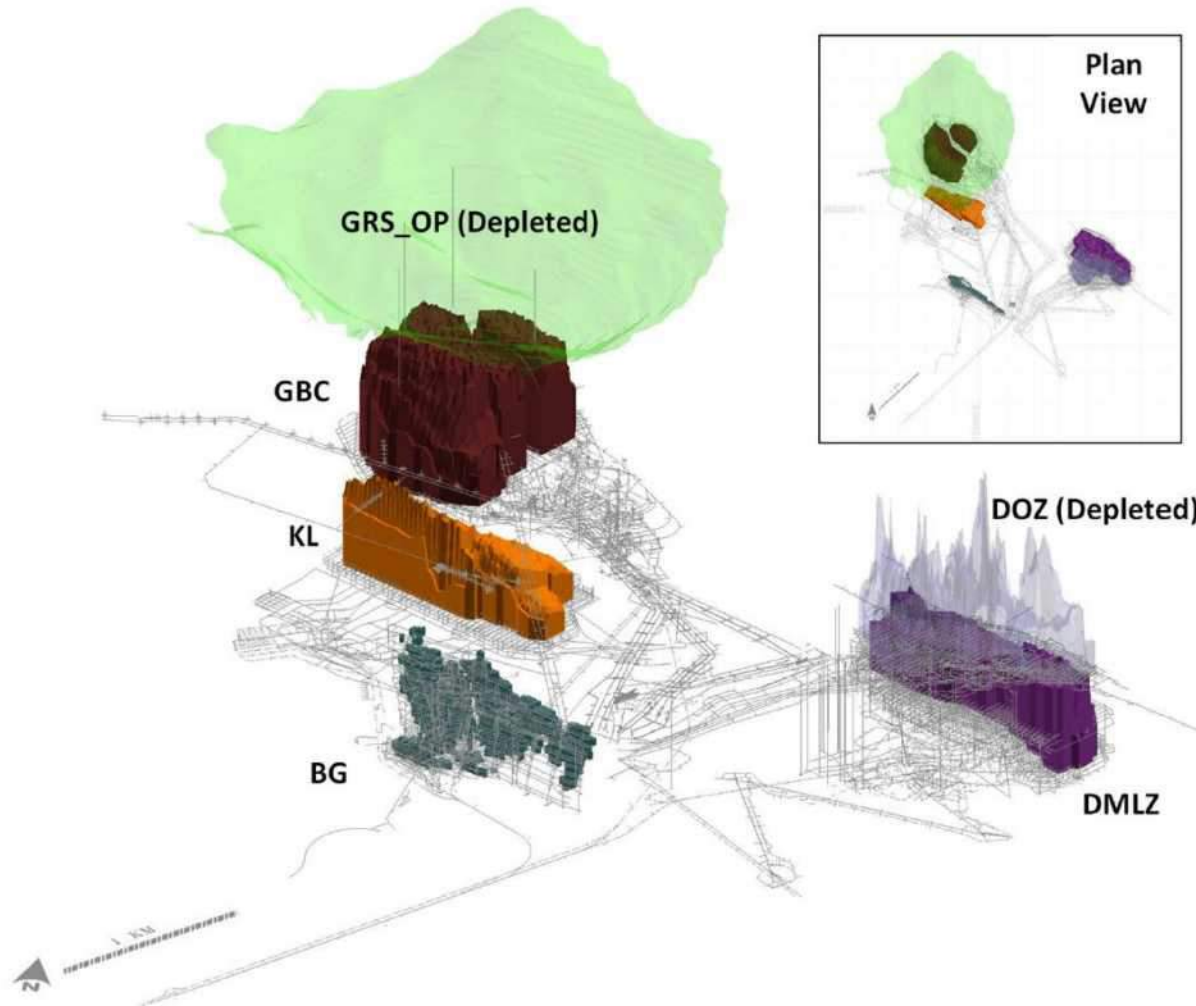
# Приложение В

Карта-схема района исследований и зона работы РТ FI [34]



## Приложение Г

### Перспективный вид на подземные рудники района Грасберг (PT Freeport Indonesia) [24]



В состав района входят следующие действующие подземные рудники:

- Grasberg Block Cave (GBC) нацелен на 135 000 метрических тонн руды в сутки;
- Deep Mill Level Zone (DMLZ) – 80 000 метрических тонн руды в сутки (1-2 км от поверхности);
- Big Gossan (BG) – 7000 тонн/сутки
- Kucing Liar (KL), разработка которого началась в 2021 году, добыча руды начнется в 2028 году.

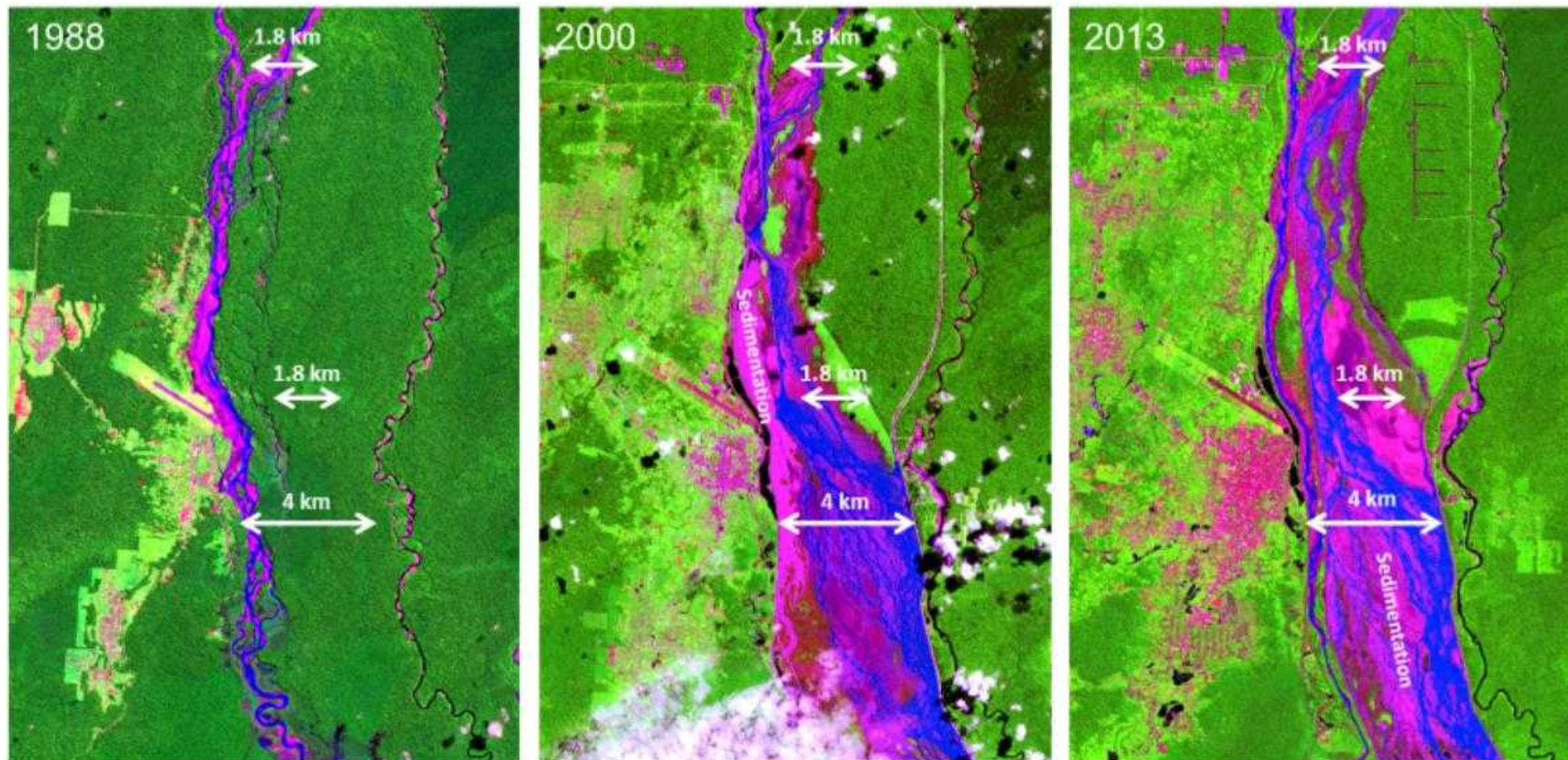
В рудах DMLZ и GBC присутствует фтор.

В течение 2021 года в Грасберг велось четыре активных подземных горных работ.

Добыча в Deep Ore Zone (DOZ) (20 000 тонн/сутки) была прекращена в конце 2021 года, а в карьере Грасберг (GRS\_OP) – разработка открытым способом прекращена в 2020 году.

## Приложение Д

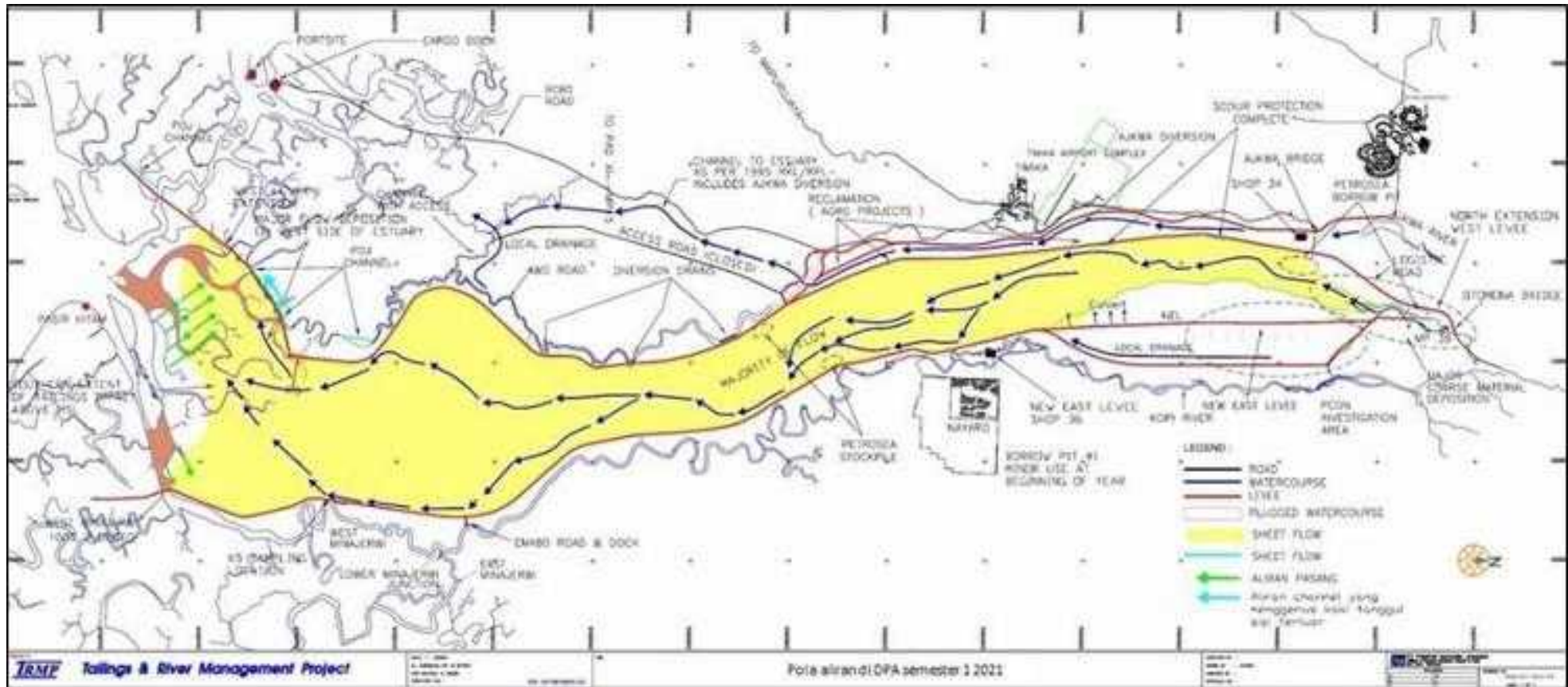
Антропогенные изменения естественного покрова в регионе Тимика\*, 1988-2013 гг.



\*Источник рисунка: <https://fatwaramdani.files.wordpress.com/2013/06/ajkwa-river-changes1.png>

## Приложение Е

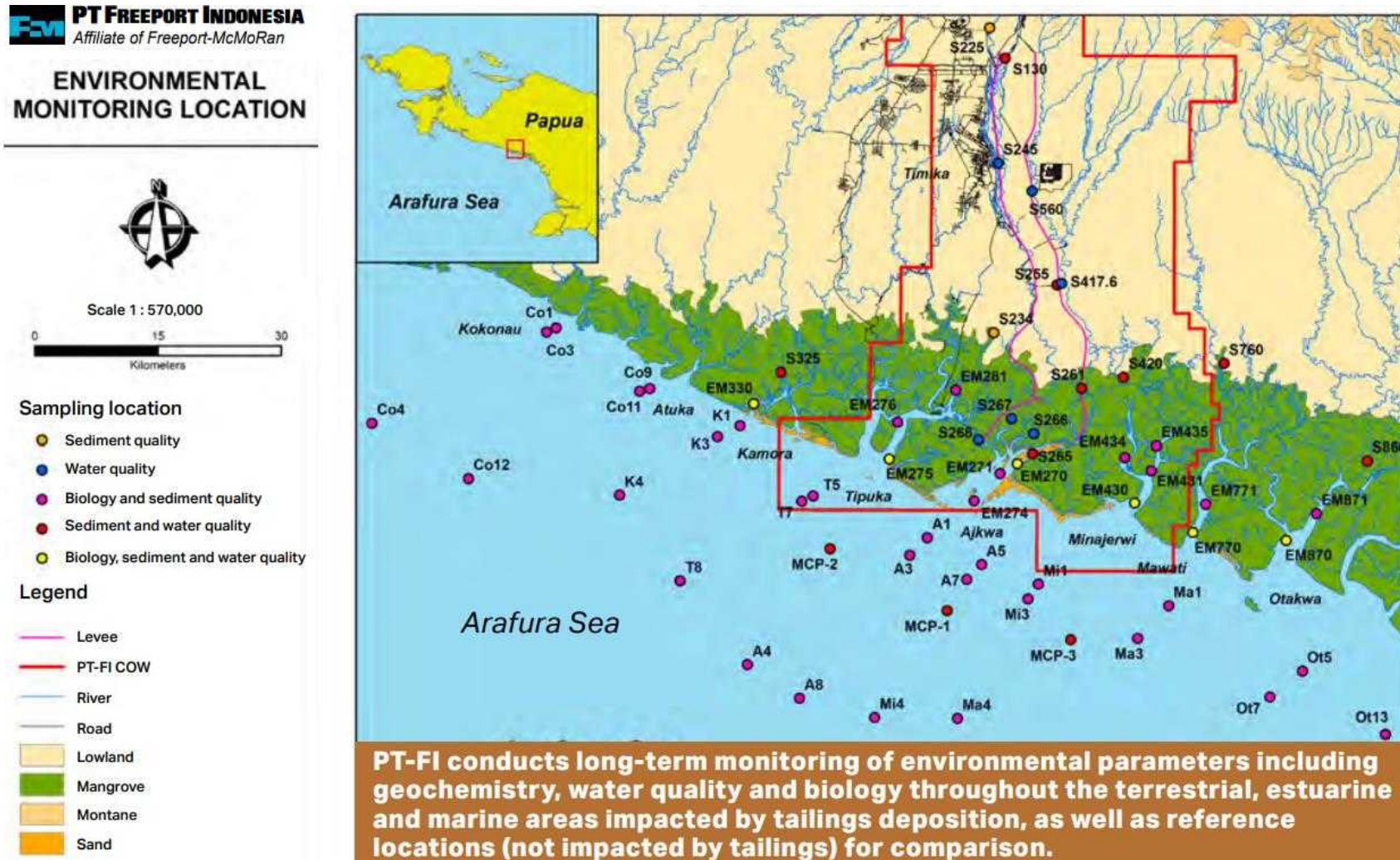
Пример результатов моделирования величины и структуры потока\*, переноса и отложения наносов в районе хвостохранилища ModADA в первом семестре 2021 г.[23]



