

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

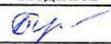
Инженерная школа природных ресурсов
 Направление подготовки: Природообустройство и водопользование
 Отделение геологии

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Факторы и пространственно-временные особенности развития оврагов на территории г. Барнаула

УДК 624.131.3:551.435.162(571.150-25)

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ВМ01	Бурнашева Ольга Валериевна		30.05.2022

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОГ	Строкова Л.А.	Д.Г.-М.Н. профессор		30.05.2022

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Рыжакина Т. Г.	канд.экон.наук		30.05.2022

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ООД	Сечин А.А.	К.Т.Н.		30.05.2022

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОГ	Савичев О.Г.	Д.Г.Н. профессор		01.06.2022

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

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП
 Савичев О.Г.
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

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

Студенту:

Группа	ФИО
2ВМ01	Бурнашева Ольга Валериевна

Тема работы:

Факторы и пространственно- временные особенности развития оврагов на территории г. Барнаула	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№17-17/с от 17.01.2022 года

Срок сдачи студентом выполненной работы:	до 01.06.2022 года
--	--------------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе</p> <p><i>(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.).</i></p>	<p>Объектом исследования является город Барнаул Алтайского края. Фактическим материалом для выполнения работы послужили фондовые материалы Алтайского края и космоснимки Landsat и SRTM (Shuttle Radar Topographic Mission), данные метеостанций за 10 лет.</p>
---	---

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов (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).</p>	<p>1) Современное состояние вопроса о проблемах овражной эрозии в городе Барнауле; 2) Особенности инженерно-геологических условий территорий; 3) Оценка факторов и пространственно-временных особенностей развития овражной эрозии на территории г. Барнаула; 4) Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение; 5) Социальная ответственность;</p>
<p>Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)</p>	<p>1) Карта рельефа; 2) Карта рельефа; 3) Карта экспозиции; 4) Карта кривизны склонов; 5) Карта среднегодовых осадков; 6) Карта буферных зон рек; 7) Геологическая карта; 8) Гидрогеологическая карта; 9) Карта геоморфологии; 10) Карта четвертичных отложений; 11) карта расстояний до тектонических разломов; 12) Карта индекса NDVA 13) Прогнозная карта восприимчивости</p>

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы (с указанием разделов)	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Доцент Рыжакина Т. Г.
Социальная ответственность	Доцент ООД, Сечин А. А.
Английский язык	Доцент ОИЯ, Болсуновская Л. М.

Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:
<p>Глава 1. Современное состояние вопроса о проблемах овражной эрозии в городе Барнауле Глава 2. Особенности инженерно-геологических условий территории Глава 3. Оценка факторов и пространственно-временных особенностей развития овражной эрозии на территории г. Барнаула Глава 4. Социальная ответственность Глава 5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение Приложение А: Анализ факторов, влияющих на образование овражной эрозии методом анализа иерархий / Analysis of factors influencing the formation of gully erosion by analytical hierarchical process, ANP</p>

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОГ	Строкова Л.А.	д.г.-м.н.		17.01.2022

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ВМ01	Бурнашева Ольга Валериевна		17.01.2022

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: магистр
 Отделение геологии

Период выполнения: (осенний / весенний семестр 2021 /2022 учебного года)

Форма представления работы:

Магистерская диссертация

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

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	до 01.06.2022 года
--	--------------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
01.02.2022	1) Анализ современного состояния вопроса о проблемах овражной эрозии в городе Барнауле	20
01.03.2022	2) Особенности инженерно-геологических условий территорий	20
01.04.2022	3) Оценка факторов и пространственно-временных особенностей развития овражной эрозии на территории г. Барнаула;	20
01.05.2022	4) Финансовый менеджмент, ресурсоэффективности и ресурсосбережение	20
01.05.2022	5) Социальная ответственность	20

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОГ	Строкова Л.А.	д.г.-м.н.		17.01.2022

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОГ	Савичев О.Г.	д.г.н.		17.01.2022

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

Студенту:

Группа	ФИО
2ВМ01	Бурнашевой Ольге Валериевне

Школа	ИШПР	Отделение школы	Отделение геологии
Уровень образования	магистратура	Направление	20.04.02. Природообустройство и водопользование

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

Факторы и пространственно-временные особенности развития оврагов на территории г. Барнаула	Работа с информацией, представленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах, статических бюллетенях и изданиях, нормативно-правовых документах.
--	---

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ, 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 заинтересованных сторон и их ожиданий.
3. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски	Составление календарного плана проекта. Определение бюджета НТИ.
4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности разработки	Проведение оценки экономической эффективности, ресурсоэффективности и сравнительной эффективности различных вариантов исполнения

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

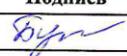
1. Сегментирование рынка
2. Оценка конкурентоспособности технических решений
3. Матрица SWOT
4. График проведения и бюджет проекта
5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности разработки

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Рыжакина Татьяна Гавриловна	Кандидат экономических наук		03.01.2022

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ВМ01	Бурнашева Ольга Валериевна		03.01.2022

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
2ВМ01	Бурнашева Ольга Валериевна

Школа	ИШПР	Отделение	геологии
Уровень образования	магистратура	Направление	Природообустройство и водопользование

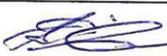
Тема ВКР:

Факторы и пространственно-временные особенности развития оврагов на территории г. Барнаула	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
<p>Введение</p> <ul style="list-style-type: none"> - Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения. - Описание рабочей зоны (рабочего места) при разработке проектного решения/при эксплуатации 	<p><i>Объект исследования</i> – Территория города Барнаула Алтайского края. <i>Рабочая зона</i> – аудитория для камеральной обработки результатов. <i>Размеры помещения</i> – рабочий кабинет площадью 42 м², I климатическом районе, подрайоне IV <i>Количество и наименование оборудования рабочей зоны</i> – 6 компьютеров, 2 МФУ, 1 плоттер, 1 сканер <i>Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне</i> - результаты данных работ используются для изучения инженерно – геологических условий района</p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<p>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при разработке проектного решения:</p> <ul style="list-style-type: none"> - специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; - организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<ul style="list-style-type: none"> - СП 116.13330.2012 (Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов. Основные положения) - РД 52.88.699-2008 (Положение о порядке действий учреждений и организаций при угрозе возникновения и возникновении опасных природных явлений) - ПБ 08-37-93 (Изменения и дополнения к Правилам безопасности при геологоразведочных работах) - Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 01.03.2022)
<p>2. Производственная безопасность при разработке проектного решения:</p> <p>2.1. Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов</p> <p>2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия</p>	<p>Анализ выявленных вредных факторов при проведении камеральных работ:</p> <ul style="list-style-type: none"> - отклонение параметров микроклимата в помещении; - недостаточная освещенность рабочей зоны; - нервно-психические перегрузки; - повышенное шумовое воздействие; <p>Опасные факторы - электрический ток</p> <p>Вредные факторы Расчёт: расчет системы вентиляции</p>

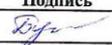
3. Экологическая безопасность при разработке проектного решения:	<ul style="list-style-type: none"> - Воздействие на селитебную зону - требований защиты к проектируемому зданию, технологическому процессу, оборудованию; - Воздействие на литосферу – отходы IV класса опасности; - Воздействие на гидросферу – очистка воды не предусмотрена; - Воздействие на атмосферу – источники загрязнений не выявлены
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при разработке проектного решения:	<p>Возможные ЧС – Пожар в помещении, теракт, землетрясение</p> <p>Наиболее типичные - пожар</p>

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Сечин Андрей Александрович	К.Т.Н.-		03.02.2022

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ВМ01	Бурнашева Ольга Валериевна		03.02.2022

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа магистра содержит 160 страниц, 20 рисунков, 47 таблиц, 51 источников, 14 листов графического материала.

Ключевые слова: овражная эрозия, предрасположенность, метод анализа иерархий, картографирование, инженерная геология, экзогенные геологические процессы, инженерно-геологическое районирование, цифровая модель рельефа, восприимчивость.

Объект исследования – инженерно-геологические условия города Барнаула, подверженность территории города овражной эрозии.

Цель исследования – изучение факторов и пространственно-временных особенностей развития оврагов на территории г. Барнаула.

Метод анализа иерархий заключается в изучение материалов инженерно-геологических изысканий, архивных фондовых материалов, в анализе спутниковых снимков Landsat 8 и снимков радиолокационной топографической миссии шаттла (SRTM), что позволяет на основе геоинформационной обработки получить прогнозную карту экзогенных геологических процессов, в частности возможное распространение овражной эрозии.

В работе проводился анализ инженерно-геологических и литературных данных, и также на основе данных метеостанций разработана карта среднегодовых осадков за 10 лет. Подсчитана сметная стоимость работы.

В работе изображения и материалы выполнены с помощью ГИС технологий, в программе ArcGIS версии 10.4.1, работа оформлена с помощью программы Microsoft Word 2016, таблицы рассчитаны в программе Microsoft Excel 2016.

ОГЛАВЛЕНИЕ

РЕФЕРАТ	8
ОГЛАВЛЕНИЕ	9
ВВЕДЕНИЕ.....	13
ГЛАВА 1. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРОЦЕССА ОБРАЖНОЙ ЭРОЗИИ В ГОРОДЕ БАРНАУЛЕ	15
1.1. Современное состояние процесса овражной эрозии.....	15
1.2. Изученность инженерно-геологических условий	17
ГЛАВА 2. ОСОБЕННОСТИ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ТЕРРИТОРИИ.....	20
2.1. Физико-географическая характеристика района	20
2.2. Геоморфология и рельеф.....	29
2.3. Геология	33
2.3.1. Стратиграфия.....	34
2.3.2. Тектоника.....	38
2.4. Гидрогеология	39
2.5. Современные экзогенные геологические процессы территории	42
2.6. Общая инженерно-геологическая характеристика района.....	43
ГЛАВА 3. ОЦЕНКА ФАКТОРОВ И ПРОСТРАНСТВЕННО- ВРЕМЕННЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ РАЗВИТИЯ ОБРАЖНОЙ ЭРОЗИИ НА ТЕРРИТОРИИ Г. БАРНАУЛА	46
3.1 Цели, задачи и эффективность изучения пространственно- временных особенностей развития овражной эрозии	46
3.2 Методика выполнения работ	47

3.3 Результаты	52
3.3.1. Подготовка слоев	52
3.3.2. Определение веса факторов	56
3.3.3. Построение и анализ карты восприимчивости	62
3.3.4. Выводы.....	63
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	65
ГЛАВА 4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ	66
4.1. Предпроектный анализ	67
4.1.1. Потенциальные потребители результатов исследования	67
4.1.2. Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	69
4.1.3. SWOT-анализ.....	72
4.1.4. Оценка готовности проекта к коммерциализации	75
4.1.5. Методы коммерциализации вашего проекта	76
4.2. Инициация проекта	77
4.2.1. Цели и результат проекта.....	77
4.2.2. Организационная структура проекта	79
4.2.3. Ограничения и допущения проекта	80
4.3. Планирование управления научно-техническим проектом	80
4.3.1 Иерархическая структура работ проекта.....	80
4.3.2. Контрольные события проекта	81
4.3.3. План проекта	82
4.3.4. Бюджет научного исследования	85
4.3.5. Организационная структура проекта	92