\*Схема течения строится по результатам инспекционных мероприятий

## Приложение Ж

Схема расположения точек отбора проб для импактного и фоновоего мониторинга [42]





## Приложение И

Таблица периодичности и параметров мониторинга качества подземных и поверхностных вод по данным [43]

№	Stream Area	Sampling Location Code	Monthly Parameters	Quarterly Parameters	Semester Parameters
1	Highland River	Tailings: S110, #55, #56 and #58  Non-Tailings (control): S025 and #57	pH, EC, TSS, Tot. Alkalinity/Acidity, Dissolved alkalinity, SO <sub>4</sub> , turbidity Dissolved metal: Ag, Al, As, Ca, Cd, Cu, Fe, Hg, Mg, Mn, Ni, Pb, Se, Zn.		pH, EC, TSS, Tot. Alkalinity/Acidity, Diluted Alkalinity, SO <sub>4</sub> , NO <sub>3</sub> -N, NO <sub>2</sub> -N, Turbidity, Hardness Dissolved metal: Ag, Al, As, Ba, Ca, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Mg, Mn, Ni, Pb, Se, Zn
2	Lowland River	Tailings: S130, S245, S255.	pH, EC, TSS, Tot. Alkalinity/Acidity, Dissolved Alkalinity s, SO <sub>4</sub> , NO <sub>3</sub> -N, NO <sub>2</sub> -N, turbidity, salinity. Dissolved metal: Ag, Al, As, Ca, Cd, Cu, Fe, Hg, Mg, Mn, Ni, Pb, Se, Zn		pH, EC, TSS, Tot. Alkalinity/acidity, dissolved alkalinity, SO <sub>4</sub> , NO <sub>3</sub> -N, NO <sub>2</sub> -N, turbidity, hardness, salinity. Dissolved metal: Ag, Al, As, Ba, Ca, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Mg, Mn, Ni, Pb, Se, Zn
3	Monitoring Point in ModADA	Tailings: Kelapa Lima (K5-East side), Pandan Lima (P5-West side)	pH, EC, TSS, Tot. Alkalinity/Acidity, Dissolved Alkalinity, SO <sub>4</sub> , NO <sub>3</sub> -N, NO <sub>2</sub> -N, salinity. Dissolved metal: Ag, Al, As, Ca, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Mg, Mn, Ni, Pb, Se, Zn		pH, EC, TSS, Tot. Alkalinity/acidity, dissolved alkalinity, SO <sub>4</sub> , NO <sub>3</sub> -N, NO <sub>2</sub> -N, turbidity, hardness, salinity. Dissolved metal: Ag, Al, As, Ba, Ca, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Mg, Mn, Ni, Pb, Se, Zn
4	Monitoring point on the Sea	MCP1 (Muara Ajkwa), MCP2 (Estuary Tipoeka) and MCP3 (Estuary MinajerWn)		pH, EC, TSS, Turbidity, Salinity.  Dissolved metal: As, Cd, Cr, Cu, Hg, Pb, Ni, Zn.	

<b>№</b>	<b>Stream Area</b>	<b>Sampling Location Code</b>	<b>Monthly Parameters</b>	<b>Quarterly Parameters</b>	<b>Semester Parameters</b>
5	Lowland River (Control)	Non-tailing (control): S225, S325, S417.6, S560, S261, S420, S760, S860.		pH, EC, TSS, Tot. Alkalinity/Acidity, Dissolved Alkalinity, SO4, NO3-N, NO2-N, turbidity, hardness, salinity. Dissolved metal: Ag, Al, As, Ca, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Mg, Mn, Ni, Pb, Se, Zn.	
6	estuary	Tailings: EM270  Non-tailing  EM430	pH, EC, TSS, Tot. Alkalinity, Salinity, SO4, NO3-N, NO2-N, PO4-P, , Turbidity, Hardness, CuCC, Bioavailable Cu, Particulate Cu, Total P and Total N.  Dissolved metal: Ag, Al, As, Cd, Cu, Fe, Hg, Mn, Ni, Pb, Se, Zn, Ca, Mg.	pH, EC, TSS, Tot. Alkalinity, Salinity, SO4, NO3-N, NO2-N, PO4-P, Turbidity, Hardness, CuCC, Bioavailable Cu, Particulate Cu, Total P and Total N. Dissolved metal: Ag, Al, As, Cd, Cu, Cr, Fe, Hg, Mn, Ni, Pb, Se, Zn, Ca, Mg.	
7	estuary	Non-tailing (control): EM275, EM330, EM770, EM870  Non-tailing (control): Etna and Agats		pH, EC, TSS, Tot. Alkalinity, Salinity, SO4, NO3-N, NO2-N, PO4-P, Turbidity, Hardness, CuCC, Bioavailable Cu, Particulate Cu, Total P and Total N. Dissolved metal: Ag, Al, As, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Ni, Pb, Se, Zn, Ca, Mg.	
8	Amamapare Harbor	PSLPE, PSLPW, PSLPC			pH, EC, Salinity, Turbidity, TSS Dissolved metal: As, Cd, Cu, Hg, Pb, Zn
9	DWP WWTP	PSEF	pH, EC, TSS, COD, BOD-5, Oil & Fat Dissolved Metal: Ag, As, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Ni, Pb, Se, Zn		

<b>№</b>	<b>Stream Area</b>	<b>Sampling Location Code</b>	<b>Monthly Parameters</b>	<b>Quarterly Parameters</b>	<b>Semester Parameters</b>
10	Groundwater Well for Employees' Drinking Water	M40-1, M40-2, M40-3, LIP-1, LIP-2, KK-1, KK-2, KK-3, KK-4, TI-2, TI-3, AP-1, AP-2, AP-3		pH, EC, TDS, Color, Turbidity, Hardness, SO <sub>4</sub> , F, Cl, NO <sub>3</sub> -N, NO <sub>2</sub> -N, Total Coliform, Cyanide  Dissolved metal: Al, As, Ba, Ca, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Mg, Mn, Ni, Pb, Se, Si, Zn	
11	Groundwater Wells for Community Clean Water	BT, IW, KP, KW, NR, PD		pH, EC, TDS, Color, Turbidity, Hardness, SO <sub>4</sub> , F, Cl, NO <sub>3</sub> -N, NO <sub>2</sub> -N, Total Coliform, Cyanide  Dissolved metal: Al, As, Ba, Ca, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Mg, Mn, Ni, Pb, Se, Si, Zn	
12	Embankment Side Groundwater Monitoring Well (ModADA)	L1W1, L1W2, L1W3A, L1W3B, L4W1, L7W3L4W3A, L4W3B, L6W1, L6W2A, L6W2B, PZ19D2, PZ23M, PZ23D, L7W2,		pH, EC, TSS, TDS, Total Alkalinity/Acidity, Turbidity, Hardness, SO <sub>4</sub> , NO <sub>3</sub> -N, NO <sub>2</sub> -N. Dissolved metal: Ag, Al, As, Ca, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Ni, Pb, Se, Zn	
13	Groundwater Monitoring Well at the MP-38 Garbage Disposal Site	LF5, LF8, LF13, LF17, LF20, LF21 and LF22.		pH, EC, TSS, TDS, Total Alkalinity/Acidity, Turbidity, Hardness, SO <sub>4</sub> , NO <sub>3</sub> -N, NO <sub>2</sub> -N.  Dissolved metal: Ag, Al, As, Ca, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Mg, Mn, Ni, Pb, Se, Zn	
14	Lake Kwamki on the West Embankment Side (ModADA)	MP28, KL26.6, and MP21.			pH, EC, TDS, TSS, Color, Turbidity, Hardness, SO <sub>4</sub> , F, Cl, NO <sub>3</sub> -N, NO <sub>2</sub> -N, total coliforms,

## Приложение К

Таблица К.1 – Результаты мониторинга подземных вод в скважинах в низменности, 1-й квартал 2021 г. по данным РТФИ

1 квартал 2021 года		L1W1	L1W2	L1W3B	L4W1	L4W3A	L4W3B	L6W1	L6W2A	L6W2B	П323М	П319Д2	L7W2	L7W3
Параметр	Ед. изм													
температура	оС	26,5	26,5	25,7	27,1	27,4	26,8	27,1	27,1	26,8	27,2	26,9	26,7	26,4
pH		6,39	6,30	6,41	6,71	7,14	7,20	7,43	7,37	7,54	7,40	7,38	6,77	6,50
проводимость	мкСм/см	149,1	172,6	151	281,6	228,8	368,4	983,6	878,3	763,1	1533	1577	1839	1844
Окисляемость	мг/л	4	5	6	4	5	4	2	<1	6	8	8	58	58
Мутность	NTU	0,37	0,13	0,24	5,17	6,89	27,3	3,13	1,29	36,4	04,06	1,35	233	319
Общая минерализация	мг/л	84	96	85	153	146	215	706	560	571	1450	1430	1590	1570
нитрат	мг/л	0,22	0,1	0,16	<0,01	<0,01	0,1	<0,005	<0,005	0,87	0,007	<0,005	<0,005	<0,005
нитрит	мг/л	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,09	0,026	0,017	0,21	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Сульфат	мг/л	3,39	03,09	4,15	6,24	16,7	14,8	<b>235</b>	<b>207</b>	17,1	<b>942</b>	<b>929</b>	<b>1010</b>	<b>1020</b>
Металл растворенный														
Алюминий	мг/л	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,007	0,007	0,014	0,015	0,023	0,061	0,026	0,014	<0,005
Мышьяк (As)	мг/л	<0,002	<0,002	<0,002	0,004	0,019	0,004	<0,002	<0,002	0,043	0,003	<0,002	0,005	0,004
Кадмий (Cd)	мг/л	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	2	2	2	2
Хром (Cr)	мг/л	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Медь (Cu)	мг/л	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,014	<0,001	<0,001	0,004	<0,001	0,001	<0,001	<0,001
Железо (Fe)	мг/л	0,0054	0,0098	0,0045	0,495	0,0624	0,0438	0,951	0,39	0,123	0,0124	0,116	45	47,6
Ртуть (Hg)	мг/л	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003	3	3	3	3
Марганец (Mn)	мг/л	0,0012	0,0008	0,0015	0,408	0,906	0,17	2,26	1,27	0,754	0,286	0,0404	1,73	1,91
Свинец (Pb)	мг/л	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Селен (Se)	мг/л	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Цинк (Zn)	мг/л	0,005	0,005	0,005	0,004	0,007	0,004	<0,001	<0,001	0,014	0,005	0,02	0,028	0,016

Таблица К.2 – Результаты мониторинга подземных вод в скважинах в низменности, 2-й квартал 2021 г. по данным РТФИ

2 квартал 2021 г.		L1W1	L1W2	L1W3B	L4W1	L4W3A	L4W3B	L6W1	L6W2A	L6W2B	ПЗ23М	ПЗ19Д2	L7W2	L7W3
Параметр	Ед. изм													
температура	°С	27,1	26,6	26,4	27,2	26,3	26,8	27,2	27,3	26,6	26,5	25,1	27,3	26,7
рН		6,44	6,78	6,8	6,88	7,13	7,23	7,65	7,62	7,51	6,95	7,45	6,23	6,35
проводимость	мкСм/см	164,6	183,6	206,2	263,2	297,7	525,3	930,3	831,3	906,2	1970	1666	2081	1876
Окисляемость	мг/л	13	15	9	4	8	7	<1	<1	5	4	6	23	28
Мутность	НТУ	1,2	0,09	0,41	5,94	05,04	19,5	2,86	1,26	90,8	5,57	3,32	274	317
Общая минерализация	мг/л	88	103	92	149	183	329	636	616	597	1760	1480	1640	1620
нитрат	мг/л	0,36	0,23	0,33	<0,01	<0,01	0,07	<0,01	<0,01	0,3	0,116	<0,01	0,033	0,017
нитрит	мг/л	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,04	<0,01	0,61	0,011	<0,01	<0,002	<0,002
Сульфат (SO4)	мг/л	03,11	03,1	2,99	06,9	16,1	28,4	<b>168</b>	<b>243</b>	10,8	<b>1060</b>	<b>958</b>	<b>1040</b>	<b>997</b>
Металл растворенный														
Алюминий (Al)	мг/л	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,021	0,011	<0,005	<0,005
Мышьяк (As)	мг/л	<0,002	<0,002	<0,002	0,004	0,005	0,002	<0,002	<0,002	0,07	0,004	<0,002	0,003	0,003
Кадмий (Cd)	мг/л	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Хром (Cr)	мг/л	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Медь (Cu)	мг/л	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,015	0,005	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Железо (Fe)	мг/л	0,0034	0,0025	0,003	0,397	0,0129	0,019	0,706	0,39	0,042	0,0279	0,0074	46,7	48,2
Ртуть (рт.ст.)	мг/л	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003
Марганец (Mn)	мг/л	0,0013	0,0008	0,002	0,359	0,487	0,318	2,15	1,48	0,674	0,266	0,0699	1,99	2,21
Свинец (Pb)	мг/л	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	0,007	<0,002	<0,002	<0,002
Селен (Se)	мг/л	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Цинк (Zn)	мг/л	0,009	0,006	0,007	0,007	0,018	0,015	0,002	<0,001	0,003	<0,001	0,001	0,008	0,004