4.3.6. Матрица ответственности	93
4.3.7. План управления коммуникациями проекта.....	93
4.3.8. Реестр рисков проекта	94
4.4. Определение ресурсной, финансовой и экономической эффективности исследования	95
4.4.1. Оценка абсолютной эффективности исследования.....	95
4.4.2. Оценка сравнительной эффективности исследования.....	100
ГЛАВА 5. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ	105
5.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	106
5.1.1. Правовые нормы трудового законодательства	106
5.2. Производственная безопасность	107
5.2.1. Опасные факторы.....	108
5.2.2. Вредные факторы.....	108
5.2.3. Определение воздухообмена в жилых и общественных помещениях.	113
5.3. Экологическая безопасность	115
5.4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях	117
5.4.1. Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований	117
5.4.2. Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС	118
Выводы.....	119
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	121
Приложение Б Карта абсолютных отметок г. Барнаул.....	147

Приложение В Карта рельефа г Барнаула ранжированная.....	148
Приложение Г Карта уклонов г Барнаул	149
Приложение Д Карта экспозиции склонов г. Барнаул	150
Приложение Ж Карта кривизны склонов г. Барнаул	151
Приложение З Карта среднегодовых осадков г. Барнаул	152
Приложение К Карта расстояний до рек г. Барнаула.....	153
Приложение Л Геологическая карта города Барнаула.....	154
Приложение М Гидрогеологическая карта города Барнаула.....	155
Приложение Н Карта геоморфологии города Барнаула	156
Приложение П Карта четвертичных отложений города Барнаула	157
Приложение Р Карта тектонических разломов города Барнаула	158
Приложение С Карта вегетативного индекса NDVI	159
Приложение Т Карта предрасположенности к овражной эрозии г. Барнаул	160

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность работы:

В современном состоянии г. Барнаула прослеживается тенденция к увеличению численности населения и как следствие к увеличению застройки территории города. Строительство идет во всех направлениях, и даже в восточном направлении города, однако с восточного направления город ограничен рекой Обью. Для правильного распределения градостроительной деятельности и оценки земель, также для ведения сельского хозяйства, которое достаточно развито на территории города, необходим прогноз динамики, закономерности развития опасных геологических процессов, без чего невозможно качественное развитие территории. Овражная эрозия часто наносит ущерб сельскому хозяйству, а также приводит к разрушениям жилых домов и иногда, промышленных зданий. Наблюдение за развитием овражной эрозии в современных условиях возможно дистанционно, с помощью изучения спутниковых снимков с применением ГИС технологий.

Цель работы: – изучение факторов и пространственно-временных особенностей развития оврагов на территории г. Барнаула.

Задачи:

- Анализ отечественного и зарубежного опыта инженерно-геологического районирования (по литературным и фондовым источникам);
- Сбор, систематизация и анализ имеющихся территориальных геологических, гидрогеологических сведений, результатов инженерных изысканий;
- Определение факторов и пространственно-временных особенностей развития оврагов.
- Составление и оцифровка карт геологии, гидрогеологии, карты склонов и другие, сопутствующих карт для получения удобной и достоверной информации по отношению к образованию овражной эрозии на территории города;

- Получение прогнозной карты восприимчивости территории города к овражной эрозии с помощью ГИС технологий.

ГЛАВА 1. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРОЦЕССА ОВРАЖНОЙ ЭРОЗИИ В ГОРОДЕ БАРНАУЛЕ

1.1. Современное состояние процесса овражной эрозии

Оврагообразование – это современный образующий рельеф процесс, имеющий отрицательные линейные формы, возникновению которых способствуют временные русловые потоки.

Овраг — отрицательная, крутосклонная сильно разветвлённая форма рельефа [1], часто сильно разветвленная, образованная временными водными потоками, иногда постоянными.



Рисунок 1.1. Овраг в северо-восточной части г. Барнаула, фото В. Степанюк

Овраги чаще возникают на возвышенностях с крутыми склонами. Длительному оврагообразованию способствует засушливый климат, который позволяет оврагу дольше не выполаживаться, а находиться в «свежем» состоянии (рисунок 1.1.). Интенсивнее овраги развиваются в континентальном климате, чаще в степной и лесостепной зонах ландшафта. Благоприятными

условиями служат возвышенный и волнистый рельеф, глины, суглинки, лёссовые породы и наличие высоко расположенных грунтовых вод.

Развитие оврагов может начаться с уклона поверхности в 1° , на чаще и интенсивнее развитие овражной эрозии происходит с уклона поверхности от $5-10^\circ$. Овраги часто состоят из главной вершины оврагов, отвершков, бровки долины оврага, ложа оврага и конуса выноса.

Рост и развитие оврагов имеют четыре стадии.

Первая стадия – начало образования промоины небольшой глубины, в 30-50 см. Промоина имеет линейную форму. Первая стадия длится обычно 1-3 года.

Вторая стадия – образуется вершинный обрыв. Высота обрыва над дном – 2-10 м. Постепенно овраг углубляется, овраг «висит» над дном балки, устье его не подходит к уровню дна балки.

Третья стадия – вырабатывается профиль равновесия. Скорость стока воды уменьшаются, происходит накопление на дне оврага наносов. Овраг растёт в глубину, ширину и длину.

Четвёртая стадия – затухание оврагообразования. Дно перестаёт углубляться, зарастает растительностью и превращается в балку или ложбину.

Затухание оврагов очень длительный процесс в естественных условиях протекает 400-500 лет.

Оврагообразование достаточно широко распространено на территории города Барнаула, чаще всего развитие его происходит у левобережного склона реки Оби и немного меньше у склонов долины реки Барнаулки. На территории города в условиях данной местности развитию овражной эрозии способствуют факторы как:

- достаточно большая высота и крутизна склонов;
- северная, северо-восточная и восточная экспозиции склона левого берега Оби;
- достаточно значительные лёссовые отложения, которые во влажном состоянии легко подвергаются размыву временными водными потоками;

- быстрое снеготаяние весной с развитием бурного стока при наличии не оттаявшего грунта.

В городских условиях добавляются антропогенные воздействия:

- сбрасывание на склоны промышленных и бытовых отходов;
- утечки из коммуникаций воды;
- уничтожение дёрного покрова растительности при распашке и прокладке коммуникаций.

1.2. Изученность инженерно-геологических условий

Первое упоминание по изучению работ, относящихся к изучению геологии на территории Алтайского края, относят к 1792 г.

Первые упоминания о подземных водах приходятся на период 1925-1949г.г. при начале бурения скважин для водоснабжения и орошения.

В 1933 г. была опубликована работа П.А. Прохаславлева «Приобье Кулундинской степи», в работе впервые были описаны четвертичные отложения.

В 1934 г А.С. Егоровым произведена геологическая съёмка масштаба 1:200 000. Стратиграфически он выделил шесть террас р. Оби.

В годы 1950-1961 гг. на территории города работала Степная экспедиция геологическая провела геолого-гидрогеологическую съёмку, выпустив 4 отчета, геологическую съёмку ЦГСЗ масштаба 1: 200 000 – 1959-1961 г.г., и геологическую съёмку ВАГТ масштаба 1: 200 000.

В 1949-1954 г.г. партиями ЗСГУ велись геолого-гидрогеологические съёмки Кулундинской степи для проектирования орошения за счет подземных вод.

В 1958-1965 гг. ЗСГУ проводятся гидрогеологические съёмки Обь-Чумышского междуречья, Предалтайской равнины, Приобского плато.

В 1962 г проводились работы Западно-Сибирским геологическим управлением. Выпущен отчёт по геолого-гидрогеологической съёмке А.М. Малолетко, М.П. Беязевой, В.В. Артамохиной, авторами впервые изучены

континентальные отложения датского яруса. Ранее выделенная Краснодубровская свита разделена на четыре свиты: на касмалинскую, чумышскую, монастырскую, краснодубровскую.

В 1966 г изучаются глубокие горизонты Кулундинской степи, ведутся геолого-гидрогеологические исследования для решения проблемы водоснабжения.

В 1968 г авторами К.Н. Нешумаевой, В.В. Артамохиной, Г.М. Афанасьевым, Т.К. Никифоровой проводится оценка запасов вод мезозойско-кайнозойских отложений.

В 1969 г филиалом НРС ВСЕГЕИ при СНИИГГИМСе утверждена «Сводная легенда для Кулундинско-Барабинской серии листов геологической карты СССР масштаба 1: 200 000».

В 1971 г Алтайской гидрогеологической партией выпущен отчёт «Обзор подземных вод Алтайского края». Автор В.В. Артамохина.

В 1971 г выпущен «Отчет по специализированной гидрогеологической съемке масштаба 1:50 000 в условиях нарушенного режима с целью направления поисков и разведки вод для г. Новоалтайска и Власихинского узла. 1966-1970 гг.». Авторы отчета М.И. Рыжковский, Н.П. Букшань, А.Н. Коршунков.

Изученность экзогенных геологических процессов. На территории города Барнаула с прошлых времён до настоящего времени проводятся инженерно-геологические изыскания для строительства различных объектов и прокладки коммуникаций.

В 1955 г отделением Ленгипрокоммунстрой проводились работы по описанию овражной системы г. Барнаула.

В 1956 г приведена детальная характеристика всех оврагов на территории города.

С 1963 г инженерно-геологические изыскания проводились институтами «Алтайгражданпроект», «ПИ-2», с 1963 г Барнаульскими отделениями «КузбассТИСИз» и другими организациями.

В 1967 г Барнаульским отделением «АлтайТИСИЗ» составлена карта центральной части г. Барнаула, автор В. И. Афанасьева. Было выявлено четыре надпойменные террасы р. Оби., и три надпойменные террасы р. Барнаулки.

В 1973 г «АлтайТИСИЗ» была составлена инженерно-геологическая карта города масштабом 1: 10 000, автор В.С. Осьмушкин.

В 1988 г выпущена книга Черноусов С.И., Арефьев В.С., Осьмушкин В.С. и др. «Географические и инженерно-геологические условия степного Алтая».

В 2006 г. ОАО «АлтайТИСИЗ» составлена «Карта инженерно-геологических условий» и «Карта опасных геологических процессов» масштаба 1:10 000.

Большой вклад в современное развитие вопроса экзогенных геологических процессов внесли ученые Алтайского края, такие как А. Я. Швецов и В.С. Осьмушкин. Ими написано и издано большое количество статей и книг по изучению геологических процессов города Барнаула.

В 2020 г выпущена книга «Природные условия Барнаула», авторы А.Я. Швецов, Е.А. Горлов [2]

Автором рассмотрен Архив отчетов Барнаульской оползневой станции по стационарным наблюдениям за геодинамическими (оползневыми) процессами р. Оби в г. Барнауле [3].

Постоянный мониторинг оползневых процессов ведет Сибирский региональный центр ГМСН филиал ФГБУ «Гидроспецгеология»

В 2021 г опубликована научная статья автором Ракитиной Е. А. «Оценка развития овражной эрозии на территории Барнаульского округа» [4], в которой исследована овражная система городского округа, детально в северо-западной части. Работа выполнена с помощью программ ErdasImagine, QGIS и MapInfoProfessional и выполнено картирование.

ГЛАВА 2. ОСОБЕННОСТИ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ТЕРРИТОРИИ

2.1. Физико-географическая характеристика района

ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ И АДМИНИСТРАТИВНОЕ ПОЛОЖЕНИЕ

Город Барнаул является административным, промышленным и культурным центром Алтайского края. Это крупный железнодорожный и автомобильный узел, соединяющий Западную Сибирь с Казахстаном и Средней Азией. Находится в южной части Российской Федерации на юге Западной Сибири. Город расположен в лесостепной зоне на левом берегу реки Оби. Река огибает город с юго-восточной, восточной и северной стороны (рисунок 2.1.).



Рисунок 2.1. Карта расположения города Барнаула.

В географическом отношении район работ располагается на юге Западно-Сибирской низменности в пределах центральной части Кулундинской равнины.

Численность населения г Барнаула на 2022 г – 692 148 человек [5]. Основные национальности – русские – 93%, немцы – 2,1%, украинцы – 1,5% и другие национальности. Площадь городского округа 940 км², застроенная территория составляет 129 км² [2].

Из крупных городов ближе всего расположен г. Новосибирск на расстоянии 239 км, до Москвы город расположен на расстоянии 3419 км [11].

ЛАНДШАФТНЫЕ УСЛОВИЯ

Пойма Оби сравнительно низкая болотно-луговая, с разнотравно-злаковыми и осоково-злаковыми лугами на луговых и болотно-луговых аллювиальных почвах, в приречной части с ветлово-тополевыми зарослями на слоистых аллювиальных почвах.

Основным ландшафтом приобской левобережной части исследуемой территории является ландшафт пологоувалистого плато. Ландшафт песчаного ленточного бора расположен на дерново-слабоподзолистых почвах.

Незначительную площадь на изучаемой территории имеют элементарные природные луговые комплексы, приуроченные к логам и балочным долинам на террасированной поверхности долины Оби и Приобском плато, представляющие собой разнотравно-злаковые луга на луговых и болотно-луговых почвах [8, 9, 10].

ПОЧВА

На территории города почвы преимущественно черноземные. По составу малогумусные и среднегумусные, выщелоченные, мощностью 0,3 - 0,7 м. на основной территории города в северной его части – суглинистые, возле реки Барнаулки – песчаные. На территории города встречаются помимо чернозёмов дерново-подзолистые, серые лесные, лугово-чернозёмные, лугово-каштановые, болотные почвы.

Черноземы выщелоченные располагаются по вершинам и склонам широких увалов. По содержанию гумуса они среднегумусные (около 6%).

Серые лесные почвы представлены преимущественно темно-серыми. Они расположены на склонах, логах, пониженных участках с естественной

колючей растительностью. Содержание гумуса у них в горизонте "А" 4.9-6.1%.

Дерново-слабоподзолистые почвы простираются под сосновыми лесами на аллювиальных песках, преимущественно бесструктурные, содержание гумуса в горизонте "А" - 1-1.2%.

Долины рек - правых притоков Оби - занимают аллювиально-луговые, луговые, лугово-черноземные, а в пониженных участках - болотно-луговые и болотные почвы.

Приобское плато в пределах изучаемой территории входит в подзону черноземов обыкновенных, местами выщелоченных. Содержание гумуса в пахотном слое 5.3-7.3%, емкость поглощения - 33-44 мг-экв. Черноземы почти полностью распаханы.

Ленточный бор в пределах ложбины древнего стока располагается на дерново-слабоподзолистых почвах, аналогичных тем, что развиты под борами надпойменных террас р. Оби. Степень кислотности их несколько выше [9].

КЛИМАТ

Климат территории города соответствует центральной части и югу Западной Сибири. Воздушные массы, движущиеся с запада, задерживаются Уральским хребтом, с востока - Восточно-Сибирской возвышенностью. Основное движение воздушных масс происходит в северном и южном направлениях.

Климату характерны суровые и продолжительные зимы с ветреной и снежной погодой и, коротким, но жарким летом, с проливными дождями и грозами. Для Барнаула свойственно недостаточное увлажнение весной и обильное выпадение осадков в конце лета и осенью.

Зима продолжается 5-6 месяцев, с покрытием снежного покрова, которое начинается в ноябре и длится до конца марта.

Зима длится 5-6 месяцев, с ноября по март. Наиболее холодным месяцем года является январь. С декабря по февраль включительно, воздушные массы над территорией города сильно охлаждены, их температура не поднимается

выше минус 15,2°. Иногда выносы теплого воздуха с юга приводят к коротким потеплениям. В конце марта устойчивые морозы прекращаются, учащаются оттепели, начинается оседание и таяние снежного покрова [13].

Летом рассматриваемая территория находится под воздействием области пониженного давления, связанной с обширной континентальной азиатской термической депрессией. Морской воздух, поступающий с запада и севера, преобразуется в континентальный.

Осенью мощные вторжения холодного воздуха с севера - со стороны Баренцева и Карского морей, вызывают быстрое понижение температуры и наступление зимы.

Весной средняя суточная температура переходит 0° в апреле месяце, в двадцатых числах апреля переход среднесуточной температуры составляет 5°, а к 10 мая он составляет 10°.

Лето начинается с мая и длится до конца августа. Самый жаркий месяц – июль, но в последнее время самый жаркий месяц по средней температуре выпадает на август - +9,8° [11]. Наиболее теплый период с 1 июня по 28 августа.

Климат г. Барнаула резко-континентальный с максимальными летними температурами +38°C, минимальными зимними -52°C и продолжительностью безморозного периода 202 дней. Среднемноголетняя годовая температура от 2,3°C. В годовом ходе среднемноголетних месячных температур максимум отмечается в августе (+19,8°C), минимум - в январе (-16,4°C). Устойчивый переход среднемесячной температуры ниже 0°C приходится на конец октября - начало ноября, весенний переход температуры воздуха выше 0°C наблюдается в середине апреля [11]. Температурный график представлен на рисунке 2.2.

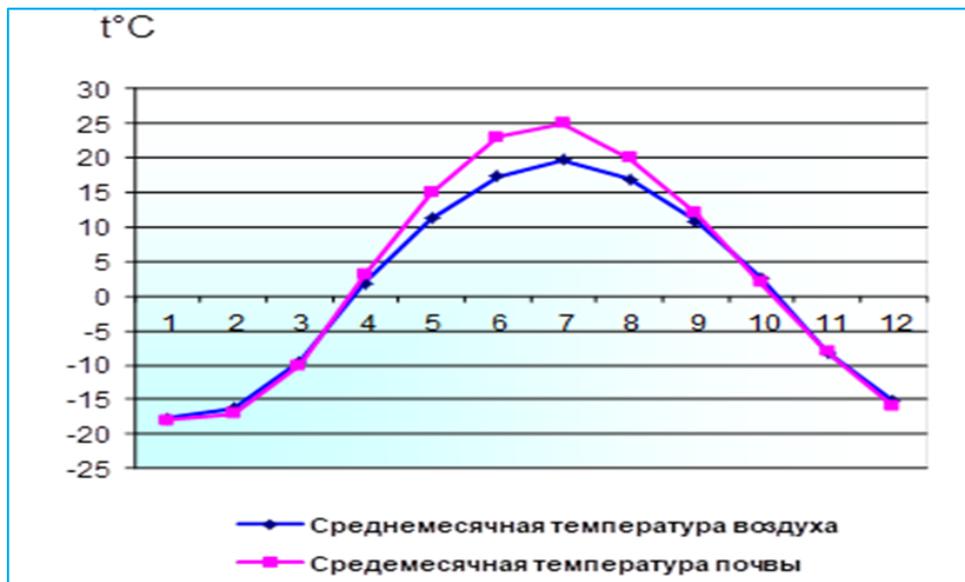


Рисунок 2.2. График среднемесячных температур воздуха и почвы г. Барнаула.

По количеству выпадающих осадков территория относится к зоне недостаточного увлажнения. В среднем за год выпадает 422 мм осадков, основная часть (297 мм) - в теплый период года с максимумом в июле (67 мм) [3]. Высота снежного покрова в среднем 35 см. Вес снежного покрова по III снеговому району 1,5 кН/м² Толщина стенки гололеда 10 мм (III гололедный район) согласно ПУЭ 7-ое издание – III район (толщина стенки 15 мм) [12].



Рисунок 2.3. График количества среднемесячных осадков г. Барнаул

Выпадение атмосферных осадков в городе неравномерно. Большая их часть 297 мм [11] выпадает в летне-осенний период. Часто летом проходят

ливни с грозами, иногда с градом. Большая часть приходится, начиная с июля и до октября месяца. Июнь обычно, засушливый. В зимнее время осадки выпадают в виде снега, иногда с метелями, количество 125 мм [11], наибольшее выпадение осадков в зимнее время приходится на декабрь месяц (рисунок 2.3.).

Снежный покров устанавливается через несколько дней перехода среднесуточной температуры через отметку в 0° , в среднем через 3-5 дней [13]. Величина снежного покрова в среднем составляет 35 см, на равнинной местности, доходит до 82 см, в районах с ложбинами и понижениями, снежные заносы достигают трёх и пяти метров.

Среднемноголетняя относительная влажность составляет 72%, в течение года минимальные значения отмечаются в мае, максимальные - в декабре.

По среднемноголетним наблюдениям за ветром в зимнее время преобладает юго-западное направление, в летнее – западное [11]. Скорость ветра в зимнее время 3,9 м/с, среднее 3,6 [9] (рисунки 2.4. и 2.5.). Из-за преобладания степного ландшафта, ветер наблюдается 200 дней в году, более ветреная погода наблюдается в осенний и весенний периоды.

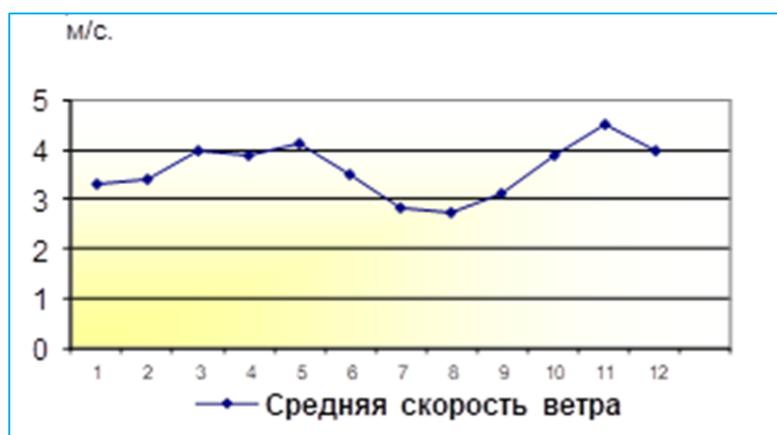


Рисунок 2.4. Средняя скорость ветра г. Барнаул

На рисунке отображен график направления ветра по среднегодовым значениям, метеостанция г. Барнаула, средняя скорость ветра в году 3,6 м/с.