Таблица К.3 – Результаты мониторинга поверхностных вод низменности, 1 полугодие 2021 г. по данным РТФИ

Параметр	Ед. изм	[39, 48]	Река хвостохранилища			Река фон							
			S130	S245	S255	S225	S261	S325	S417_6	S420	S560	S760	S860
температура	°С	-	20,6 - 33,6	21,2 - 25,4	21,6 - 26,2	23,3 - 24,8	27,5- 28,5	23,2- 27,4	26,6- 27,8	25,6- 27,4	26,5- 27,1	28,7- 29,7	25,6- 27,3
pH		6- 9	7.17 - 8.2	7.17 - 8.4	7.43 - 8.15	7,56 - 7,81	7,39 - 7,6	7,83- 7,84	7,53- 7,68	7,25- 7,61	6,35- 6,91	7,34- 7,59	7,29- 7,58
Проводимость	мкСм /см	-	437 - 1234	477 - 1329	570,6 - 1367	120,8 - 180,8	171,4 - 290,1	143,8 - 152,2	140,8 - 144,4	94,98 - 173,1	186,1 - 530,9	175,4 - 683,8	264,3 - 272,2
Растворенный кислород	мг/л	-	8.31 – 9.11	8.18 - 8.77	7.31 - 8.31	7,9 - 8,53	7.13 - 7.22	7,46 - 7,75	7,3 - 7,58	6.14 - 7.49	6,93 - 7,56	6,49 - 6,92	7.02 - 7.13
Всего взвешенных веществ	мг/л	400	3610 - 20700	2880 - 17800	3690 - 18100	12 - 152	96 - 240	157 - 1940	69 - 141	25 - 342	<3 - 28	<3 - 33	37 - 152
Растворенный металл													
Алюминий (Al)	мг/л	-	0,038- 0,095	0,037- 0,146	0,039 - 0,104	0,051 - 0,382	0,032 - 0,12	0,046 - 1,31	0,062 - 0,081	0,026 - 0,236	0,009 - 0,100	0,012 - 0,016	0,039 - 0,051
Мышьяк (As)	мг/л	0,1	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Железо (Fe)	мг/л	-	0,0167 - 0,0952	0,0171- 0,0959	0,0212 - 0,0554	0,0569 - 0,257	0,267 - 0,363	0,187 - 1,99	0,207 - 0,365	0,237 - 0,496	0,324 - 1,22	0,460 - 0,539	0,123 - 0,146
Марганец (Mn)	мг/л	-	0,0584 - 0,146	0,0671 - 0,124	0,0848 - 0,116	0,0023- 0,0063	0,0288 - 0,109	0,0077 - 0,0493	0,015 - 0,0239	0,0106 - 0,0883	0,0688 - 0,230	0,0298 - 0,0660	0,0083 - 0,0116
Медь (Cu)	мг/л	0,08	<0,001 - 0,006	<0,001 - 0,012	<0,001 - 0,007	<0,001 - 0,004	<0,001 - 0,003	<0,001 - 0,001	<0,001 - 0,003	0,002 – 0,015	0,016 - 0,017	<0,001 – 0,019	<0,001

Таблица К.4 – Результаты мониторинга качества поверхностных вод эстуария и морской воды в 1 полугодии 2021 г. по данным РТФИ

Параметр	Ед. изм	По [39, 47]	Устье			Нехвостовой		
			хвостохранилища			эстуарий		
			Айква ЕМ270	Минаджерви ЕМ430	Камора ЕМ330	Типука ЕМ275	Мавати ЕМ770	Оттаква ЕМ870
рН		7 - 8,5	7,51 - 7,77	7,24 - 7,64	7,48 - 7,79	7,18 - 7,48	7,45 - 7,57	7,16 - 7,58
Растворенный кислород	мг/л	>5	6,36 - 6,98	4,58 - 5,26	5,57 - 7,1	5,34 - 5,47	4,82 - 6,03	5,06 - 5,08
температура	С	28-32	27,2 - 29,7	27 - 29,1	28,6 - 30,5	25 - 29,9	29,8 - 31,8	29,0 - 30,8
Проводимость	мкСм/см	-	1033 - 16800	17900 - 39300	24200 - 37100	37280 - 38790	40400 - 43590	27700 - 36600
Всего взвешенных веществ	мг/л	80	211 - 1920	11 - 28	4 - 128	16 - 35	3 - 4	8-13
Мутность	НТУ	<5	32 - 2690	1,08 - 9,88	1,87 - 32,8	0,90 - 5,03	0,31 - 1,81	1,68 - 2,20
Медь в частиц (Cu)	мг/кг	-	<1 - 2640	<1	<1-21	<1-6	<1	<1
Общий фосфор (P)	мг/л	-	0,013 - 0,964	<0,020 - 0,049	0,073	0,025	0,016 - 0,030	<0,020 - 0,010
Общий азот (N)	мг/л	-	0,47 - 2,66	0,23 - 0,70	0,37 - 0,96	0,36 - 0,41	0,30 - 0,75	0,53 - 1,01
Растворенный металл								
Алюминий (Al)	мг/л	-	0,024 - 0,145	<0,010 - 0,024	0,017 - 0,030	<0,010 - 0,020	<0,010 - 0,021	0,013 - 0,021
Мышьяк (As)	мг/л	0,012	<0,002	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Медь (Cu)	мг/л	0,008	0,010 - 0,025	0,0019 - 0,0054	0,0009 - 0,0031	0,0025 - 0,0032	<0,0003 - 0,0025	0,0021 - 0,0040
Железо (Fe)	мг/л	-	0,0653 - 0,223	0,0031 - 0,0189	0,0032 - 0,0829	0,0125 - 0,0309	0,0048 - 0,0062	0,0055 - 0,0141
Марганец (Mn)	мг/л	-	0,0614 - 0,0916	0,0179 - 0,0397	0,0064 - 0,0248	0,0051 - 0,0085	0,0015 - 0,0109	0,0077 - 0,0323

Таблица К.5 – Результаты мониторинга качества подземных вод в колодцах источников воды для сообществ в низинах, 1 семестр 2021 г. по данным РТФИ

Параметр	Ед. изм	1 квартал 2021		2 квартал 2021	
		KW	KP	KW	KP
температура	оС	25,9	27,9	26.1	28.1
pH		6.04	7.08	6.02	6.32
Проводимость	мкСм/см	102,9	645,7	83,90	438,7
щелочность	мг/л	35	238	36	146
Кислотность	мг/л	4	<1	23	12
Мутность	НТУ	0,14	42,7	0,31	0,17
Общее растворенное твердое вещество (Total dissolved Solid)	мг/л	44	316	51	241
Жесткость	мг/л	32	309	35	199
Цвет	ТКУ	<3	<3	<3	<3
нитрат	мг/л	0,40	0,36	0,65	<0,01
нитрит	мг/л	<0,01	0,47	<0,01	<0,01
Сульфат	мг/л	3,93	10.2	3,58	<b>29,8</b>
Фтор	мг/л	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Растворенный металл					
Алюминий (Al)	мг/л	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Мышьяк (As)	мг/л	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Кадмий (Cd)	мг/л	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Хром (Cr)	мг/л	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Медь (Cu)	мг/л	0,007	<0,001	<0,001	<0,001
Железо (Fe)	мг/л	0,0291	2.08	0,0347	0,002
Ртуть (Hg)	мг/л	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003
Марганец (Mn)	мг/л	0,0015	0,599	0,0020	0,0018
Свинец (Pb)	мг/л	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Селен (Se)	мг/л	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Цинк (Zn)	мг/л	0,010	0,015	0,023	0,004



Таблица К.6 – Результаты мониторинга качества поверхностных вод в высокогорной местности за 1 полугодие 2021 г. по данным РТФИ

Параметр	Ед. изм	По [39, 48]	Река хвостохранилища		Река фон
			S110	#55	S025
Температура			18,1 - 21,5	16,5 - 20,3	17 - 18,6
рН		6 – 9	8,35 - 9,79	8.21 - 8.8	6,63 - 8,46
Проводимость*	мкСм/см	-	1428 - 2482	1745 - 2440	298,5 - 772
Всего взвешенных веществ	мг/л	400	257000 - 667000	48400 - 258000	15 - 1390
Общая щелочность**	мг/л	-	4210 - 14800	1640 - 5620	13 - 143
Жесткость***	мг/л	-	1390 - 1460	1150 - 1630	190 - 285
Растворенный металл:					
Алюминий (Al)	мг/л	-	0,042 - 0,095	0,043 - 0,092	0,031 - 0,161
Мышьяк (As)	мг/л	0,1	<0,002 - 0,009	<0,002 - 0,005	<0,002 - 0002
Железо (Fe)	мг/л	-	0,0039 - 0,150	0,0066 - 0,0348	0,0091 - 0,0589
Марганец (Mn)	мг/л	-	0,0013 - 0,0173	0,052 - 0,460	0,311 - 1,5
Медь (Cu)	мг/л	0,20	<0,001	<0,001 - 0,008	<0,001 - 3,04

Таблица К.6 – Результаты анализа содержания тяжелых металлов в мясе рыбы за 2 полугодие 2020 г. по данным РТГІ

Муара/Локаси	виды	Медиана Konsentrasi Logam dalam Hati Ikan (мг/кг массы тела) 1-й семестр Тахун 2021 г.						
		Как анорганик	Cd	Cu	ртуть	Pb	Се	цинк
Муара Камора (Не-хвост)	Баррамунди (Поздний калькарифер)	0,006	0,08	37,5	0,07	0,06	2,62	21,8
	Икан Сембиланг	0,010	0,34	19,4	0,53	0,12	8,43	251
	Какап Тавар (Нибеа Солдадо)	0,008	0,18	4,0	0,11	0,03	2,31	19,1
Муара Типука (Не-хвост)	Баррамунди (Поздний калькарифер)	0,007	0,17	62,4	0,11	0,03	4,05	22,0
	Икан Сембиланг	0,006	0,30	21,5	0,91	0,03	4,85	173
	Какап Тавар (Нибеа Солдадо)	0,005	0,13	3,9	0,06	0,02	2,30	18,1
Муара Айква (Хвост)	Баррамунди (Поздний калькарифер)	0,005	0,16	47,2	0,21	0,02	5,41	20,7
	Икан Сембиланг	0,007	0,22	46,9	1,08	0,01	2,87	446
	Какап Тавар (Нибеа Солдадо)	0,006	0,64	3,8	0,16	0,04	3,25	23,1
Муара Минаджерви (Не-хвост)	Баррамунди (Поздний калькарифер)	0,005	0,03	54,7	0,21	0,02	3,49	21,9
	Икан Сембиланг	0,006	0,18	18,5	1,42	0,01	4,46	250
	Какап Тавар (Нибеа Солдадо)	0,004	0,22	2,8	0,15	0,02	2,08	18,9
Муара Мавати (Не-хвост)	Баррамунди (Поздний калькарифер)	0,004	0,14	25,4	0,05	0,03	2,42	18,3
	Икан Сембиланг	0,009	0,34	19,2	2,32	0,06	1,53	412
	Какап Тавар (Нибеа Солдадо)	0,003	0,10	3,1	0,13	0,03	1,84	19,8
Муара Отаква (Не-хвост)	Баррамунди (Поздний калькарифер)	0,005	0,10	21,1	0,16	0,04	2,27	19,4
	Икан Сембиланг	0,006	0,25	15,2	0,99	0,03	2,93	227
	Какап Тавар (Нибеа Солдадо)	0,006	0,44	5,1	0,06	0,06	2,82	30,2

## Приложение Л

Автор в экологической лаборатории отдела охраны окружающей среды PT Freeport Indonesia в Тимика (Папуа, Индонезия)



Кабинет анализа водно-химического режима



Кабинет анализа взвешенных веществ

## Приложение М

### Результаты Расчета Качества Подземных и Поверхностных Вод по WQI

Таблица М.1 – Результаты расчета высокогорий в местах хвостохранилищ и бесхвостохранилищ

S110		Хвостатая река						
Параметр	Ед. изм	Si	Vi	1/Si	Wn	Vido	Qn	Wn.Qn
ПО [39, 55]		1	2	3	4	5	6	7
рН		9	9,07	0,1111	0,004	8,5	114	0,4444
Проводимость*	мкСм/см	5000	1955 г.	0,0002	0,000	0	39,1	0,0003
Всего взвешенных твердых частиц	мг/л	400	462000	0,0025	0,000	0	115500	10,1312
Общая щелочность**	мг/л	250	9505	0,004	0,000	0	3802	0,5336
Жесткость***	мг/л	20	1425	0,05	0,002	0	7125	12 4995
Мышьяк (As)	мг/л	0,1	0,0055	10	0,351	0	5,5	1,9297
Железо (Fe)	мг/л	0,3	0,07695	3,3333	0,117	0	25,65	2,9999
Марганец (Mn)	мг/л	0,1	0,0093	10	0,351	0	9,3	3,2630
Медь (Cu)	мг/л	0,2	0,001	5	0,175	0	0,5	0,0877
			$\Sigma 1/Si$	28,5	1	$\Sigma Wn*Qn/\Sigma Wn$		31,89
			$K=1/\Sigma 1/Si$	0,035				
С#55		Хвостатая река						
Параметр	Ед. изм	Si	Vi	1/Si	Wn	Vido	Qn	Wn.Qn
ПО [39, 55]		1	2	3	4	5	6	7
рН		9	8 505	0,1111	0,004	8,5	1	0,004
Проводимость*	мкСм/см	5000	2092,5	0,0002	0,000	0	41,85	0,000
Всего взвешенных твердых частиц	мг/л	400	153200	0,0025	0,000	0	38300	3360
Общая щелочность**	мг/л	250	3630	0,004	0,000	0	1452	0,204
Жесткость***	мг/л	20	1390	0,05	0,002	0	6950	12 192
Мышьяк (As)	мг/л	0,1	0,0035	10	0,351	0	3,5	1228
Железо (Fe)	мг/л	0,3	0,0207	3,3333	0,117	0	6,9	0,807
Марганец (Mn)	мг/л	0,1	0,256	10	0,351	0	256	89 821
Медь (Cu)	мг/л	0,2	0,001	5	0,175	0	0,5	0,088
			$\Sigma 1/Si$	28,5	1	$\Sigma Wn*Qn/\Sigma Wn$		107,70
			$K=1/\Sigma 1/Si$	0,035				
S025		Река без хвоста						
Параметр	Ед. изм	Si	Vi	1/Si	Wn	Vido	Qn	Wn.Qn
ПО [39, 55]		1	2	3	4	5	6	7
рН		9	7 545	0,1111	0,004	8,5	-191	-0,7446