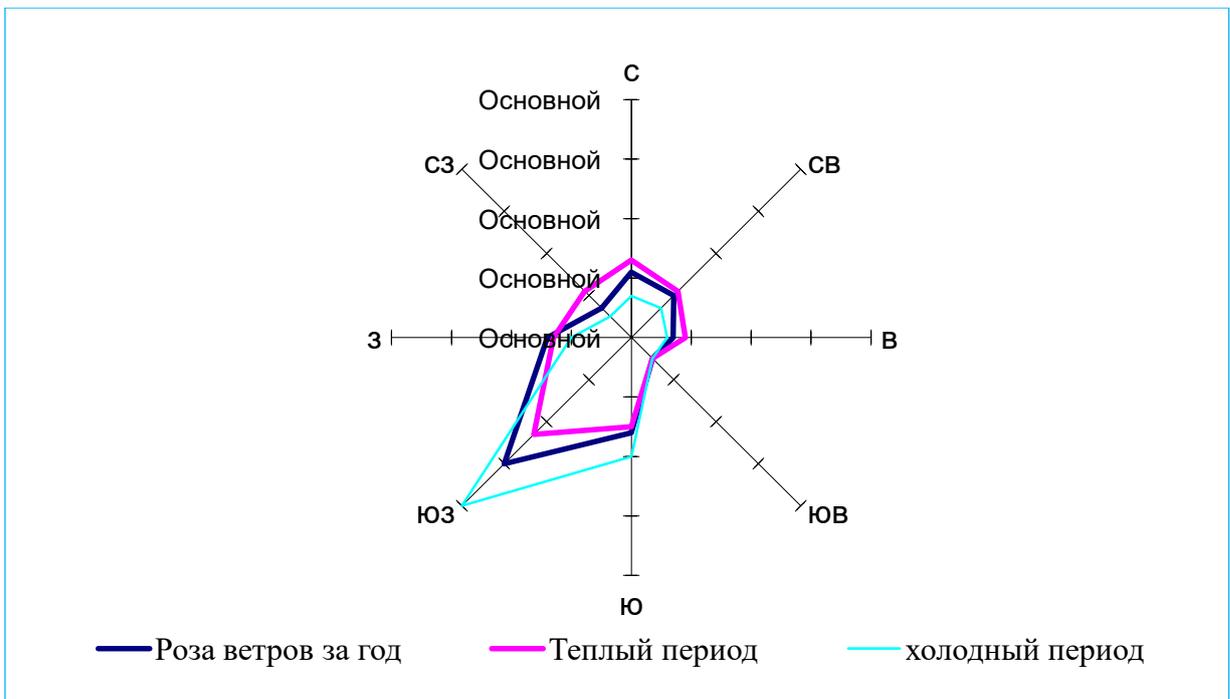


Рисунок 2.5. Роза ветров г. Барнаул

По количеству солнечной радиации Алтайский край считается наиболее благоприятным и солнечным. С апреля воздух начинает хорошо прогреваться.

Ниже представлен график суммарной солнечной радиации г. Барнаула, построенный на основе данных метеостанции [14].

Из графика видно, что суммарная солнечная радиация на горизонтальную поверхность при безоблачном небе в год составляет 6060 МДж/м².

Таблица 2.1. График суммарной солнечной радиации г. Барнаул

Q, суммарная солнечная радиация (прямая и рассеянная) на горизонтальную поверхность при безоблачном небе, МДж/м²	
Градус поверхности земли	53 градуса
январь	143
февраль	250
март	482
апрель	672
май	862
июнь	904
июль	886
август	724
сентябрь	521
октябрь	338

ноябрь	169
декабрь	109
ИТОГО:	6060

Температура почвенного режима разная, зависит от состава почв, увлажнённости и высоты снежного покрова. Промерзание почв происходит больше на выдуваемых участках, где меньше снега, на высотах почва промерзает в 2-3 раза больше, чем в понижениях, где большое скопление снега. Средняя годовая температура почвы 3°, самая низкая составляет минус 49°, самая высокая - 62°, наибольшее прогревание почвы в июле месяце, наименьшее в январе. Последние заморозки на почве наблюдались до 4 июня, осенью начало заморозков почвы 3 сентября, график изображен на рисунке 2.2. промерзание почвы в данной местности достигает в среднем, 1,6-1,8 м, максимальное промерзание 2 м.

Более подробная климатическая характеристика представлена в таблице 2.1.

Таблица 2.2. Основные климатические характеристики района изысканий

№ №	Характеристика климата	Ед.	Расчетн. .обеспечен.	Числен .значени е	Примечание
<i>n/n</i>		<i>изм.</i>			
1.	Абсолютный минимум температуры воздуха	°С		-52	м/ст. Барнаул
2.	Абсолютный максимум температуры воздуха	°С		38	- . -
3.	Температура воздуха наиболее холодных суток	°С	0.98 0.92	-44 -40	м/ст. Барнаул
4.	Температура воздуха наиболее холодной пятидневки	°С	0.98 0.92	-39 -36	- . -
5.	Температура воздуха при вскрытии реки	°С		0	м/ст. Барнаул
6.	Глубина промерзания грунта: - нормативная - максим. фактическая	см см		200 300	м/ст. Барнаул
7.	Суточный максимум осадков: - наблюдаемый - расчетный	мм мм	1%	66 67	- . -
8.	Средняя дата образования устойчивого снежного покрова	-		7.11	м/ст. Барнаул
9.	Средняя дата разрушения устойчивого снежного покрова	-		14.04	- . -
10.	Расчетная толщина снега см		5 %	82	открыт. м/ст. Барнаул
11.	Максимальная скорость ветра	м/с	5 %	28,5	м/ст. Барнаул
12.	Среднее число дней с гололедом	день		1	м/ст. Барнаул

Туманы. Повторяемость туманов в г. Барнауле относительно невелика — в среднем за год отмечается 18 дней с этим атмосферным явлением. В теплый период среднее число дней с туманом в месяц может колебаться от 0,3 в мае до 2,0 в сентябре.

Грозы. Грозы в исследуемом районе наблюдаются в основном в период с апреля по сентябрь. Среднее за месяц число дней с грозой на данный период изменяется от 0,03 до 10 суток. Максимальное среднемесячное и наибольшее число дней с грозами приходится на июль, и достигает 10 дней. Среднее количество дней в году с грозой составляет 28 дней.

Метели. Наблюдаются метели с октября по май. В среднем за год суммарная продолжительность дней с метелями составляет 47 суток. Наибольшее число дней с метелями наблюдается в период с ноября по март и варьируется от 14 до 22 суток.

Град. Выпадение града начинает отмечаться в апреле и продолжается по октябрь. Среднемесячное число дней с градом за этот период изменяется в пределах 0,05–0,7 сут. Среднее число дней с градом за год составляет 3 сут. Максимальное наблюденное число дней за год достигает восьми дней.

Гололедно-изморозевые образования. Из всех видов обледенения (гололед, зернистая и кристаллическая изморозь, отложения мокрого снега) наиболее опасен гололед — слой плотного (плотность 400–900 кг/м³) прозрачного или матового льда.

Гололед образуется в результате замерзания капель переохлажденного дождя или мороси. Кроме перечисленных простых видов обледенения, особо выделяют сложное (многослойное) отложение, образующееся при наложении одного вида обледенения на другой. Это обычно происходит при изменении характера атмосферных процессов и связанных с ними погодных условий.

Общим условием образования всех гололедно-изморозевых отложений является поступление теплого влажного воздуха на охлажденную поверхность.

В г. Барнауле обледенение наблюдается ежегодно в среднем с октября по март. В отдельные годы, однако, даты появления и разрушения гололедно-изморозевых отложений могут сдвигаться на начало октября и продолжаться вплоть до конца апреля.

Наиболее распространенные виды обледенения в г. Барнауле — кристаллическая изморозь и гололед. Так, среднее число дней с изморозью составляет 42 дней за сезон, с гололедом — 1, при наибольшем числе — 72 и 3 дня соответственно.

Нагрузки. Повторяемость годовых максимумов масс гололедно-изморозевых отложений с массой меньше 40 г/м – 87%, от 40 до 140 г/м – 13%.

Район расположен в IV климатической зоне, в 5 ливневом районе.

Температурная зона – IV. Расчётный зимний период 25 октября – 15 апреля (табл. 3 ГСНр-2001-02) [15].

Нормативное значение ветрового давления по III району (Табл. 11.1, карта 2 приложения Ж, СП 20.13330.2016) [12] – 0,38 кПа; согласно ПУЭ 7-ое издание – IV району (800Па).

Рассматриваемый участок изысканий по мощности снегового покрова согласно табл. 10.1, карта 1 приложения Ж СП 20.13330.2016 относится к IV району. Расчётное значение веса снегового покрова – 2.4 КПа.

Толщина стенки гололёда согласно табл. 12.1, карта 3 приложения Ж СП 20.13330.2016 для III района – не менее 10 мм; согласно ПУЭ 7-ое издание – III район (толщина стенки 15 мм).

Среднегодовая продолжительность гроз согласно ПУЭ 7-ое издание от 40 до 60 час [12].

Зона проектирования относится к I В району климатического районирования для строительства согласно СП 131.13330.2020.

2.2. Геоморфология и рельеф

В пределах территории г. Барнаула выделяется два наиболее крупных таксономических элемента рельефа: Приобское плато и долина р. Обь.

Приобское плато – это приподнятая слабонаклонная равнина с абсолютными отметками поверхности 200-260 м, расчлененная ложбиной древнего стока, простирающейся с юго-запада на северо-восток полосой шириной до 5 км и врезанной на глубину 20-50 м. По дну ложбины протекает русло реки Барнаулки. На Приобском плато расположились пологоволнистые увалы, служащие водоразделами. Поверхность плато имеет понижения и микрозападины. Плато поднимается над Обской долиной на высоту в 60-70 м, иногда достигая поднятия в 110 м. Склоны крутые, левый, примыкающий к руслу реки Оби берег имеет развитую овражную долинно-балочную сеть, глубина вреза достигает 30-40 м [7].

Основными рельефообразующими факторами являются линейная и боковая эрозия и склоновый смыв. Верховья крупных логов глубоко врезаны. Ширина логов изменяется в широких пределах от 100 до 1000 м, чаще всего 200-500 м, глубина 5-10 м, иногда до 20 м. Часто по днищу логов прослеживаются овраги с отвесными стенками. В устьях логов формируются конусы выносов. В средней и нижней части логов формируются поймы небольших речек шириной от 50 до 200 м [8].

Долина р. Обь представлена поймой и системой террас. Хорошо развитая пойма в правобережье р. Обь с отметками поверхности 130-140 м имеет ширину 8-12 км, изрезана протоками и старицами, осложнена заболоченными понижениями и прирусловыми валами.

Отметки террас Оби повышаются от 130 м (1-ая терраса) до 245 м (5-ая терраса). Поверхность террас имеет пологоволнистый и гривно-бугристый характер, расчленена долинами правых притоков р. Обь с глубиной вреза в среднем порядка 20 м [7].

Рельеф осложнён долинами рек Пивоварки, Сухого Лога, Власихи, ложбинами, оврагами. В долинах рек часто встречаются разветвлённые овражные системы.