Проводимость*	мкСм/см	5000	535,25	0,0002	0,000	0	10 705	0,0001
Всего взвешенных твердых частиц	мг/л	400	702,5	0,0025	0,000	0	175 625	0,0154
Общая щелочность**	мг/л	250	78	0,004	0,000	0	31,2	0,0044
Жесткость***	мг/л	20	237,5	0,05	0,002	0	1187,5	2,0832
Мышьяк (As)	мг/л	0,1	0,011	10	0,351	0	11	3,8595
Железо (Fe)	мг/л	0,3	0,034	3,3333	0,117	0	11,33333333	1,3255
Марганец (Mn)	мг/л	0,1	0,9055	10	0,351	0	905,5	317 7065
Медь (Cu)	мг/л	0,2	0,001	5	0,175	0	0,5	0,0877
			$\Sigma 1/Si$	28,5	1	$\Sigma Wn*Qn/\Sigma Wn$	324,34	
			$K=1/\Sigma 1/Si$	0,035				

Таблица М.2 – Результаты расчетов изменности в местах хвостохранилищ и бесхвостохранилищ

S130		Река хвостохранилища						
Параметр	Ед. изм	Si	Vi	1/Si	Wn	Vido	Qn	Wn.Qn
ПО [39, 55].		1	2	3	4	5	6	7
рН		9	7685	0,1111	0,00387	8,5	-163,00	-0,63102
Проводимость*	См/см	5000	835,5	0,0002	0,00001	0	16,71	0,00012
Растворенный кислород	мг/л	5	8,71	0,2000	0,00697	14,5	60,95	0,42470
Всего взвешенных твердых частиц	мг/л	400	12155	0,0025	0,00009	0	3038,75	0,26469
Общая щелочность**	мг/л	250	388	0,0040	0,00014	0	155,20	0,02163
Жесткость***	мг/л	20	547	0,0500	0,00174	0	2735,00	4,76462
Мышьяк (As)	мг/л	0,1	0,002	10 0000	0,34842	0	2,00	0,69684
Железо (Fe)	мг/л	0,3	0,05595	3,3333	0,11614	0	18,65	2,16600
Марганец (Mn)	мг/л	0,1	0,1022	10 0000	0,34842	0	102,20	35,60834
Медь (Cu)	мг/л	0,2	0,0035	50000	0,17421	0	1,75	0,30487
			$\Sigma 1/Si$	28,70	1,00	$\Sigma Wn*Qn/\Sigma Wn$	43,62	
			$K=1/\Sigma 1/Si$	0,03				
S245		Река хвостохранилища						
Параметр	Ед. изм	Si	Vi	1/Si	Wn	Vido	Qn	Wn.Qn
ПО [39, 55].		1	2	3	4	5	6	7
рН		9	7,7850	0,1111	0,00387	8,5	-143	-0,55360
Проводимость*	См/см	5000	903 0000	0,0002	0,00001	0	18,06	0,00013
Растворенный кислород	мг/л	5	8,4750	0,2000	0,00697	14,5	63,42105263	0,44194
Всего взвешенных твердых частиц	мг/л	400	10340,0000	0,0025	0,00009	0	2585	0,22517
Общая щелочность**	мг/л	250	464 0000	0,0040	0,00014	0	185,6	0,02587
Жесткость***	мг/л	20	555 5000	0,0500	0,00174	0	2777,5	4,83866
Мышьяк (As)	мг/л	0,1	0,0020	10 0000	0,34842	0	2	0,69684
Железо (Fe)	мг/л	0,3	0,0565	3,3333	0,11614	0	18,83333333	2,18729
Марганец (Mn)	мг/л	0,1	0,0956	10 0000	0,34842	0	95,55	33,29136
Медь (Cu)	мг/л	0,2	0,0065	50000	0,17421	0	3,25	0,56618
			$\Sigma 1/Si$	28,70114	1,00	$\Sigma Wn*Qn/\Sigma Wn$	41,72	
			$K=1/\Sigma 1/Si$	0,034842				

S255		Река хвостохранилища						
Параметр	Ед. изм	Si	Vi	1/Si	Wn	Vido	Qn	Wn.Qn
ПО [39, 55].		1	2	3	4	5	6	7
pH		9	7,79	0,1111	0,00387	8,5	-142	-0,54973
Проводимость*	См/см	5000	968,8	0,0002	0,00001	0	19 376	0,00014
Растворенный кислород	мг/л	5	7,81	0,2000	0,00697	14,5	70,42105263	0,49072
Всего взвешенных твердых частиц	мг/л	400	10895	0,0025	0,00009	0	2723,75	0,23725
Общая щелочность**	мг/л	250	438	0,0040	0,00014	0	175,2	0,02442
Жесткость***	мг/л	20	544	0,0500	0,00174	0	2720	4,73849
Мышьяк (As)	мг/л	0,1	0,002	10 0000	0,34842	0	2	0,69684
Железо (Fe)	мг/л	0,3	0,0383	3,3333	0,11614	0	12,76666667	1,48271
Марганец (Mn)	мг/л	0,1	0,1004	10 0000	0,34842	0	100,4	34,98118
Медь (Cu)	мг/л	0,2	0,004	50000	0,17421	0	2	0,34842
				Σ1/Si	28,70	1,00	ΣWn*Qn/ΣWn	42,45
				K=1/Σ1/Si	0,035			
S225		Нехвостовая река						
Параметр	Ед. изм	Si	Vi	1/Si	Wn	Vido	Qn	Wn.Qn
ПО [39, 55].		1	2	3	4	5	6	7
pH		9	7685	0,1111	0,00387	8,5	-163	-0,63102
Проводимость*	См/см	5000	150,8	0,0002	0,00001	0	3016	0,00002
Растворенный кислород	мг/л	5	8 215	0,2000	0,00697	14,5	66,15789474	0,46101
Всего взвешенных твердых частиц	мг/л	400	82 000 000	0,0025	0,00009	0	20,5	0,00179
Общая щелочность**	мг/л	250	67	0,0040	0,00014	0	26,8	0,00374
Жесткость***	мг/л	20	72,5	0,0500	0,00174	0	362,5	0,63151
Мышьяк (As)	мг/л	0,1	0,002	10 0000	0,34842	0	2	0,69684
Железо (Fe)	мг/л	0,3	0,15695	3,3333	0,11614	0	52,31666667	6,07603
Марганец (Mn)	мг/л	0,1	0,0043	10 0000	0,34842	0	4,3	149820
Медь (Cu)	мг/л	0,2	0,0025	50000	0,17421	0	1,25	0,21776
				Σ1/Si	28,70	1,00	ΣWn*Qn/ΣWn	8,96
				K=1/Σ1/Si	0,035			
S261		Нехвостовая река						
Параметр	Ед. изм	Si	Vi	1/Si	Wn	Vido	Qn	Wn.Qn
ПО [39, 55].		1	2	3	4	5	6	7
pH		9	7495	0,1111	0,00387	8,5	-201,00	-0,77813
Проводимость*	См/см	5000	230,75	0,0002	0,00001	0	4,62	0,00003
Растворенный кислород	мг/л	5	7175	0,2000	0,00697	14,5	77,11	0,53730
Всего взвешенных твердых частиц	мг/л	400	168	0,0025	0,00009	0	42,00	0,00366
Общая щелочность**	мг/л	250	55	0,0040	0,00014	0	22,00	0,00307
Жесткость***	мг/л	20	87	0,0500	0,00174	0	435,00	0,75781
Мышьяк (As)	мг/л	0,1	0,002	10 0000	0,34842	0	2,00	0,69684
Железо (Fe)	мг/л	0,3	0,315	3,3333	0,11614	0	105,00	12,19464
Марганец (Mn)	мг/л	0,1	0,0689	10 0000	0,34842	0	68,90	24,00601
Медь (Cu)	мг/л	0,2	0,002	50000	0,17421	0	1,00	0,17421
				Σ1/Si	28,70	1,00	ΣWn*Qn/ΣWn	37,60
				K=1/Σ1/Si	0,035			
S325		Нехвостовая река						
Параметр	Ед. изм	Si	Vi	1/Si	Wn	Vido	Qn	Wn.Qn
ПО [39, 55].		1	2	3	4	5	6	7
pH		9	7835	0,1111	0,00387	8,5	-133,0	-0,51488

Проводимость*	См/см	5000	148	0,0002	0,00001	0	3,0	0,00002
Растворенный кислород	мг/л	5	7605	0,2000	0,00697	14,5	72,6	0,50576
Всего взвешенных твердых частиц	мг/л	400	1048,5	0,0025	0,00009	0	262,1	0,02283
Общая щелочность**	мг/л	250	89	0,0040	0,00014	0	35,6	0,00496
Жесткость***	мг/л	20	68,5	0,0500	0,00174	0	342,5	0,59667
Мышьяк (As)	мг/л	0,1	0,002	10 0000	0,34842	0	2,0	0,69684
Железо (Fe)	мг/л	0,3	1,0885	3,3333	0,11614	0	362,8	42,13924
Марганец (Mn)	мг/л	0,1	0,0285	10 0000	0,34842	0	28,5	9,92992
Медь (Cu)	мг/л	0,2	0,001	50000	0,17421	0	0,5	0,08710454
			$\Sigma 1/Si$	28,70	1,00	$\Sigma Wn*Qn/\Sigma Wn$		53,47
			$K=1/\Sigma 1/Si$	0,03				
S417_6	Нехвостовая река							
Параметр	Ед. изм	Si	Vi	1/Si	Wn	Vido	Qn	Wn.Qn
ПО [39, 55].		1	2	3	4	5	6	7
pH		9	7685	0,1111	0,00387	8,5	-163,0	-0,63102
Проводимость*	См/см	5000	835,5	0,0002	0,00001	0	16,7	0,00012
Растворенный кислород	мг/л	5	8,71	0,2000	0,00697	14,5	60,9	0,42470
Всего взвешенных веществ	мг/л	400	12155	0,0025	0,00009	0	3038,8	0,26469
Общая щелочность**	мг/л	250	388	0,0040	0,00014	0	155,2	0,02163
Жесткость***	мг/л	20	547	0,0500	0,00174	0	2735,0	4,76462
Мышьяк (As)	мг/л	0,1	0,002	10 0000	0,34842	0	2,0	0,69684
Железо (Fe)	мг/л	0,3	0,05595	3,3333	0,11614	0	18,7	2,16600
Марганец (Mn)	мг/л	0,1	0,1022	10 0000	0,34842	0	102,2	35,60834
Медь (Cu)	мг/л	0,2	0,0035	50000	0,17421	0	1,8	0,30487
			$\Sigma 1/Si$	28,70	1,00	$\Sigma Wn*Qn/\Sigma Wn$		43,62
			$K=1/\Sigma 1/Si$	0,03				
S420	Нехвостовая река							
Параметр	Ед. изм	Si	Vi	1/Si	Wn	Vido	Qn	Wn.Qn
ПО [39, 55].		1	2	3	4	5	6	7
pH		9	7,43	0,1111	0,00387	8,5	-214,0	-0,82846
Проводимость*	См/см	5000	134,04	0,0002	0,00001	0	2,7	0,00002
Растворенный кислород	мг/л	5	6815	0,2000	0,00697	14,5	80,9	0,56370
Всего взвешенных веществ	мг/л	400	183,5	0,0025	0,00009	0	45,9	0,00400
Общая щелочность**	мг/л	250	45	0,0040	0,00014	0	18,0	0,00251
Жесткость***	мг/л	20	53,5	0,0500	0,00174	0	267,5	0,46601
Мышьяк (As)	мг/л	0,1	0,002	10 0000	0,34842	0	2,0	0,69684
Железо (Fe)	мг/л	0,3	0,3665	3,3333	0,11614	0	122,2	14,18836
Марганец (Mn)	мг/л	0,1	0,04945	10 0000	0,34842	0	49,5	17,22928
Медь (Cu)	мг/л	0,2	0,0085	50000	0,17421	0	4,25	0,74039
			$\Sigma 1/Si$	28,70	1,00	$\Sigma Wn*Qn/\Sigma Wn$		33,06
			$K=1/\Sigma 1/Si$	0,03				
S560	Нехвостовая река							
Параметр	Ед. изм	Si	Vi	1/Si	Wn	Vido	Qn	Wn.Qn
ПО [39, 55].		1	2	3	4	5	6	7
pH		9	6,63	0,1111	0,00387	8,5	-374,0	-1,44787
Проводимость*	См/см	5000	358,5	0,0002	0,00001	0	7,2	0,00005
Растворенный кислород	мг/л	5	7 245	0,2000	0,00697	14,5	76,4	0,53216
Всего взвешенных веществ	мг/л	400	15,5	0,0025	0,00009	0	3,9	0,00034
Общая щелочность**	мг/л	250	23	0,0040	0,00014	0	9,2	0,00128