Одна из наиболее крупных эрозивных форм рельефа – долина реки Пивоварки, её протяжённость составляет 11 км. Овраг Сухой Лог, протяженностью 8,8 км расположен в западной части города.

Левый берег Оби имеет большой крутизны склон (25-60°), подвержен оползневым процессам, и имеет разветвлённую овражную систему.

Долина р. Барнаулки сложена террасами. Она представлена поймой (50-200 м) и тремя надпойменными террасами. Приурочена к ложбине древнего стока. Три надпойменные террасы расположены в направлении к северо-западу и имеют высоты 137-185 м н. у. м. Занимает площадь города 935,5 га.

Первая надпойменная терраса р. Барнаулки находится на левом берегу., шириной 500-800 м. высота над уровнем моря 137-150 м. Поверхность ровная, слабонаклоненная к реке. На правом берегу расположена надпойменная терраса шириной 40-200 м.

Вторая надпойменная терраса находится только на левом берегу реки, её ширина 500-950 м. Высота над уровнем моря 150-170 м [2].

Третья надпойменная терраса расположена по обеим берегам р. Барнаулки, находится на высоте 170-185 м н. у. м, шириной 600-900 м [2].

Рельеф всех террас дюнно-грядовой. Работы по планировке города так же привели к сглаживанию рельефа, там, где встречались неровности. На сегодняшний день в долине реки Барнаулки рельеф антропогенный.

В левобережной части реки Оби пойма развита не везде, от д. Ерестной до первого речного водозабора, далее встречается в районе посёлка Ильича, и составляет ширину до 1,5 км, в районе золотоотвалов в северо-западной окраине города, ширина поймы до 4 км. На правом берегу Оби пойма тянется в ширину на 5 – 7 км. Высота поймы от 3-5 до 5-6 м над уровнем реки, высотой 132 – 135 м н. у. м.

На Приобском плато техногенно засыпаны множество оврагов. Трассирование склонов также антропогенного происхождения. Возле нового моста через реку Обь выполнено трассирование Обского склона и под железнодорожную выемку выполнено расширение оврага. Техногенные

воздействие наблюдается и в долине р. Оби возле золотоотвалов ТЭЦ-2 и ТЭЦ-3, которые образованы высотой 9-12 м и наполнены золотошлаковым материалом в 8-10 м.

Антропогенное воздействие на рельеф явно выражено и в различных дорожных насыпях, выемках, отсыпках на территории города.

Не смотря на вышеперечисленное, рельеф города благоприятен для застройки территории. Рельеф относительно ровный, а различные террасы позволяют создавать интересные архитектурные решения [2]

Гидрографическая сеть города представлена рекой Обь и ее притоками, наиболее крупными из которых являются реки: Барнаулка (левый) и Лосиха (правый).

К притокам второго порядка относятся реки Власиха, Пивоварка, Штабка, ручей Сухой Лог, и малые безымянные притоки 3-4 порядков.

Река Обь имеет русло шириной до 700 м и глубиной в межень до 5 м, скорость течения до 0,3 м/с. дно песчано-илистое, деформирующееся.

Основная фаза водного режима – весенне-летнее половодье, на долю которого приходится до 70% объема годового стока. Подъем уровня начинается в начале апреля и достигает максимальных значений в конце мая – первой-второй декадах июня. В конце июня – начале июля происходит медленный спад уровня воды, который продолжается до конца августа. В среднем раз в три года в период весенне-летних паводков происходит затопление поймы (уровень воды 500 см над «нулем» графика). Средний слой затопления 0,2-0,5 м, продолжительность стояния воды в пойме – 10-25 суток [7].

В районе города река Обь делает крутой изгиб, меняя свое направление с северного на западное, ограничивая город с востока и севера. К городской черте непосредственно примыкают 47,1 км русла Оби. Водный режим данного участка находится под влиянием гидрологических условий бассейна Верхней Оби и рассматривается с учетом формирования стока на вышележащих территориях.

2.3. Геология

Территория Алтайского края и г. Барнаула приурочена к северо-восточной части Кулундинской впадины. Город расположен на Приобском плато, долины рек Оби и Барнаулки. В геологическом строении его принимают участие рыхлые мезозойско-кайнозойские отложения и палеозойские породы, слагающие складчатый фундамент.

Распространение стратиграфических подразделений, выделенных в пределах четвертичной системы, показано на карте четвертичных отложений, рисунок 2.6.

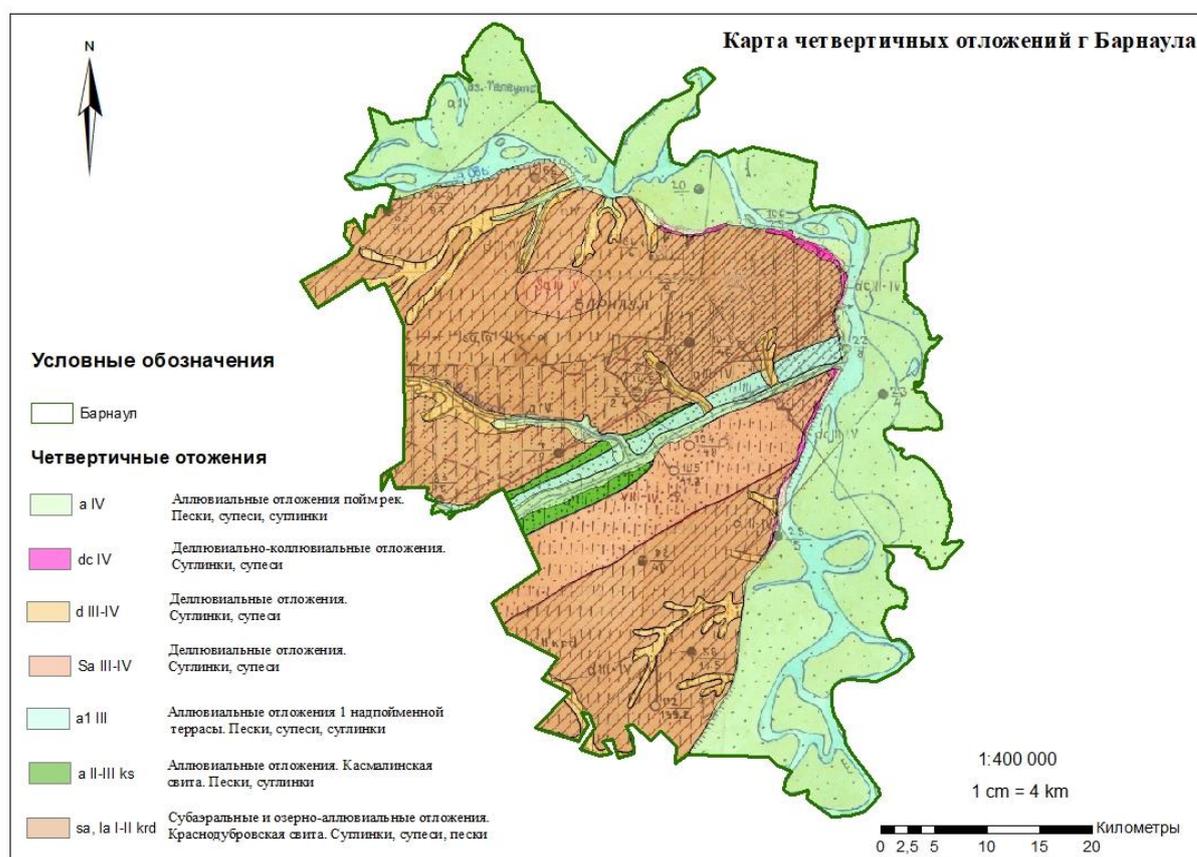


Рисунок 2.6. Оцифрованная карта четвертичных отложений с элементами геоморфологии Б.М. Квасов, Л.Д. Киселева, 1998 [9].

2.3.1. Стратиграфия



Рисунок 2.7. Оцифрованная геологическая карта, Л.Д. Киселева, В. Г. Бородавко 2004 [16].

В геологическом строении района главную роль играют кайнозойские отложения, которые залегают на сложнодислоцированных породах палеозоя, являющихся складчатым фундаментом. Рыхлый чехол сложен переслаивающейся толщей песчано-глинистых отложений палеогенового, неогенового и четвертичного возраста, палеозойский фундамент представлен относительно слабо трещиноватыми, в значительной степени метаморфизованными породами.

Стратификация согласована с серийными легендами Омско - Кулундинской подсерии Западно-Сибирской серии и Кузбасской серии Листов Геологической карты М 1:200 000, утвержденных в 1999г (рисунок 2.7.).

ПАЛЕОЗОЙСКАЯ ГРУППА (PZ)

Нерасчлененные палеозойские отложения. Представлены в различной степени метаморфизованными преимущественно осадочными отложениями: алевролитами, аргиллитами, песчаниками, реже отмечаются вулканогенные образования. Вскрытая мощность отложений 8-40 м. В верхней части породы разрушены до состояния глин, в нижней - трещиноватые, монолитные. Залегают палеозойские образования на глубине 304 м, представлены глинами коры выветривания [7].

КАЙНОЗОЙСКАЯ ГРУППА (KZ)

ПАЛЕОГЕНОВАЯ СИСТЕМА (P)

Палеоцен-олигоцен

Островновская свита - P_{g1-2os}. В черте города пользуется широким распространением. Залегает на отложениях палеозойского фундамента, представлена озерно-аллювиальными осадками - глины, пески с линзами супесей и лигнитов. Глубина залегания на рассматриваемом участке – 265 м.

В разрезе свиты песчаные и глинистые осадки распределены примерно в равных количествах. Глины выделяются в верхней (мощностью 8 м) и в средней (мощностью 10-15 м) частях свиты. Глины серовато-коричневые, коричневатые-белые, часто каолиновые, жирные. Мощность и состав песков по площади крайне неравномерен. Суммарная мощность песков составляет 25-40 м. Пески желтовато-серовато-белые, разнозернистые, кварцевые, гравелистые в подошве, каолинизированные, плохо окатанные [7].

Нижний олигоцен

Атлымская свита - P_{g3at}. В районе города пользуется повсеместным распространением. Залегает с размывом на отложениях островновской свиты, представлена озерно-аллювиальными осадками - пески с линзами супесей и лигнитов и глин. Глубина залегания кровли на рассматриваемом участке – 232 м.

Отложения свиты практически нацело сложены песками с прослоем глин в средней части свиты. На рассматриваемом участке мощность свиты

составляет 27 м, из них 22 м - пески зеленовато-серые, разнозернистые, преимущественно мелко-среднезернистые. Глины темно-серые, зеленовато-серые, алевритистые, мощностью до 5 м [7].

Новомихайловская свита - Pg_3 nm. В районе города пользуется широким распространением. Залегает на отложениях атлымской свиты, представлена озерно-болотными осадками – глины зеленовато-коричневые, зеленовато-серые, с большим количеством растительных остатков и лигнитов, с отдельными прослоями и линзами мелко-среднезернистых глинистых песков. Глубина залегания кровли на рассматриваемом участке – 217 м, мощность - 15 м. Свита нацело сложена глинами [7].