Жесткость***	мг/л	20	137	0,0500	0,00174	0	685,0	1,19333
Мышьяк (As)	мг/л	0,1	0,002	10 0000	0,34842	0	2,0	0,69684
Железо (Fe)	мг/л	0,3	0,772	3,3333	0,11614	0	257,3	29,88654
Марганец (Mn)	мг/л	0,1	0,1494	10 0000	0,34842	0	149,4	52,05367
Медь (Cu)	мг/л	0,2	0,0165	50000	0,17421	0	8,3	1,43722
			$\Sigma 1/Si$	28,70	1,00	$\Sigma Wn*Qn/\Sigma Wn$	84,35	
			$K=1/\Sigma 1/Si$	0,03				
S760		Нехвостовая река						
Параметр	Ед. изм	Si	Vi	1/Si	Wn	Vido	Qn	Wn.Qn
ПО [39, 55].		1	2	3	4	5	6	7
рН		9	7465	0,1111	0,00387	8,5	-207,00	-0,80136
Проводимость*	См/см	5000	429,6	0,0002	0,00001	0	8,59	0,00006
Растворенный кислород	мг/л	5	6705	0,2000	0,00697	14,5	82,05	0,57177
Всего взвешенных веществ	мг/л	400	18	0,0025	0,00009	0	4,50	0,00039
Общая щелочность**	мг/л	250	64,5	0,0040	0,00014	0	25,80	0,00360
Жесткость***	мг/л	20	86,5	0,0500	0,00174	0	432,50	0,75345
Мышьяк (As)	мг/л	0,1	0,002	10 0000	0,34842	0	2,00	0,69684
Железо (Fe)	мг/л	0,3	0,4995	3,3333	0,11614	0	166,50	19,33721
Марганец (Mn)	мг/л	0,1	0,0479	10 0000	0,34842	0	47,90	16,68923
Медь (Cu)	мг/л	0,2	0,01	50000	0,17421	0	5,00	0,87105
			$\Sigma 1/Si$	28,70	1,00	$\Sigma Wn*Qn/\Sigma Wn$	38,12	
			$K=1/\Sigma 1/Si$	0,035				
S860		Нехвостовая река						
Параметр	Ед. изм	Si	Vi	1/Si	Wn	Vido	Qn	Wn.Qn
ПО [39, 55].		1	2	3	4	5	6	7
рН		9	7435	0,1111	0,00387	8,5	-213,00	-0,82459
Проводимость*	См/см	5000	268,25	0,0002	0,00001	0	5,37	0,00004
Растворенный кислород	мг/л	5	7075	0,2000	0,00697	14,5	78,16	0,54463
Всего взвешенных веществ	мг/л	400	94,5	0,0025	0,00009	0	23,63	0,00206
Общая щелочность**	мг/л	250	90	0,0040	0,00014	0	36,00	0,00502
Жесткость***	мг/л	20	102,5	0,0500	0,00174	0	512,50	0,89282
Мышьяк (As)	мг/л	0,1	0,002	10 0000	0,34842	0	2,00	0,69684
Железо (Fe)	мг/л	0,3	0,1345	3,3333	0,11614	0	44,83	5,20692
Марганец (Mn)	мг/л	0,1	0,00995	10 0000	0,34842	0	9,95	3,46676
Медь (Cu)	мг/л	0,2	0,001	50000	0,17421	0	0,50	0,08710
			$\Sigma 1/Si$	28,70	1,00	$\Sigma Wn*Qn/\Sigma Wn$	10,08	
			$K=1/\Sigma 1/Si$	0,03				

Таблица М.3 – Результаты расчетов для эстуарных хвостохранилищ и участков рек, не являющихся хвостохранилищами

EM270		Эстуарий Айква (река Хвост).						
Параметр	Ед. изм	Si	Vi	1/Si	Wn	Vido	Qn	Wn.Qn
		1	2	3	4	5	6	7
рН		9	7,64	0,111	0,0006	8,5	-172	-0,10
Растворенный кислород	мг/л	5	6,67	0,200	0,0010	14,5	82	0,08



Проводимость*	См/см	500	8916,5	0,002	0,0000	0	1783 г.	0,02
Всего взвешенных твердых частиц	мг/л	200	1065,5	0,005	0,0000	0	533	0,01
Общая щелочность** (CaCO <sub>3</sub> )	мг/л	250	171,5	0,004	0,0000	0	69	0,00
Мутность	НТУ	5	1361	0,200	0,0010	0	27220	27,21
Жесткость*** (CaCO <sub>3</sub> )	мг CaCO <sub>3</sub> /л	20	1559,5	0,050	0,0002	0	7798	1,95
Алюминий (Al)	мг/л	0,012	0,0845	83 333	0,4165	0	704	293,30
Мышьяк (As)	мг/л	0,1	0,002	10 000	0,0500	0	2	0,10
Медь (Cu)	мг/л	0,2	0,0175	5000	0,0250	0	9	0,22
Железо (Fe)	мг/л	0,01	0,14415	100 000	0,4998	0	1442	720,50
Марганец (Mn)	мг/л	0,86	0,0765	1163	0,0058	0	9	0,05
			Σ1/Si	200 068	1,00	ΣWn*Qn/ΣWn		1043,37
			K=1/Σ1/Si	0,004998295				
EM430	Устье Минаджерви (река без хвоста)							
Параметр	Ед. изм	Si	Vi	1/Si	Wn	Vido	Qn	Wn.Qn
		1	2	3	4	5	6	7
pH		9	7,44	0,111111111	0,00056	8,5	-212	-0,11774
Растворенный кислород	мг/л	5	4,92	0,2	0,00100	14,5	100,8421053	0,10081
Проводимость* твердый	См/см	500	28600	0,002	0,00001	0	5720	0,05718
Всего Приостановлено	мг/л	200	19,5	0,005	0,00002	0	9,75	0,00024
Общая щелочность** (CaCO <sub>3</sub> )	мг/л	250	171,5	0,004	0,00002	0	68,6	0,00137
Мутность	НТУ	5	94,5	0,2	0,00100	0	1890 г.	1,88936
Жесткость*** (CaCO <sub>3</sub> )	мг CaCO <sub>3</sub> /л	20	94,5	0,05	0,00025	0	472,5	0,11808
Алюминий (Al)		0,012	0,017	83,33333333	0,41652	0	141 6666667	59,00765
Мышьяк (As)	мг/л	0,1	0,00365	10	0,04998	0	3,65	0,18244
Медь (Cu)	мг/л	0,2	0,01	5	0,02499	0	5	0,12496
Железо (Fe)	мг/л	0,01	0,011	100	0,49983	0	110	54,98124
Марганец (Mn)	мг/л	0,86	0,0288	1,162790698	0,00581	0	3,348837209	0,01946
			Σ1/Si	200,0682351	1,00	ΣWn*Qn/ΣWn		116,38
			K=1/Σ1/Si	0,004998295				
EM330	Устье Каморо (река без хвоста)							
Параметр	Ед. изм	Si	Vi	1/Si	Wn	Vido	Qn	Wn.Qn
		1	2	3	4	5	6	7
pH		9	7635	0,111111111	0,00056	8,5	-173	-0,09608
Растворенный кислород	мг/л	5	6335	0,2	0,00100	14,5	85,94736842	0,08592
Проводимость* твердый	См/см	500	30650	0,002	0,00001	0	6130	0,06128
Всего Приостановлено	мг/л	200	66	0,005	0,00002	0	33	0,00082
Общая щелочность** (CaCO <sub>3</sub> )	мг/л	250	102,5	0,004	0,00002	0	41	0,00082
Мутность	НТУ	5	17 335	0,2	0,00100	0	346,7	0,34658
Жесткость*** (CaCO <sub>3</sub> )	мг CaCO <sub>3</sub> /л	20	2865	0,05	0,00025	0	14325	3,58003
Алюминий (Al)	мг/л	0,012	0,0235	83,33333333	0,41652	0	195,8333333	81,56939
Мышьяк (As)	мг/л	0,1	0,01	10	0,04998	0	10	0,49983
Медь (Cu)	мг/л	0,2	0,002	5	0,02499	0	1	0,02499

Железо (Fe)	мг/л	0,01	0,04305	100	0,49983	0	430,5	215,17659
Марганец (Mn)	мг/л	0,86	0,0156	1,162790698	0,00581	0	1,813953488	0,010542644
			$\Sigma 1/Si$	200 068	1,00	$\Sigma Wn*Qn/\Sigma Wn$	301,27	
			$K=1/\Sigma 1/Si$	0,005				
EM275	Устье Типука (не хвостовая река)							
Параметр	Ед. изм	Si	Vi	1/Si	Wn	Vido	Qn	Wn.Qn
		1	2	3	4	5	6	7
pH		9	7,33	0,111111111	0,00056	8,5	-234	-0,12996
Растворенный кислород	мг/л	5	5405	0,2	0,00100	14,5	95,73684211	0,09570
Проводимость*	См/см	500	38035	0,002	0,00001	0	7607	0,07604
твердый Всего Приостановлено	мг/л	200	25,5	0,005	0,00002	0	12,75	0,00032
Общая щелочность** (CaCO <sub>3</sub> )	мг/л	250	107	0,004	0,00002	0	42,8	0,00086
Мутность	НТУ	5	2965	0,2	0,00100	0	59,3	0,05928
Жесткость*** (CaCO <sub>3</sub> )	мг CaCO <sub>3</sub> /л	20	4245	0,05	0,00025	0	21225	5,30444
Алюминий (Al)	мг/л	0,012	0,015	83,33333333	0,41652	0	125	52,06557
Мышьяк (As)	мг/л	0,1	0,01	10	0,04998	0	10	0,49983
Медь (Cu)	мг/л	0,2	0,00285	5	0,02499	0	1425	0,03561
Железо (Fe)	мг/л	0,01	0,0217	100	0,49983	0	217	108,46300
Марганец (Mn)	мг/л	0,86	0,0068	1,162790698	0,00581	0	0,790697674	0,00460
			$\Sigma 1/Si$	200 068	1,00	$\Sigma Wn*Qn/\Sigma Wn$	166,51	
			$K=1/\Sigma 1/Si$	0,005				
EM770	Устье Мавати (не хвостовая река)							
Параметр	Ед. изм	Si	Vi	1/Si	Wn	Vido	Qn	Wn.Qn
		1	2	3	4	5	6	7
pH		9	7,51	0,111111111	0,00056	8,5	-198	-0,10996
Растворенный кислород	мг/л	5	5425	0,2	0,00100	14,5	95,52631579	0,09549
Проводимость*	См/см	500	41995	0,002	0,00001	0	8399	0,08396
твердый Всего Приостановлено	мг/л	200	3,5	0,005	0,00002	0	1,75	0,00004
Общая щелочность** (CaCO <sub>3</sub> )	мг/л	250	103,5	0,004	0,00002	0	41,4	0,00083
Мутность	НТУ	5	1,06	0,2	0,00100	0	21,2	0,02119
Жесткость*** (CaCO <sub>3</sub> )	мг CaCO <sub>3</sub> /л	20	4880	0,05	0,00025	0	24400	6,09792
Алюминий (Al)	мг/л	0,012	0,0155	83,33333333	0,41652	0	129,1666667	53,80109
Мышьяк (As)	мг/л	0,1	0,01	10	0,04998	0	10	0,49983
Медь (Cu)	мг/л	0,2	0,0014	5	0,02499	0	0,7	0,01749
Железо (Fe)	мг/л	0,01	0,0055	100	0,49983	0	55	27,49062
Марганец (Mn)	мг/л	0,86	0,0062	1,162790698	0,00581	0	0,720930233	0,00419
			$\Sigma 1/Si$	200 068	1,00	$\Sigma Wn*Qn/\Sigma Wn$	88,02	
			$K=1/\Sigma 1/Si$	0,005				
EM870	Устье Отгаква (река без хвоста)							
Параметр	Ед. изм	Si	Vi	1/Si	Wn	Vido	Qn	Wn.Qn
		1	2	3	4	5	6	7
pH		9	7370	0,111	0,001	9	-226 000	-0,126
Растворенный кислород	мг/л	5	5070	0,200	0,001	15	99 263	0,099
Проводимость*	См/см	500	32 150 000	0,002	0,000	0	6430 000	0,064

твердый Всего Приостановлено	мг/л	200	10 500	0,005	0,000	0	5250	0,000
Общая щелочность** (CaCO <sub>3</sub> )	мг/л	250	101 000	0,004	0,000	0	40 400	0,001
Мутность	НТУ	5	1940	0,200	0,001	0	38 800	0,039
Жесткость*** (CaCO <sub>3</sub> )	мг CaCO <sub>3</sub> /л	20	3560 000	0,050	0,000	0	17800000	4448
Алюминий (Al)	мг/л	0,012	0,017	83 333	0,417	0	141 667	59 008
Мышьяк (As)	мг/л	0,1	0,010	10 000	0,050	0	10 000	0,500
Медь (Cu)	мг/л	0,2	0,003	5000	0,025	0	1525	0,038
Железо (Fe)	мг/л	0,01	0,010	100 000	0,500	0	98 000	48 983
Марганец (Mn)	мг/л	0,86	0,020	1163	0,006	0	2326	0,014
			$\Sigma 1/Si$	200 068	1,00	$\Sigma Wn * Qn / \Sigma Wn$		113,09
			$K=1/\Sigma 1/Si$	0,005				

Таблица М.4 – Результаты расчета воды завода Стандарт (Кэп-КаДМПТСП № 660.1/004/2019)

Параметр	Ед. изм	Si	Vi	1/Si	Wn	Vido	Qn	Wn.Qn
		1	2	3	4	5	6	7
pH		7,5	7,29	0,133	0,0346	7	58,00	2006
Всего взвешенных твердых частиц	мг/л	200	23,33	0,005	0,9223	0	11,67	10 761
Медь (Cu)	мг/л	2	0,00	0,5	0,0092	0	0,14	0,001
Кадмий (Cd)	мг/л	0,1	0,00	10	0,0005	0	1,00	0,000
Цинк (Zn)	мг/л	5	0,02	0,2	0,0231	0	0,32	0,007
Свинец (Pb)	мг/л	1	0,01	1	0,0046	0	0,50	0,002
Мышьяк (As)	мг/л	0,5	0,01	2	0,0023	0	1,00	0,002
Никель (Ni)	мг/л	0,5	0,00	2	0,0023	0	0,83	0,002
Хром (Cr)	мг/л	1	0,00	1	0,0046	0	0,10	0,000
Ртуть (рт.ст.)	мг/л	0,005	0,00	200	0,0000	0	6	0,000
			$\Sigma 1/Si$	216,84	1,00	$\Sigma W * Qn / \Sigma Wn$		12 783
			$K=1/\Sigma 1/Si$	0,0046				превосходно

Таблица М.5 – Результаты расчетов колодцев и скважин качества воды района МоАДА. (\*ГОСТ Р 58556-2019 и\*\*ГОСТ 2761-84)

L1W1	Колодец контроля подземных вод МоАДА							
Параметр	Ед. изм	Si	Vi	1/Si	Wn	Vido	Wn	Wn.Qn
pH*		7,5	6,44	0,13	0,0001	7	-112,00	-0,00742
Щелочность*	мг/л	7	77	0,14	0,0001	0	1100,00	0,07810
Мутность*	НТУ	1,5	1,2	0,67	0,0003	0	80,00	0,02651
Общее растворенное твердое вещество*	мг/л	1000	88	0,00	0,0000	0	8,80	0,00000
Жесткость****	мг/л	7	88	0,14	0,0001	0	1257,14	0,08926
нитрат*	мг/л	1	0,36	1,00	0,0005	0	36,00	0,01789
Нитриты*	мг/л	0,002	0,01	500,00	0,2485	0	500,00	124,25723
Сульфат (SO <sub>4</sub> )**	мг/л	500	3,11	0,00	0,0000	0	0,62	0,00000

Алюминий (Al)**	мг/л	0,5	0,005	2,00	0,0010	0	1,00	0,00099
Мышьяк (As)**	мг/л	0,05	0,002	20,00	0,0099	0	4,00	0,03976
Кадмий (Cd)**	мг/л	0,003	0,0002	333,33	0,1657	0	6,67	1,10451
Хром (Cr)**	мг/л	0,05	0,001	20,00	0,0099	0	2,00	0,01988
Медь (Cu)**	мг/л	1	0,001	1,00	0,0005	0	0,10	0,00005
Железо (Fe)**	мг/л	0,3	0,0034	3,33	0,0017	0	1,13	0,00188
Ртуть (рт. ст.) **	мг/л	0,001	0,0003	1000,00	0,4970	0	30,00	14,91087
Марганец (Mn)**	мг/л	0,1	0,0013	10,00	0,0050	0	1,30	0,00646
Свинец (Pb)**	мг/л	0,05	0,002	20,00	0,0099	0	4,00	0,03976
Селен (Se)**	мг/л	0,01	0,002	100,00	0,0497	0	20,00	0,99406
Цинк (Zn)**	мг/л	5	0,009	0,20	0,0001	0	0,18	0,00002
			$\Sigma 1/Si$	2011,96	1	7	$\Sigma Wn*Qn/\Sigma Wn$	141,57982
			$K=1/\Sigma 1/Si$	0,000497				
L1W2	Колодец контроля подземных вод MoADA							
Параметр	Ед. изм	Si	Vi	1/Si	Wn	Vido	Qn	Wn.Qn
pH*		7,5	6,78	0,13	0,0001	7	-44,00	-0,00292
Щелочность*	мг/л	7	91	0,14	0,0001	0	1300,00	0,09231
Мутность*	НТУ	1,5	0,09	0,67	0,0003	0	6,00	0,00199
Общее растворенное твердое вещество*	мг/л	1000	103	0,00	0,0000	0	10,30	0,00001
Жесткость****	мг/л	7	103	0,14	0,0001	0	1471,43	0,10448
нитрат*	мг/л	1	0,23	1,00	0,0005	0	23,00	0,01143
Нитриты*	мг/л	0,002	0,01	500,00	0,2485	0	500,00	124,25723
Сульфат (SO4)**	мг/л	500	3,2	0,00	0,0000	0	0,64	0,00000
Алюминий (Al)**	мг/л	0,5	0,005	2,00	0,0010	0	1,00	0,00099
Мышьяк (As)**	мг/л	0,05	0,002	20,00	0,0099	0	4,00	0,03976
Кадмий (Cd)**	мг/л	0,003	0,0002	333,33	0,1657	0	6,67	1,10451
Хром (Cr)**	мг/л	0,05	0,001	20,00	0,0099	0	2,00	0,01988
Медь (Cu)**	мг/л	1	0,001	1,00	0,0005	0	0,10	0,00005
Железо (Fe)**	мг/л	0,3	0,0025	3,33	0,0017	0	0,83	0,00138
Ртуть (рт. ст.) **	мг/л	0,001	0,0003	1000,00	0,4970	0	30,00	14,91087
Марганец (Mn)**	мг/л	0,1	0,0008	10,00	0,0050	0	0,80	0,00398
Свинец (Pb)**	мг/л	0,05	0,002	20,00	0,0099	0	4,00	0,03976
Селен (Se)**	мг/л	0,01	0,002	100,00	0,0497	0	20,00	0,99406
Цинк (Zn)**	мг/л	5	0,006	0,20	0,0001	0	0,12	0,00001
			$\Sigma 1/Si$	2011,9554	1,00		$\Sigma Wn*Qn/\Sigma Wn$	141,57977
			$K=1/\Sigma 1/Si$	0,000497				
L1W3B	Колодец контроля подземных вод MoADA							
Параметр	Ед. изм	Si	Vi	1/Si	Wn	Vido	Qn	Wn.Qn
pH*		7,5	6,8	0,13	0,0001	7	-40,00	-0,00265
Щелочность*	мг/л	7	78	0,14	0,0001	0	1114,29	0,07912
Мутность*	НТУ	1,5	0,41	0,67	0,0003	0	27,33	0,00906
Общее растворенное твердое вещество*	мг/л	1000	92	0,00	0,0000	0	9,20	0,00000
Жесткость****	мг/л	7	92	0,14	0,0001	0	1314,29	0,09332
нитрат*	мг/л	1	0,33	1,00	0,0005	0	33,00	0,01640
Нитриты*	мг/л	0,002	0,01	500,00	0,2485	0	500,00	124,25723
Сульфат (SO4)**	мг/л	500	2,99	0,00	0,0000	0	0,60	0,00000
Алюминий (Al)**	мг/л	0,5	0,005	2,00	0,0010	0	1,00	0,00099
Мышьяк (As)**	мг/л	0,05	0,002	20,00	0,0099	0	4,00	0,03976
Кадмий (Cd)**	мг/л	0,003	0,0002	333,33	0,1657	0	6,67	1,10451

Хром (Cr)**	мг/л	0,05	0,001	20,00	0,0099	0	2,00	0,01988
Медь (Cu)**	мг/л	1	0,001	1,00	0,0005	0	0,10	0,00005
Железо (Fe)**	мг/л	0,3	0,003	3,33	0,0017	0	1,00	0,00166
Ртуть (рт. ст.) **	мг/л	0,001	0,0003	1000,00	0,4970	0	30,00	14,91087
Марганец (Mn)**	мг/л	0,1	0,002	10,00	0,0050	0	2,00	0,00994
Свинец (Pb)**	мг/л	0,05	0,002	20,00	0,0099	0	4,00	0,03976
Селен (Se)**	мг/л	0,01	0,002	100,00	0,0497	0	20,00	0,99406
Цинк (Zn)**	мг/л	5	0,007	0,20	0,0001	0	0,14	0,00001
			$\Sigma 1/Si$	2011,9554	1,00	$\Sigma Wn*Qn/\Sigma Wn$		141,57398
			$K=1/\Sigma 1/Si$	0,000497				
L4W1	Колодец контроля подземных вод MoADA							
Параметр	Ед. изм	Si	Vi	1/Si	Wn	Vido	Qn	Wn.Qn
pH*		7,5	6,88	0,133	0,00007	7	-24,00	-0,00159
Щелочность*	мг/л	7	134	0,143	0,00007	0	1914,29	0,13592
Мутность*	НТУ	1,5	5,95	0,667	0,00033	0	396,67	0,13144
Общее растворенное твердое вещество*	мг/л	1000	149	0,001	0,00000	0	14,90	0,00001
Жесткость****	мг/л	7	149	0,143	0,00007	0	2128,57	0,15114
нитрат*	мг/л	1	0,01	1000	0,00050	0	1,00	0,00050
Нитриты*	мг/л	0,002	0,01	500 000	0,24851	0	500,00	124,25723
Сульфат (SO4)**	мг/л	500	6,09	0,002	0,00000	0	1,22	0,00000
Алюминий (Al)**	мг/л	0,5	0,005	2000	0,00099	0	1,00	0,00099
Мышьяк (As)**	мг/л	0,05	0,004	20 000	0,00994	0	8,00	0,07952
Кадмий (Cd)**	мг/л	0,003	0,0002	333 333	0,16568	0	6,67	1,10451
Хром (Cr)**	мг/л	0,05	0,001	20 000	0,00994	0	2,00	0,01988
Медь (Cu)**	мг/л	1	0,001	1000	0,00050	0	0,10	0,00005
Железо (Fe)**	мг/л	0,3	0,397	3333	0,00166	0	132,33	0,21924
Ртуть (рт. ст.) **	мг/л	0,001	0,0003	1000 000	0,49703	0	30,00	14,91087
Марганец (Mn)**	мг/л	0,1	0,359	10 000	0,00497	0	359,00	1,78433
Свинец (Pb)**	мг/л	0,05	0,002	20 000	0,00994	0	4,00	0,03976
Селен (Se)**	мг/л	0,01	0,002	100 000	0,04970	0	20,00	0,99406
Цинк (Zn)**	мг/л	5	0,007	0,200	0,00010	0	0,14	0,00001
			$\Sigma 1/Si$	2011,9554	1,00	$\Sigma Wn*Qn/\Sigma Wn$		143,82788
			$K=1/\Sigma 1/Si$	0,000497				
L4W3A	Колодец контроля подземных вод MoADA							
Параметр	Ед. изм	Si	Vi	1/Si	Wn	Vido	Qn	Wn.Qn
pH*		7,5	7,13	0,1333	0,0001	7	26	0,00172
Щелочность*	мг/л	7	143	0,1429	0,0001	0	2042,85714	0,14505
Мутность*	НТУ	1,5	5,04	0,6667	0,0003	0	336	0,11133
Общее растворенное твердое вещество*	мг/л	1000	183	0,0010	0,0000	0	18,3	0,00001
Жесткость****	мг/л	7	183	0,1429	0,0001	0	2614,28571	0,18563
нитрат*	мг/л	1	0,01	10000	0,0005	0	1	0,00050
Нитриты*	мг/л	0,002	0,01	500 0000	0,2485	0	500	124,25723
Сульфат (SO4)**	мг/л	500	16,1	0,0020	0,0000	0	3,22	0,00000
Алюминий (Al)**	мг/л	0,5	0,005	20000	0,0010	0	1	0,00099
Мышьяк (As)**	мг/л	0,05	0,005	20 0000	0,0099	0	10	0,09941
Кадмий (Cd)**	мг/л	0,003	0,0002	333 3333	0,1657	0	6,66666667	1,10451
Хром (Cr)**	мг/л	0,05	0,001	20 0000	0,0099	0	2	0,01988
Медь (Cu)**	мг/л	1	0,001	10000	0,0005	0	0,1	0,00005
Железо (Fe)**	мг/л	0,3	0,0129	3,3333	0,0017	0	4,3	0,00712
Ртуть (рт. ст.) **	мг/л	0,001	0,0003	1000 0000	0,4970	0	30	14,91087
Марганец (Mn)**	мг/л	0,1	0,487	10 0000	0,0050	0	487	2,42053

Свинец (Pb)**	мг/л	0,05	0,002	20 0000	0,0099	0	4	0,03976
Селен (Se)**	мг/л	0,01	0,002	100 0000	0,0497	0	20	0,99406
Цинк (Zn)**	мг/л	5	0,018	0,2000	0,0001	0	0,36	0,00004
			$\Sigma 1/Si$	2011,9554	1,00	$\Sigma Wn*Qn/\Sigma Wn$		144,29869
			$K=1/\Sigma 1/Si$	0,000497				
L4W3B	Колодец контроля подземных вод MoADA							
Параметр	Ед. изм	Si	Vi	1/Si	Wn	Vido	Qn	Wn.Qn
pH*		7,5	7,23	0,1333	0,0001	7	46	0,00305
Щелочность*	мг/л	7	259	0,1429	0,0001	0	3700	0,26272
Мутность*	НТУ	1,5	19,5	0,6667	0,0003	0	1300	0,43076
Общее растворенное твердое вещество*	мг/л	1000	329	0,0010	0,0000	0	32,9	0,00002
Жесткость****	мг/л	7	329	0,1429	0,0001	0	4700	0,33372
нитрат*	мг/л	1	0,07	10000	0,0005	0	7	0,00348
Нитриты*	мг/л	0,002	0,01	500 0000	0,2485	0	500	124,25723
Сульфат (SO4)**	мг/л	500	28,4	0,0020	0,0000	0	5,68	0,00001
Алюминий (Al)**	мг/л	0,5	0,005	20000	0,0010	0	1	0,00099
Мышьяк (As)**	мг/л	0,05	0,002	20 0000	0,0099	0	4	0,03976
Кадмий (Cd)**	мг/л	0,003	0,0002	333 3333	0,1657	0	6,66666667	1,10451
Хром (Cr)**	мг/л	0,05	0,001	20 0000	0,0099	0	2	0,01988
Медь (Cu)**	мг/л	1	0,015	10000	0,0005	0	1,5	0,00075
Железо (Fe)**	мг/л	0,3	0,019	3,3333	0,0017	0	6,33333333	0,01049
Ртуть (рт. ст.) **	мг/л	0,001	0,0003	1000 0000	0,4970	0	30	14,91087
Марганец (Mn)**	мг/л	0,1	0,318	10 0000	0,0050	0	318	1,58055
Свинец (Pb)**	мг/л	0,05	0,002	20 0000	0,0099	0	4	0,03976
Селен (Se)**	мг/л	0,01	0,002	100 0000	0,0497	0	20	0,99406
Цинк (Zn)**	мг/л	5	0,015	0,2000	0,0001	0	0,3	0,00003
			$\Sigma 1/Si$	2011,9554	1,00	$\Sigma Wn*Qn/\Sigma Wn$		143,99263
			$K=1/\Sigma 1/Si$	0,000497				
L6W1	Колодец контроля подземных вод MoADA							
Параметр	Ед. изм	Si	Vi	1/Si	Wn	Vido	Qn	Wn.Qn
pH*		7,5	7,65	0,13333	0,0001	7	130	0,00862
Щелочность*	мг/л	7	364	0,14286	0,0001	0	5200	0,36922
Мутность*	НТУ	1,5	2,86	0,66667	0,0003	0	190,666667	0,06318
Общее растворенное твердое вещество*	мг/л	1000	636	0,00100	0,0000	0	63,6	0,00003
Жесткость****	мг/л	7	609	0,14286	0,0001	0	8700	0,61774
нитрат*	мг/л	1	0,01	100000	0,0005	0	1	0,00050
Нитриты*	мг/л	0,002	0,04	500,00000	0,2485	0	2000 г.	497,02891
Сульфат (SO4)**	мг/л	500	168	0,00200	0,0000	0	33,6	0,00003
Алюминий (Al)**	мг/л	0,5	0,005	2,00000	0,0010	0	1	0,00099
Мышьяк (As)**	мг/л	0,05	0,002	20,00000	0,0099	0	4	0,03976
Кадмий (Cd)**	мг/л	0,003	0,0002	333,33333	0,1657	0	6,66666667	1,10451
Хром (Cr)**	мг/л	0,05	0,001	20,00000	0,0099	0	2	0,01988
Медь (Cu)**	мг/л	1	0,005	100000	0,0005	0	0,5	0,00025
Железо (Fe)**	мг/л	0,3	0,706	3,33333	0,0017	0	235,333333	0,38989
Ртуть (рт. ст.) **	мг/л	0,001	0,0003	1000,00000	0,4970	0	30	14,91087
Марганец (Mn)**	мг/л	0,1	2,15	10,00000	0,0050	0	2150	10,68612
Свинец (Pb)**	мг/л	0,05	0,002	20,00000	0,0099	0	4	0,03976
Селен (Se)**	мг/л	0,01	0,002	100,00000	0,0497	0	20	0,99406
Цинк (Zn)**	мг/л	5	0,002	0,20000	0,0001	0	0,04	0,00000
			$\Sigma 1/Si$	2011,9554	1,00	$\Sigma Wn*Qn/\Sigma Wn$		526,27433
			$K=1/\Sigma 1/Si$	0,000497				