Верхний олигоцен – нижний миоцен

Батуровская свита - Pg_3-N_1bt . Пользуется повсеместным распространением. Залегает с размывом на отложениях новомихайловской свиты на глубинах 198 м. Мощность свиты составляет 19 м. В кровле свиты, как правило, залегает слой глин мощность которого изменяется от 1,5-6 м до 20-30 м. В основании свиты прослеживается пласт песков средней мощностью 7-12 м, при предельных колебаниях 3-28 м.

Глины серовато-зеленые, коричневатого-серые, песчано - алевритистые, редко жирные. Пески серые, преимущественно мелко-среднезернистые и мелкозернистые [7].

НЕОГЕНОВАЯ СИСТЕМА (N)

Средний – верхний миоцен

Таволжанская свита - N_1tv . В районе города пользуется повсеместным распространением. Залегает с размывом на отложениях батуровской свиты. Глубина залегания кровли отложений на рассматриваемом участке - 150 м.

Свита сложена песками и глинами при преобладании песков. Глины приурочены к верхней части разреза, пески - к подошве свиты. На рассматриваемом участке вскрытая мощность свиты составляет 46 м. Пески серые, преимущественно мелко-среднезернистые и мелкозернистые

суммарной мощностью 35 м. Глины зеленовато-серые, коричневатого-серые, алевритистые, иногда жирные суммарной мощностью 11 м [7].

Верхний миоцен – нижний плиоцен

Павлодарская свита - N_{1-2pv} . Распространена по всей площади описываемого района. Залегают с размывом на отложениях таволжанской свиты. Глубина залегания кровли отложений на рассматриваемом участке - 121 м.

Мощность свиты составляет 29 м. В разрезе свиты вскрываются один - два слоя песков. Верхний слой характеризуется линзовидным залеганием, мощность его составляет 2-4 м. Нижний слой развит в основании разреза, мощность его составляет 2-8 м. В целом в разрезе свиты глины преобладают.

Пески желтовато-серые, иногда зеленовато-серые, мелкозернистые, реже мелко-среднезернистые и тонко-мелкозернистые. Глины зеленовато-серые, буровато-серые, алевритистые [7].

ЧЕТВЕРТИЧНАЯ СИСТЕМА (Q)

Эоплейстоцен

Кочковская свита - $Q_{ЕК\check{c}}$. В районе города имеет повсеместное распространение. Залегают с размывом на отложениях павлодарской свиты на глубине 59 м. Генезис осадков свиты аллювиальный.

Свита имеет четко выраженное двухслойное строение. Верхняя часть свиты сложена глинами мощностью 26 м, нижняя - аллювиальными песками с маломощными линзовидными прослоями глин. Мощность песков преимущественно составляет 32 м.

Пески серые, зеленовато-серые, преимущественно мелко-среднезернистые. Глины серые, зеленовато-серые, алевритистые, карбонатные [7].

Нижний - средний неоплейстоцен

Краснодубровская свита - $Q_{1-II kd}$. Отложения краснодубровской свиты распространены повсеместно. Залегают на отложениях кочковской свиты и перекрываются верхнеоплейстоценовыми - голоценовыми субаэральными

отложениями. Мощность отложений свиты варьирует в широких пределах от 20 до 135 м. В верхней части свита сложена суглинками, в основании разреза обычно прослеживаются глины. Мощность глинистой пачки изменяется от 12 до 50 м, достигая иногда 80 м. Характерны частые линзообразные прослои песков, количество которых изменяется от 1 до 4, мощность их от 1-2 м до 12-16 м, сложены суглинками карбонатными, лессовидными. Глины песчано-алевритистые и алевритистые. Пески глинистые, мелкозернистые. [7].

Верхний неоплейстоцен-голоцен

Верхнеплейстоценовые-голоценовые субэральные отложения - aQ_{III-IV} . Распространены повсеместно, за исключением долины р. Оби и долин рек Барнаулки и Власихи. Залегают первыми от поверхности на отложениях красnodубровской свиты. Мощность отложений изменяется от 1-3 до 6-14 м. Литологически представлены буровато-серыми, буровато-желтыми суглинками лессовидного облика с линзами песков и супесей [7].

Голоцен

Аллювиальные отложения - aQ_{IV} . Литологически являются аллювиальными отложениями фациями – песками, суглинками и супесями. Мощностью от 5 м у бортов долины до 26 м в центральной ее части, составляя чаще 12-16 м. Преобладающее значение мощности песков 10-14 м.

Пески желтовато-серые, серые, от мелко до среднезернистых. Суглинки желтовато-серые, голубовато-серые, карбонатные [7].

2.3.2. Тектоника

В тектоническом отношении Приобское плато соответствует наиболее приподнятому блоку Барнаульской структурной террасы [17]. Неотектоническая ступенчатая впадина котировается четверичным периодом. Территория Алтайского края по структурно-тектоническому признаку относится к южной части Западно-Сибирской плиты Приобского плато. К положительным моноструктурам относятся Северные предгорья Алтая, юго-

западные предгорья Салаира, Приобское плато и Обь-Чумышское поднятие, а к отрицательным - Обская долина и Кулундинская низменность [18].

К положительным морфоструктурам относится и северная предгорная часть Алтая Рубцовой структурной террасы. Её возраст относится к позднему олигоцену. Рубцовская структурная терраса ранее отделилась от Алтайского свода и началось её погружение. Поднятие её началось в среднем плейстоцене и продолжается до настоящего времени.

Обь-Чумышская морфоструктура как положительная сформировалась в следствии понижения восточной части Бийской и Рубцовой террас.

В настоящее время Барнаульское Приобье испытывает интенсивное поднятие. Район г. Барнаула имеет поднятие в 5 мм в год, а район г. Новоалтайска – 7 мм в год относительно города Новосибирска. Характер взаимодействия плит соответствует поднятию Обь-Чумышского и Приобского плато и опусканию Обской долины, которая расположена между ними.

Погружение Кулундинской низменности началось с раннего мела и происходит до сегодняшнего дня. Современное положение сформировано в позднем плиоцене.

Отрицательная моноструктура второго порядка – долина реки Оби, появилась в результате тектонического движения плит и эрозионно-аккумулятивных процессов [18].

2.4. Гидрогеология

В гидрогеологическом отношении участок приурочен к восточной окраине Иртыш-Обского артезианского бассейна, входящего в состав сложного Западно-Сибирского артезианского бассейна. Артезианский бассейн имеет двухэтажное строение. К породам первого этажа приурочены трещинные воды, к породам второго этажа или кайнозойского чехла – подземные межпластовые воды.

Разгрузка первых от поверхности водоносных горизонтов в подошвах и на самих береговых склонах происходит в виде родников, пластовых выходов,

мочажин и заболоченностей. Основным источником питания грунтовых вод являются атмосферные осадки, а также утечки из подземных и наземных городских и, принадлежащих различным предприятиям, водопроводящих коммуникаций.

Гидрогеологические условия г. Барнаула характеризуется широким распространением верховодки. Глубина ее залегания колеблется от 0,5 до 3,0 м в пониженных участках рельефа и от 3,0 до 5,0 м на водоразделах и их склонах. Грунтовые воды встречаются с глубины от 10 до 20 м. Они приурочены к линзам и прослоям песков средне-верхнечетвертичной краснодубровской свиты. Воды преимущественно гидрокарбонатно-кальциевые и гидрокарбонатные кальциево-магниевые, пресные, минерализация до 1 мг/л.

В последнее время отмечается постоянное поднятие грунтовых вод на застроенной территории города.

Описание водоносных горизонтов и комплексов приводится в соответствии с гидрогеологической легендой, утверждённой на НРС ВСЕГИНГЕО (протокол №1 от 8.04.2002 г.) [19].

Водоносные горизонты

Подземные воды фундамента изучены слабо и практического интереса не представляют. Наиболее изучены подземные воды отложений чехла, суммарная мощность которого достигает 300 м. В разрезе чехла или верхнего яруса выделяется до 8 водоносных горизонтов, которые в региональном плане представляют единую гидравлически взаимосвязанную водонапорную систему (рисунок 2.8.).

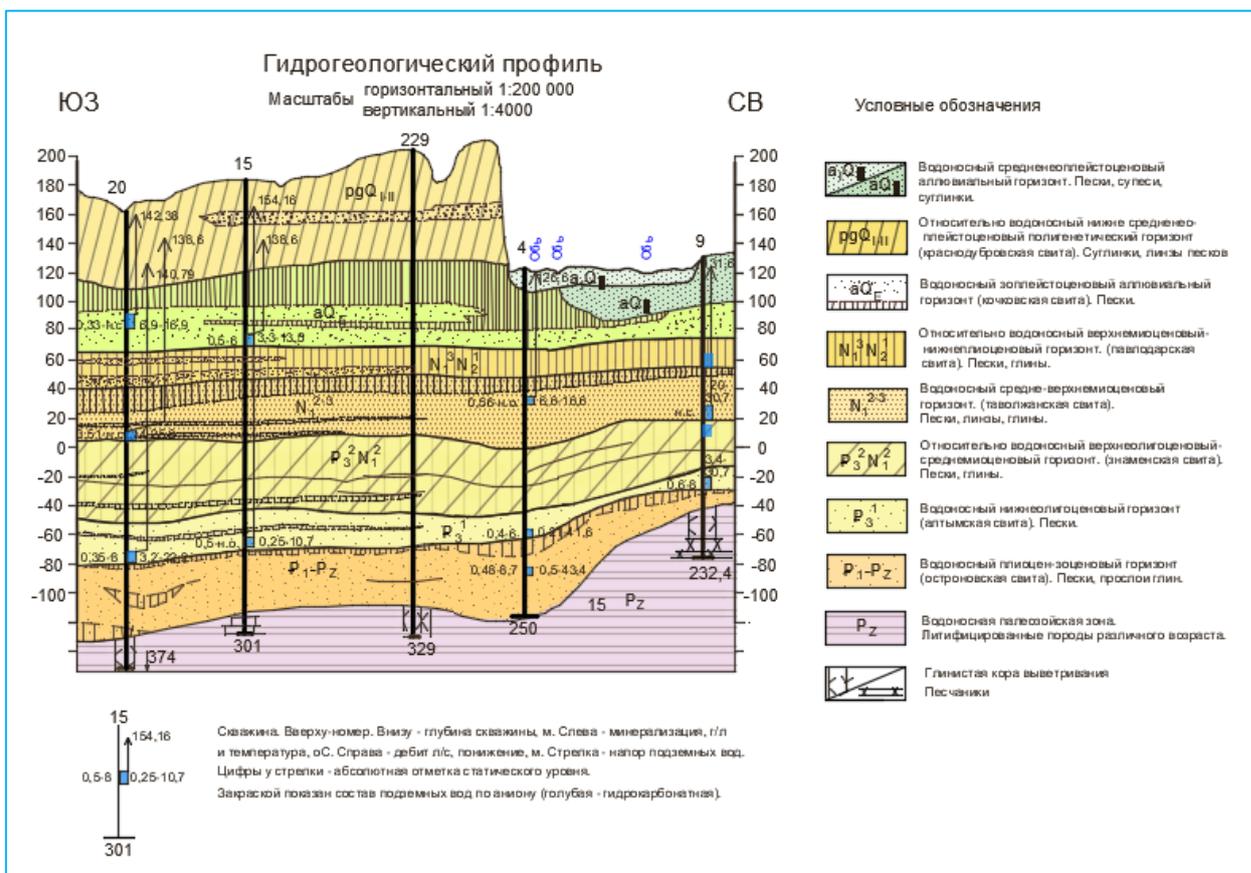


Рисунок 2.8. Гидрогеологический профиль г. Барнаул

В пределах г. Барнаула пользуются распространением следующие водоносные горизонты:

1. Водоносный средненеоплейстоценовый-голоценовый аллювиальный горизонт (четвертой, третьей, второй, первой надпойменных, пойменной террас) aQ_{II-IV} ($a_4Q_{II} - a_3Q_{III} - a_2Q_{III} - a_1Q_{III} - aQ_{IV}$).
2. Относительно водоносный ниже-средненеоплейстоценовый полигенетический горизонт (краснодубровской свиты) rqQ_{I-II} ($rqQ_{I-II}kd$).
3. Водоносный эоплейстоценовый аллювиальный горизонт (кочковской свиты) aQ_E ($aQ_Ek\check{c}$).
4. Относительно водоносный верхнемиоценовый-нижнеплиоценовый горизонт (павлодарской свиты) $N_1^3-N_2^1$ ($N_{1-2}pv$).
5. Водоносный средне-верхнемиоценовый горизонт (таволжанской свиты) N_1^{2-3} ($N_{1}tv$).