L6W2A	Колодец контроля подземных вод MoADA							
Параметр	Ед. изм	Si	Vi	1/Si	Wn	Vido	Qn	Wn.Qn
pH*		7,5	7,62	0,13333	0,0001	7	124	0,00822
Щелочность*	мг/л	7	218	0,14286	0,0001	0	3114,28571	0,22113
Мутность*	НТУ	1,5	1,26	0,66667	0,0003	0	84	0,02783
Общее растворенное твердое вещество*	мг/л	1000	616	0,00100	0,0000	0	61,6	0,00003
Жесткость****	мг/л	7	553	0,14286	0,0001	0	7900	0,56093
нитрат*	мг/л	1	0,01	100000	0,0005	0	1	0,00050
Нитриты*	мг/л	0,002	0,01	500,00000	0,2485	0	500	124,25723
Сульфат (SO4)**	мг/л	500	243	0,00200	0,0000	0	48,6	0,00005
Алюминий (Al)**	мг/л	0,5	0,005	2,00000	0,0010	0	1	0,00099
Мышьяк (As)**	мг/л	0,05	0,002	20,00000	0,0099	0	4	0,03976
Кадмий (Cd)**	мг/л	0,003	0,0002	333,33333	0,1657	0	6,66666667	1,10451
Хром (Cr)**	мг/л	0,05	0,001	20,00000	0,0099	0	2	0,01988
Медь (Cu)**	мг/л	1	0,001	100000	0,0005	0	0,1	0,00005
Железо (Fe)**	мг/л	0,3	0,39	3,33333	0,0017	0	130	0,21538
Ртуть (рт. ст.)**	мг/л	0,001	0,0003	1000,00000	0,4970	0	30	14,91087
Марганец (Mn)**	мг/л	0,1	1,48	10,00000	0,0050	0	1480	7,35603
Свинец (Pb)**	мг/л	0,05	0,002	20,00000	0,0099	0	4	0,03976
Селен (Se)**	мг/л	0,01	0,002	100,00000	0,0497	0	20	0,99406
Цинк (Zn)**	мг/л	5	0,001	0,20000	0,0001	0	0,02	0,00000
			$\Sigma 1/Si$	2011,9554	1,00	$\Sigma Wn*Qn/\Sigma Wn$		149,75721
			$K=1/\Sigma 1/Si$	0,000497				
L6W2B	Колодец контроля подземных вод MoADA							
Параметр	Ед. изм	Si	Vi	1/Si	Wn	Vido	Qn	Wn.Qn
pH*		7,5	7,51	0,13333	0,0001	7	102	0,00676
Щелочность*	мг/л	7	528	0,14286	0,0001	0	7542,85714	0,53557
Мутность*	НТУ	1,5	90,8	0,66667	0,0003	0	6053,33333	2,00579
Общее растворенное твердое вещество*	мг/л	1000	597	0,00100	0,0000	0	59,7	0,00003
Жесткость****	мг/л	7	597	0,14286	0,0001	0	8528,57143	0,60556
нитрат*	мг/л	1	0,3	100000	0,0005	0	30	0,01491
Нитриты*	мг/л	0,002	0,61	500,00000	0,2485	0	30500	7579,69095
Сульфат (SO4)**	мг/л	500	10,8	0,00200	0,0000	0	2,16	0,00000
Алюминий (Al)**	мг/л	0,5	0,005	2,00000	0,0010	0	1	0,00099
Мышьяк (As)**	мг/л	0,05	0,07	20,00000	0,0099	0	140	1,39168
Кадмий (Cd)**	мг/л	0,003	0,0002	333,33333	0,1657	0	6,66666667	1,10451
Хром (Cr)**	мг/л	0,05	0,001	20,00000	0,0099	0	2	0,01988
Медь (Cu)**	мг/л	1	0,001	100000	0,0005	0	0,1	0,00005
Железо (Fe)**	мг/л	0,3	0,042	3,33333	0,0017	0	14	0,02319
Ртуть (рт. ст.)**	мг/л	0,001	0,0003	1000,00000	0,4970	0	30	14,91087
Марганец (Mn)**	мг/л	0,1	0,674	10,00000	0,0050	0	674	3,34997
Свинец (Pb)**	мг/л	0,05	0,002	20,00000	0,0099	0	4	0,03976
Селен (Se)**	мг/л	0,01	0,002	100,00000	0,0497	0	20	0,99406
Цинк (Zn)**	мг/л	5	0,003	0,20000	0,0001	0	0,06	0,00001
			$\Sigma 1/Si$	2011,9554	1,00	$\Sigma Wn*Qn/\Sigma Wn$		7604,69456
			$K=1/\Sigma 1/Si$	0,000497				
P323M	Колодец контроля подземных вод MoADA							
Параметр	Ед. изм	Si	Vi	1/Si	Wn	Vido	Qn	Wn.Qn
pH*		7,5	6,95	0,133	0,0001	7	-10	-0,00066
Щелочность*	мг/л	7	92	0,143	0,0001	0	1314,28571	0,09332
Мутность*	НТУ	1,5	5,57	0,667	0,0003	0	371,333333	0,12304

Общее растворенное твердое вещество*	мг/л	1000	1760	0,001	0,0000	0	176	0,00009
Жесткость****	мг/л	7	1200	0,143	0,0001	0	17142,8571	1,21721
нитрат*	мг/л	1	0,116	1000	0,0005	0	11,6	0,00577
Нитриты*	мг/л	0,002	0,011	500 000	0,2485	0	550	136,68295
Сульфат (SO4)**	мг/л	500	1060	0,002	0,0000	0	212	0,00021
Алюминий (Al)**	мг/л	0,5	0,021	2000	0,0010	0	4,2	0,00418
Мышьяк (As)**	мг/л	0,05	0,004	20 000	0,0099	0	8	0,07952
Кадмий (Cd)**	мг/л	0,003	0,0002	333 333	0,1657	0	6,66666667	1,10451
Хром (Cr)**	мг/л	0,05	0,001	20 000	0,0099	0	2	0,01988
Медь (Cu)**	мг/л	1	0,001	1000	0,0005	0	0,1	0,00005
Железо (Fe)**	мг/л	0,3	0,0279	3333	0,0017	0	9,3	0,01541
Ртуть (рт. ст.) **	мг/л	0,001	0,0003	1000 000	0,4970	0	30	14,91087
Марганец (Mn)**	мг/л	0,1	0,266	10 000	0,0050	0	266	1,32210
Свинец (Pb)**	мг/л	0,05	0,007	20 000	0,0099	0	14	0,13917
Селен (Se)**	мг/л	0,01	0,002	100 000	0,0497	0	20	0,99406
Цинк (Zn)**	мг/л	5	0,001	0,200	0,0001	0	0,02	0,00000
			$\Sigma 1/Si$	2011,9554	1,00	$\Sigma Wn*Qn/\Sigma Wn$		156,71167
			$K=1/\Sigma 1/Si$	0,000497				
ПЗ19Д2	Колодец контроля подземных вод MoADA							
Параметр	Ед. изм	Si	Vi	1/Si	Wn	Vido	Qn	Wn.Qn
pH*		7,5	7,45	0,133	0,0001	7	90,00	0,00596
Щелочность*	мг/л	7	67	0,143	0,0001	0	957,14	0,06796
Мутность*	НТУ	1,5	3,32	0,667	0,0003	0	221,33	0,07334
Общее растворенное твердое вещество*	мг/л	1000	1480	0,001	0,0000	0	148,00	0,00007
Жесткость****	мг/л	7	1220	0,143	0,0001	0	17428,57	1,23750
нитрат*	мг/л	1	0,01	1000	0,0005	0	1,00	0,00050
Нитриты*	мг/л	0,002	0,01	500 000	0,2485	0	500,00	124,25723
Сульфат (SO4)**	мг/л	500	958	0,002	0,0000	0	191,60	0,00019
Алюминий (Al)**	мг/л	0,5	0,011	2000	0,0010	0	2,20	0,00219
Мышьяк (As)**	мг/л	0,05	0,002	20 000	0,0099	0	4,00	0,03976
Кадмий (Cd)**	мг/л	0,003	0,0002	333 333	0,1657	0	6,67	1,10451
Хром (Cr)**	мг/л	0,05	0,001	20 000	0,0099	0	2,00	0,01988
Медь (Cu)**	мг/л	1	0,001	1000	0,0005	0	0,10	0,00005
Железо (Fe)**	мг/л	0,3	0,0074	3333	0,0017	0	2,47	0,00409
Ртуть (рт. ст.) **	мг/л	0,001	0,0003	1000 000	0,4970	0	30,00	14,91087
Марганец (Mn)**	мг/л	0,1	0,0699	10 000	0,0050	0	69,90	0,34742
Свинец (Pb)**	мг/л	0,05	0,002	20 000	0,0099	0	4,00	0,03976
Селен (Se)**	мг/л	0,01	0,002	100 000	0,0497	0	20,00	0,99406
Цинк (Zn)**	мг/л	5	0,001	0,200	0,0001	0	0,02	0,00000
			$\Sigma 1/Si$	2011,9554	1,00	$\Sigma Wn*Qn/\Sigma Wn$		143,10534
			$K=1/\Sigma 1/Si$	0,000497				
L7W2	Колодец контроля подземных вод MoADA							
Параметр	Ед. изм	Si	Vi	1/Si	Wn	Vido	Qn	Wn.Qn
pH*		7,5	6,23	0,1333	0,0001	7	-154,00	-0,01021
Щелочность*	мг/л	7	86	0,1429	0,0001	0	1228,57	0,08723
Мутность*	НТУ	1,5	274	0,6667	0,0003	0	18266,67	6,05271
Общее растворенное твердое вещество*	мг/л	1000	1640	0,0010	0,0000	0	164,00	0,00008
Жесткость****	мг/л	7	1140	0,1429	0,0001	0	16285,71	1,15635
нитрат*	мг/л	1	0,033	10000	0,0005	0	3,30	0,00164
Нитриты*	мг/л	0,002	0,002	500 0000	0,2485	0	100,00	24,85145



Сульфат (SO4)**	мг/л	500	1040	0,0020	0,0000	0	208,00	0,00021
Алюминий (Al)**	мг/л	0,5	0,005	20000	0,0010	0	1,00	0,00099
Мышьяк (As)**	мг/л	0,05	0,003	20 0000	0,0099	0	6,00	0,05964
Кадмий (Cd)**	мг/л	0,003	0,0002	333 3333	0,1657	0	6,67	1,10451
Хром (Cr)**	мг/л	0,05	0,001	20 0000	0,0099	0	2,00	0,01988
Медь (Cu)**	мг/л	1	0,001	10000	0,0005	0	0,10	0,00005
Железо (Fe)**	мг/л	0,3	46,7	3,3333	0,0017	0	15566,67	25,79028
Ртуть (рт. ст.) **	мг/л	0,001	0,0003	1000 0000	0,4970	0	30,00	14,91087
Марганец (Mn)**	мг/л	0,1	1,99	10 0000	0,0050	0	1990,00	9,89088
Свинец (Pb)**	мг/л	0,05	0,002	20 0000	0,0099	0	4,00	0,03976
Селен (Se)**	мг/л	0,01	0,002	100 0000	0,0497	0	20,00	0,99406
Цинк (Zn)**	мг/л	5	0,008	0,2000	0,0001	0	0,16	0,00002
				$\Sigma 1/Si$	2011,9554	1,00	$\Sigma Wn * Qn / \Sigma Wn$	84,95040
				$K=1/\Sigma 1/Si$	0,000497			
L7W3	Колодец контроля подземных вод MoADA							
Параметр	Ед. изм	Si	Vi	1/Si	Wn	Vido	Qn	Wn.Qn
pH*		7,5	6,35	0,13	0,00007	7	-130,0	-0,00862
Щелочность*	мг/л	7	99	0,14	0,00007	0	1414,3	0,10042
Мутность*	НТУ	1,5	317	0,67	0,00033	0	21133,3	7,00259
Общее растворенное твердое вещество*	мг/л	1000	1620	0,00	0,00000	0	162,0	0,00008
Жесткость****	мг/л	7	1150	0,14	0,00007	0	16428,6	1,16650
нитрат*	мг/л	1	0,017	1,00	0,00050	0	1,7	0,00084
Нитриты*	мг/л	0,002	0,002	500,00	0,24851	0	100,0	24,85145
Сульфат (SO4)**	мг/л	500	997	0,00	0,00000	0	199,4	0,00020
Алюминий (Al)**	мг/л	0,5	0,005	2,00	0,00099	0	1,0	0,00099
Мышьяк (As)**	мг/л	0,05	0,003	20,00	0,00994	0	6,0	0,05964
Кадмий (Cd)**	мг/л	0,003	0,0002	333,33	0,16568	0	6,7	1,10451
Хром (Cr)**	мг/л	0,05	0,001	20,00	0,00994	0	2,0	0,01988
Медь (Cu)**	мг/л	1	0,001	1,00	0,00050	0	0,1	0,00005
Железо (Fe)**	мг/л	0,3	48,2	3,33	0,00166	0	16066,7	26,61866
Ртуть (рт. ст.) **	мг/л	0,001	0,0003	1000,00	0,49703	0	30,0	14,91087
Марганец (Mn)**	мг/л	0,1	2,21	10,00	0,00497	0	2210,0	10,98434
Свинец (Pb)**	мг/л	0,05	0,002	20,00	0,00994	0	4,0	0,03976
Селен (Se)**	мг/л	0,01	0,002	100,00	0,04970	0	20,0	0,99406
Цинк (Zn)**	мг/л	5	0,004	0,20	0,00010	0	0,1	0,00001
				$\Sigma 1/Si$	2011,96	1,00	$\Sigma Wn * Qn / \Sigma Wn$	87,84623
				$K=1/\Sigma 1/Si$	0,000497			

Таблица М.6 – Результаты расчета качества воды в сообществе. Стандарт САНПИН 1.2.3685-21 и \*Европейское сообщество.