6. Относительно водоносный верхнеолигоценовый-среднемиоценовый горизонт (знаменской свиты) $Pg_3^2-N_1^2$ (Pg_3-N_1 zn).

7. Водоносный нижнеолигоценовый горизонт (атлымской свиты) Pg_3^1 (Pg_3at).

8. Водоносный палеоцен-эоценовый горизонт (островновской свиты) $Pg_1- Pg_2$ ($Pg_{1-2o\check{s}}$).

9. Водоносная палеозойская зона PZ [16].

2.5. Современные экзогенные геологические процессы территории

Экзогенные или опасные геологические процессы на территории города Барнаула достаточно развиты. В данной местности встречаются оползни, развита просадочность лёссовых пород, овражные эрозии, эрозии речные (выражены затоплением берегов), подтопления, эрозии плоскостные, суффозии, наводнения, подтопление территорий, морозное пучение грунтов и землетрясения.

По площади эти процессы занимают до 80%, особенно просадочные свойства лёссовых пород. Так как лёсс в определённых условиях влияет на развитие овражной эрозии, и образованию овражно-балочной системы.

По данным наблюдений овраги на территории города увеличиваются от нескольких сантиметров до метра в год, иногда до 12 м.

Рыхлое строение, высокая пористость лессовых пород (48–55 %) и сильная просадочность представляют серьезную проблему для оценки и проектирования оснований фундаментов зданий и различных сооружений, а также способствуют интенсивному развитию эрозионных процессов. По инженерно-геологическим показателям грунты преимущественно сильно- и среднепросадочные с коэффициентом относительной просадочности от 0,03 до 0,12 при давлении 0,3 МПа [3].

На развитие овражной эрозии, помимо свойств грунтов, оказываются внешние факторы, такие как осадки, их распределение, температура, глубина промерзания почвы, уровни грунтовых вод, подтопляемость участка, условия

рельефа местности, направление склона, общий климат, быстрое таяние снега при условии мерзлых грунтов, освещенность, отсутствие растительности, распаханность земель (отсутствие дёрна), тектонические движения плит и др.

2.6. Общая инженерно-геологическая характеристика района

Основной ландшафт г. Барнаула представлен пологоувалистым лесовым плато с богато-разнотравными степями на черноземах и поймой реки Оби. на болотно-луговых аллювиальных почвах.

Климат резко-континентальный, с недостаточным увлажнением, обильными осадками в летне-осенний период (рисунок 2.9.) и быстрым снеготаянием в весенний период. Глубина промерзания почвы 1,6 – 1,8 м, максимальная – 200 мм. Средняя толщина снежного покрова на равнине 46 см, максимально 82 см, максимальная толщина в ложбинах до 3 – 5 метров. Район расположен в IV климатической зоне, в 5 ливневом районе.

Рельеф Алтайского края сильно отличается при переходе от равнинной части к горным районам, поэтому инженерно-геологические условия разнообразны. Рельеф города Барнаула весьма выраженный, от 118 м до 259 м н. у. м. Приобское плато контрастно выступает над долиной реки Оби. Высота уступов 60-70 м, иногда до 110 м, склон обрывистый 25-60°, неустойчивый, подверженный оползневым процессам. По берегу развита густая овражно-балочная сеть. Приобское плато расчленено ложбиной древнего стока, в днище ложбины врезано русло р. Барнаулки. Водораздельные увалы имеют пологоволнистую поверхность, осложненную микрозадинами и понижениями.

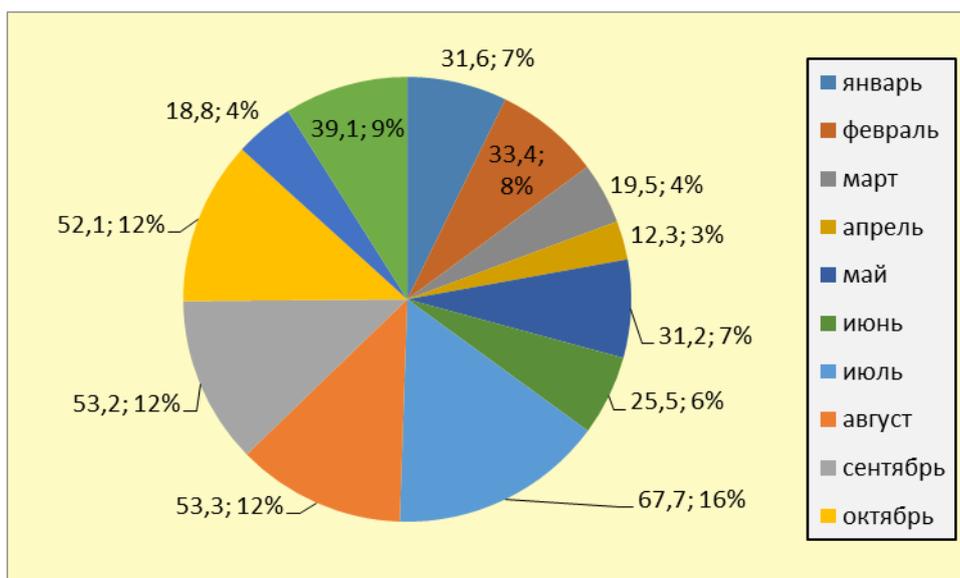


Рис. 2.9. Диаграмма распределения месячных суммарных величин осадков в г. Барнауле в 2020 году.

Рельеф осложнён эрозионными геоморфологическими структурами мелких и средних форм - долинами рек Пивоварки, Сухого Лога, Власихи, а также мелкими понижениями, типа «степных блюдец», ложбинами, оврагами. Экзогенные процессы добавляют в рельеф более мелкие наложенные формы.

Гидрографическая сеть рассматриваемой территории представлена рекой Обь и ее притоками, наиболее крупными из которых являются реки: Барнаулка (левый) и Лосиха (правый). К притокам второго порядка относятся реки Власиха, Пивоварка, Штабка, ручей Сухой Лог, и малые безымянные притоки 3-4 порядков.

Река Обь огибает город с двух сторон, общая протяженность 47,1 км русла, поэтому участок, примыкающий к руслу реки находится под непосредственным гидрологическим влиянием, что способствует образованию таких ЭГП как оползни, овражная эрозия, речная эрозия. Левый берег Оби находится под постоянным мониторингом, так как там идут интенсивные экзогенные геологические процессы. Устьевая часть реки Барнаулки также подвержена овражной эрозии, воды в ней в зимнее время не замерзают, из-за сброса в реку промышленных вод.

В геотектоническом отношении участок находится в северо-восточной части Кулундинской впадины, имеющей двухэтажное строение. Нижний этаж, или складчатый фундамент, сложен докембрийскими и нерасчленёнными палеозойскими породами, залегающими на глубинах 200-300 м. Верхний этаж, или платформенный чехол, представлен более молодыми, рыхлыми кайнозойскими отложениями. Наиболее древними породами, участвующими в процессах оползнеобразования в долинах рек Оби и Барнаулки, являются эоплейстоценовые отложения кочковской свиты.

Тектонически город расположен на трёх структурных террасах, Барнаульской, Бийской и Рубцовской., являющимися положительными моноструктурами. Река Обь протекает по крупному глубинному разлому, пойма Оби является отрицательной моноструктурой второго порядка (приложение Р).

Инженерно-гидрогеологические условия характеризуется обширным распространением верховодки. Залегает она неглубоко от поверхности, от 0,5 до 3,0 м в пониженных участках рельефа и от 3,0 до 5,0 м на водоразделах и их склонах. Грунтовые воды отмечаются на глубинах от 10 до 20 м. Наблюдается постепенное закономерное поднятие грунтовых вод на территории застроенной части города, что ухудшает инженерно-геологические условия как для застройки городской территории, так и приводит к возникновению временных стоков в виде разгрузки, приводящих иногда к появлению новых овражных процессов.

Вышеперечисленные факторы в совокупности влияют на развитие овражной эрозии, данные факторы рассматриваются для получения итоговой карты предрасположенности города Барнаула к развитию овражной эрозии.

ГЛАВА 3. ОЦЕНКА ФАКТОРОВ И ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ РАЗВИТИЯ ОВРАЖНОЙ ЭРОЗИИ НА ТЕРРИТОРИИ Г. БАРНАУЛА

3.1 Цели, задачи и эффективность изучения пространственно-временных особенностей развития овражной эрозии

В работе используются возможности использования космических снимков наблюдения, сопоставления их с картами геологической среды, рельефа, осадков и других карт, влияющими на оврагообразование факторами и с помощью программы ArcGIS решить поставленные *задачи*:

- изучить местоположение, климатические характеристики исследуемой области;

- наложить полученные космоснимки с оцифрованными картами на конкретные координаты на местности и получить нужные результаты;

- определить местоположение оврагов;

- с помощью методики analytical hierarchical process, АНР, получить прогнозную карту овражной эрозии г. Барнаула.

- получить точную характеристику и карты местности, на которые можно накладывать другие карты, в том числе и кадастровые, а также определять точное местоположение изучаемой территории в координатах.

Основная цель – изучение факторов и пространственно-временных особенностей развития оврагов на территории г. Барнаула.

Методы исследований. Прогноз возможного развития овражной эрозии выполнялся с использованием ГИС-технологий, с помощью которых можно проанализировать и обрабатывать различные данные в геологической среде. Исходными материалами взяты космоснимки USGS Earth Explorer высокого разрешения, фондовые карты и материалы по г Барнаулу и алтайскому краю. Для того, чтоб определить «вес» факторов, взят метод анализа иерархий (analytical hierarchical process, АНР).

Эффективность исследований достаточно высокая, при рассмотрении разработанных карт и сравнении их с овражными процессами, имеющимися на территории города Барнаула, получается чёткая закономерность. Зоны земель с наихудшими условиями попадают в зоны уже образованных экзогенных изменений.