кWn	Колодцы с питьевой водой							
	Ед. изм	Si	Vi	1/Si	Wn	Vido	Qn	Wn.Qn
Параметр								
САНПИН 1.2.3685-21		1	2	3	4	5	6	7
pH (6 и 9)		7,5	6,04	0,1333	0,00004171	7	-192,0	-0,008
Щелочность *	мг/л	30	35	0,0333	0,00001043	0	116,7	0,001
Мутность	НТУ	1,5	0,14	0,6667	0,00020853	0	9,3	0,002

Общее растворенное твердое вещество	мг/л	1000	44	0,0010	0,00000031	0	4,4	0,000
Жесткость***	мг/л	7	32	0,1429	0,00004468	0	457,1	0,020
Цвет	ТКУ	20	3	0,0500	0,00001564	0	15,0	0,000
нитрат	мг/л	10	0,4	0,1000	0,00003128	0	4,0	0,000
нитрит	мг/л	1	0,01	10000	0,00031279	0	1,0	0,000
Сульфат (SO4)	мг/л	100	3,93	0,0100	0,00000313	0	3,9	0,000
Фтор	мг/л	0,2	0,02	50000	0,00156396	0	10,0	0,016
Алюминий (Al)	мг/л	0,5	0,005	20000	0,00062559	0	1,0	0,001
Мышьяк (As)	мг/л	0,05	0,002	20 0000	0,00625586	0	4,0	0,025
Кадмий (Cd)	мг/л	0,001	0,0002	1000 0000	0,31279287	0	20,0	6256
Хром (Cr)	мг/л	0,05	0,001	20 0000	0,00625586	0	2,0	0,013
Медь (Cu)	мг/л	1	0,007	10000	0,00031279	0	0,7	0,000
Железо (Fe)	мг/л	0,3	0,0291	3,3333	0,00104264	0	9,7	0,010
Ртуть (рт.ст.)	мг/л	0,0005	0,0003	2000,0000	0,62558573	0	60,0	37 535
Марганец (Mn)	мг/л	0,1	0,0015	10 0000	0,00312793	0	1,5	0,005
Свинец (Pb)	мг/л	0,03	0,002	33,3333	0,01042643	0	6,7	0,070
Селен (Se)	мг/л	0,01	0,002	100 0000	0,03127929	0	20,0	0,626
Цинк (Zn)	мг/л	5	0,01	0,2000	0,00006256	0	0,2	0,000
			$\Sigma 1/Si$	3197 0039	1,00	$\Sigma Wn * Qn / \Sigma Wn$	44,54	
			$K=1/\Sigma 1/Si$	0,00031				
КП	Колодцы с питьевой водой							
Параметр	Ед. изм	Si	Vi	1/Si	Wn	Vido	Qn	Wn.Qn
САНПИН 1.2.3685-21		1	2	3	4	5	6	7
pH		7,5	7,08	0,133	0,0000417	7	16	0,00
Щелочность *	мг/л	30	238	0,033	0,0000104	0	793,3	0,01
Мутность	НТУ	1,5	42,7	0,667	0,0002085	0	2846,7	0,59
Общее растворенное твердое вещество	мг/л	1000	316	0,001	0,0000003	0	31,6	0,00
Жесткость***	мг/л	7	309	0,143	0,0000447	0	4414,3	0,20
Цвет	ТКУ	20	3	0,050	0,0000156	0	15,0	0,00
нитрат	мг/л	10	0,36	0,100	0,0000313	0	3,6	0,00
нитрит	мг/л	1	0,47	1000	0,0003128	0	47,0	0,01
Сульфат (SO4)	мг/л	100	10,2	0,010	0,0000031	0	10,2	0,00
Фтор	мг/л	0,2	0,02	5000	0,0015640	0	10,0	0,02
Алюминий (Al)	мг/л	0,5	0,005	2000	0,0006256	0	1,0	0,00
Мышьяк (As)	мг/л	0,05	0,002	20 000	0,0062559	0	4,0	0,03
Кадмий (Cd)	мг/л	0,001	0,0002	1000 000	0,3127929	0	20,0	6,26
Хром (Cr)	мг/л	0,05	0,001	20 000	0,0062559	0	2,0	0,01
Медь (Cu)	мг/л	1	0,001	1000	0,0003128	0	0,1	0,00

Железо (Fe)	мг/л	0,3	2,08	3333	0,0010426	0	693,3	0,72
Ртуть (рт.ст.)	мг/л	0,0005	0,0003	2000 000	0,6255857	0	60,0	37,54
Марганец (Mn)	мг/л	0,1	0,599	10 000	0,0031279	0	599,0	1,87
Свинец (Pb)	мг/л	0,03	0,002	33 333	0,0104264	0	6,7	0,07
Селен (Se)	мг/л	0,01	0,002	100 000	0,0312793	0	20,0	0,63
Цинк (Zn)	мг/л	5	0,015	0,200	0,0000626	0	0,3	0,00
			$\Sigma 1/Si$	3197 0039	1,00	$\Sigma Wn * Qn / \Sigma Wn$	47,12	
			$K=1/\Sigma 1/Si$	0,00031				
кWn	Колодцы с питьевой водой							
Параметр	Ед. изм	Si	Vi	1/Si	Wn	Vido	Qn	Wn.Qn
САНПИН 1.2.3685-21		1	2	3	4	5	6	7,00
pH		7,5	6,02	0,13	0,00004171	7	-196,00	-0,01
Щелочность *	мг/л	30	36	0,03	0,00001043	0	120,00	0,00
Мутность	НТУ	1,5	0,31	0,67	0,00020853	0	20,67	0,00
Общее растворенное твердое вещество	мг/л	1000	51	0,00	0,00000031	0	5,10	0,00
Жесткость***	мг/л	7	35	0,14	0,00004468	0	500,00	0,02
Цвет	ТКУ	20	3	0,05	0,00001564	0	15,00	0,00
нитрат	мг/л	10	0,65	0,10	0,00003128	0	6,50	0,00
нитрит	мг/л	1	0,01	1,00	0,00031279	0	1,00	0,00
Сульфат (SO4)	мг/л	100	3,58	0,01	0,00000313	0	3,58	0,00
Фтор	мг/л	0,2	0,02	5,00	0,00156396	0	10,00	0,02
Алюминий (Al)	мг/л	0,5	0,005	2,00	0,00062559	0	1,00	0,00
Мышьяк (As)	мг/л	0,05	0,002	20,00	0,00625586	0	4,00	0,03
Кадмий (Cd)	мг/л	0,001	0,0002	1000,00	0,31279287	0	20,00	6,26
Хром (Cr)	мг/л	0,05	0,001	20,00	0,00625586	0	2,00	0,01
Медь (Cu)	мг/л	1	0,001	1,00	0,00031279	0	0,10	0,00
Железо (Fe)	мг/л	0,3	0,0347	3,33	0,00104264	0	11,57	0,01
Ртуть (рт.ст.)	мг/л	0,0005	0,0003	2000,00	0,62558573	0	60,00	37,54
Марганец (Mn)	мг/л	0,1	0,002	10,00	0,00312793	0	2,00	0,01
Свинец (Pb)	мг/л	0,03	0,002	33,33	0,01042643	0	6,67	0,07
Селен (Se)	мг/л	0,01	0,002	100,00	0,03127929	0	20,00	0,63
Цинк (Zn)	мг/л	5	0,023	0,20	0,00006256	0	0,46	0,00
			$\Sigma 1/Si$	3197 0039	1,00	$\Sigma Wn * Qn / \Sigma Wn$	44,54	
			$K=1/\Sigma 1/Si$	0,00031				
КП	Колодцы с питьевой водой							
Параметр	Ед. изм	Si	Vi	1/Si	Wn	Vido	Qn	Wn.Qn
САНПИН 1.2.3685-21		1	2	3	4	5	6	7
pH		7,5	6,32	0,1333	0,00004171	7	-136,00	-0,01

Щелочность *	мг/л	30	146	0,0333	0,00001043	0	486,67	0,01
Мутность	НТУ	1,5	0,17	0,6667	0,00020853	0	11,33	0,00
Общее растворенное твердое вещество	мг/л	1000	241	0,0010	0,00000031	0	24,10	0,00
Жесткость***	мг/л	7	199	0,1429	0,00004468	0	2842,86	0,13
Цвет	ТКУ	20	3	0,0500	0,00001564	0	15,00	0,00
нитрат	мг/л	10	0,01	0,1000	0,00003128	0	0,10	0,00
нитрит	мг/л	1	0,01	10000	0,00031279	0	1,00	0,00
Сульфат (SO4)	мг/л	100	29,8	0,0100	0,00000313	0	29,80	0,00
Фтор	мг/л	0,2	0,02	50000	0,00156396	0	10,00	0,02
Алюминий (Al)	мг/л	0,5	0,005	20000	0,00062559	0	1,00	0,00
Мышьяк (As)	мг/л	0,05	0,002	20 0000	0,00625586	0	4,00	0,03
Кадмий (Cd)	мг/л	0,001	0,0002	1000 0000	0,31279287	0	20,00	6,26
Хром (Cr)	мг/л	0,05	0,001	20 0000	0,00625586	0	2,00	0,01
Медь (Cu)	мг/л	1	0,001	10000	0,00031279	0	0,10	0,00
Железо (Fe)	мг/л	0,3	0,002	3,3333	0,00104264	0	0,67	0,00
Ртуть (рт.ст.)	мг/л	0,0005	0,0003	2000,0000	0,62558573	0	60,00	37,54
Марганец (Mn)	мг/л	0,1	0,0018	10 0000	0,00312793	0	1,80	0,01
Свинец (Pb)	мг/л	0,03	0,002	33,3333	0,01042643	0	6,67	0,07
Селен (Se)	мг/л	0,01	0,002	100 0000	0,03127929	0	20,00	0,63
Цинк (Zn)	мг/л	5	0,004	0,2000	0,00006256	0	0,08	0,00
				Σ1/Si	3197,00	1,00	ΣWn*Qn/ΣWn	44,53
				K=1/Σ1/Si	0,000313			

Таблица М.6 – Результаты расчета качества воды на Келапа (К5) и Пандан (П5)

К5	Ед. изм	Si	Vi	1/Si	Wn	Vido	Qn	Wn.Qn
Параметры		1	2	3	4	5	6	7
pH		9	7 546	0,1111	0,0005	8,5	-190,8406	-0,09825
Цинк (Zn)	мг/л	5	0,014	0,2000	0,0009	0	0,2710	0,00025
Мышьяк (As)	мг/л	0,5	0,003	20000	0,0093	0	0,6551	0,00607
Никель (Ni)	мг/л	0,5	0,001	20000	0,0093	0	0,2667	0,00247
Медь (Cu)	мг/л	2	0,013	0,5000	0,0023	0	0,6486	0,00150
Ртуть (рт.ст.)	мг/л	0,005	0,000	200 0000	0,9267	0	60000	5,56029
Свинец (Pb)	мг/л	1	0,003	10000	0,0046	0	0,2667	0,00124
Кадмий (Cd)	мг/л	0,1	0,000	10 0000	0,0463	0	0,3739	0,01733
Всего взвешенных твердых частиц	мг/л	200	4046 832	0,0050	0,0000	0	2023,4159	0,04687824
				Σ1/Si	215,82	1,00	ΣWn*Qn/ΣWn	24 000 23
				K=1/ Σ1/Si	0,0046			

		Si	Vi	1/Si	Wn	V0	Qn	Wn.Qn
P5		1	2	3	4	5	6	7
pH		7,5	7621	0,1333	0,0006	8,5	87,8615	0,05428
Цинк (Zn)	мг/л	5	0,014	0,2000	0,0009	0	0,2785	0,00026
Мышьяк (As)	мг/л	0,5	0,003	20000	0,0093	0	0,6492	0,00602
Никель (Ni)	мг/л	0,5	0,001	20000	0,0093	0	0,2831	0,00262
Медь (Cu)	мг/л	2	0,011	0,5000	0,0023	0	0,5723	0,00133
Ртуть (рт.ст.)	мг/л	0,005	0,000	200 0000	0,9266	0	60000	5,55972
Свинец (Pb)	мг/л	1	0,003	10000	0,0046	0	0,3234	0,00150
Кадмий (Cd)	мг/л	0,1	0,000	10 0000	0,0463	0	0,4446	0,02060
Всего взвешенных твердых частиц	мг/л	200	5664 774	0,0050	0,0000	0	2832 3869	0,06561
				$\Sigma 1/Si$	215,84	1,00	$\Sigma Wn * Qn / \Sigma Wn$	42,33939
				$K=1 / \Sigma 1/Si$	0,00463			

Результат расчета (P5 и K5) взят из средних данных по металлам за 2016-2021 гг. Экологической лаборатории