Построенная карта с большой вероятностью (до 90%) позволяет не только определить имеющиеся овраги, но и спрогнозировать развитие овражных процессов.

Прогнозная карта развития экзогенных геологических процессов ранее не разрабатывалась.

Данная работа облегчит оценку земель как в организациях, занимающихся градостроительством, так и в организациях, занимающихся инженерными изысканиями, риэлтерских фирмах, что позволит облегчить и увеличить скорость работы этих организаций, также работа полезна для организаций, занимающихся мониторингом.

Данная методика позволяет исследовать любые территории Земли, где имеются материалы по спутниковым снимкам и изучены геологические и другие сопутствующие условия. Чем крупнее масштаб, тем более точно можно изучать и прогнозировать овражную эрозию и другие экзогенные геологические процессы. Особенно удобна точная привязка карты к координатам.

3.2 Методика выполнения работ

Построение карт восприимчивости опасных геологических процессов основано на опыте разработанных методик отечественных и зарубежных авторов с помощью ГИС-технологий [21-27, 47-51]. За последние годы опубликовано более 5400 работ, по разработке карт подверженности оползневым процессам и более 940 работ по данной методике составления карт районирования подверженности другим экзогенным процессам, таким, как суффозии, эрозии и т.д.

Сначала для построения карт подготавливаются тематические слои карт с определёнными факторами, которые могут привести к возникновению геологического процесса и предопределить интенсивность его развития. Далее определяется вес каждого фактора. Для определения веса факторов использовался метод анализа иерархий. Потом тематические карты умножаются на вес соответствующего фактора и соединяются в одну средствами наложения. Далее карта дифференцируется на категории с различной степенью восприимчивости в различной раскраске и проверяется.

Технология составления карт.

Для построения тематических карт использовались материалы Территориального фонда геологической информации Алтайского края и открытые источники:

1. На основе материалов Территориального фонда были подготовлены карты четвертичных отложений, гидрогеологии, созданные на основе карт 1998 г [9] и карт геоморфологии, тектоники, геологии на основе карт 2004 г [16] (Приложение П, М, Н, Р, Л).

2. Цифровая модель рельефа (ЦМР) получена из снимка SRTM (n53_e083_1arc_v3), снимки Landsat. Данные взяты с сайта USGS Earth Explorer [20] в открытом доступе. На основе ЦМР построены карты абсолютных отметок рельефа, экспозиции, угла склона, кривизны, направления стока и т. д. (Приложение Б, В, Г, Д, Ж).

3. На основе снимков Landsat построена карта индекса NDVI, взята в открытом доступе с сайта USGS Earth Explorer [20], также на основе спутниковых карт построена карта с расстоянием до рек (Приложение С, К).

4. Метеорологические данные взяты с открытых источников на сайте meteo.ru [14] за 2011-2021 гг. по 22 метеостанциям (Приложение З).

При построении всех карт за основу взята географическая проекция карт Asia Lambert Conformal Conic. Координаты метеостанций взяты в проекции Pulcovo 1995.

После подготовки и построения карт была определена значимость факторов. Так как значимость каждого фактора для оценки общей составляющей разная, в зависимости от определённых геологических, морфологических, региональных, техногенных и т.д. факторов, то целесообразно выполнить оценку каждого фактора. Данная работа выполнена с помощью теории нечетких множеств. Использовался метод анализа иерархий (analytical hierarchical process, АНР). Потом каждая тематическая карта умножается на вес соответствующего фактора и объединяется в одну карту восприимчивости к ЭГП путем средств наложения. Далее полученная карта классифицируется с классами высокой, средней и низкой степени восприимчивости к ЭГП. Выделяется от 3 до 5 классов по восприимчивости исследуемой области.

Ниже приведена схема, демонстрирующая алгоритм построения карт восприимчивости территории к развитию ЭГП (рисунок 3.1.).

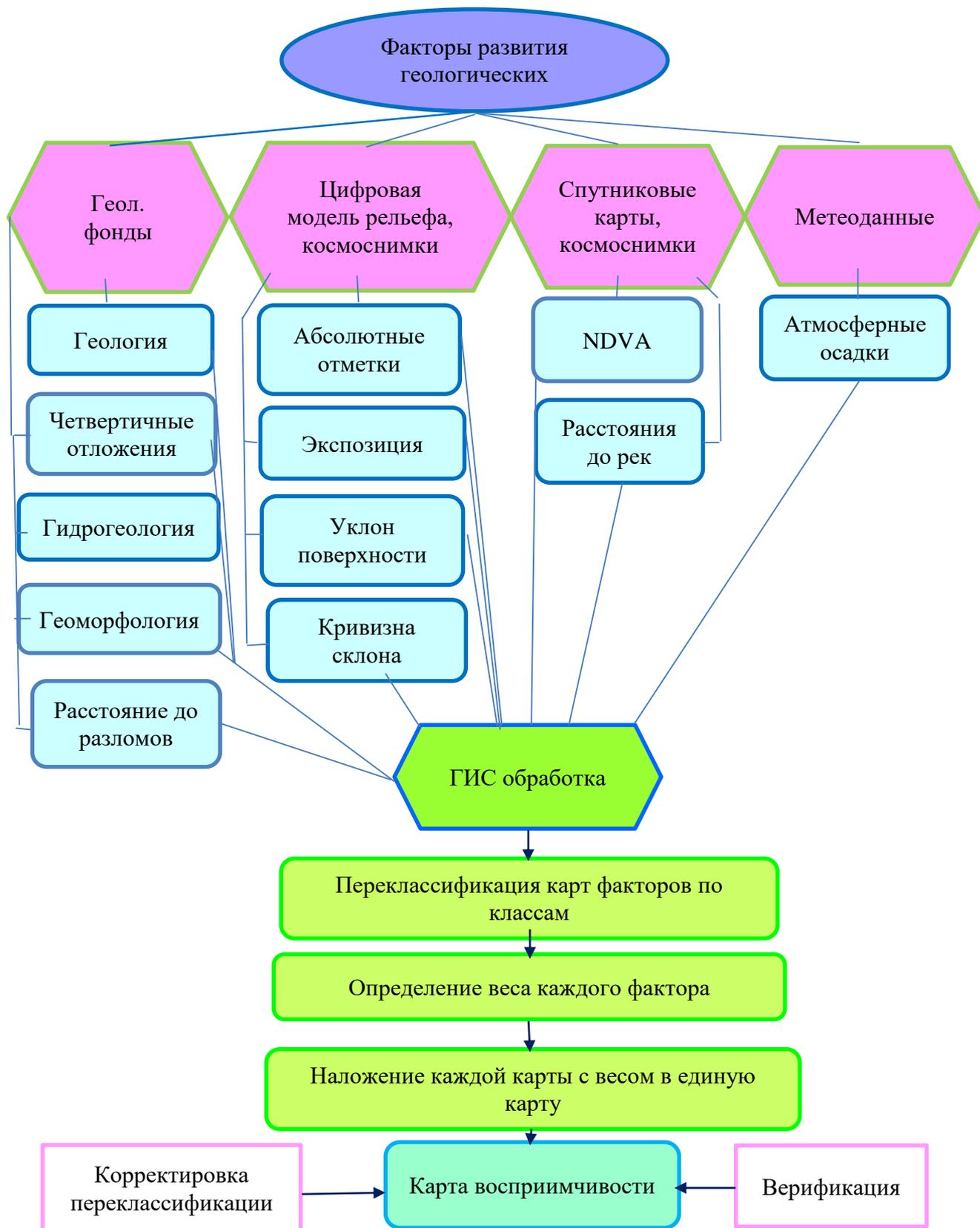


Рисунок 3.1. Алгоритм построения карт восприимчивости изучаемой территории к развитию ЭГП

Далее в таблице 3.1. приведена технология разработки различных тематических карт слоёв данных.

Таблица 3.1. Технология создания тематических карт слоёв данных

Тематический слой	Источник информации	Гис обработка	Применение
Геология	Фондовая литература Киселева Л.Д., Бородавко В.Г. г. Барнаул, 2004 г. М 1:200 000	Переклассификация	Стратифо-генетические комплексы и состав пород
Расстояние до разломов		Анализ близости, Буфер	Распределение разломов
Геоморфология		Переклассификация	Морфологический подтип рельефа
Гидрогеология	Фондовая литература Дым Р.М. г. Новокузнецк, 1998г М 1:200 000	Переклассификация	Водоносные горизонты и состав пород
Четвертичные образования	Фондовая литература Квасов Б.М., Киселёва Л.Д. г. Новокузнецк, 1998г М 1:200 000	Переклассификация	Стратифо-генетические комплексы и состав пород
Абсолютные отметки	ЦРМ Радиолокационная топографическая миссия шатла Shuttle Radar Topographic Mission - SRTM	Классификация ЦРМ, Изолиния	Характеристика рельефа
Экспозиция		Пространственный анализ, Экспозиция	
Уклон поверхности		Пространственный анализ, Кривизна	
Кривизна склона		Пространственный анализ, Кривизна	
Индекс NDVI	Спутниковые снимки LANDSAT	Калькулятор растра	Характеристики растительности, индекс отражения
Расстояние до рек	Спутниковая карта Open Street Map	Анализ близости, Буфер	Распределение рек
Атмосферные осадки	ВНИИГМИ-МЦД, aisori-m.meteo.ru	Пространственный анализ, Интерполяция, Кригинг	Распределение осадков

Метод анализа иерархий

С помощью АМР определяется иерархия целей, альтернатив и критериев. Изначально идёт попарное сравнение каждого частных значений на каждом уровне. Решение матрицы основано на методе предложенным Т. Л. Саати в 1970 г. Парные сравнения определяют по степени доминирования одного из критериев над другим. Критерий каждый определяется по 9 бальной шкале, в зависимости от значимости. Далее определяется приоритет каждого фактора с помощью вычисления нормализованного собственного вектора. После обработки матрицы суждения определяется согласованность данных. Допускается отношение согласованности не более 10%.

3.3 Результаты

3.3.1. Подготовка слоев

Для составления карты восприимчивости определяются факторы, влияющие на развитие овражной эрозии. Выбраны факторы: абсолютные отметки поверхности, уклон склона, кривизна, экспозиция, геология, расстояние до рек, геоморфология, четвертичные отложения, расстояние до тектонических разломов, гидрогеология, индекс NDVI, атмосферные осадки. Факторы включали определённое количество классов. Выбрано 12 факторов (слоев), внутри которых выделено 70 классов.

Далее были подготовлены тематические карты. Исходниками взяты карты с сайта USGS Earth Explorer снимки SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) для г. Барнаула и снимки Landsat, построена ЦРМ, и далее карты высот, направления стоков, кривизны, уклонов и т. д. На основе метеорологических данных построена карта атмосферных осадков. Построены карты с помощью «ArcGIS 10.4.1»; карта геологических, условий, геоморфологии, составленные Л.Д. Киселева, В.Г. Бородавко [16], карта четвертичных отложений 1:200 000 составленная Б.М. Квасовым и Л.Д. Киселёвым, ими же составленные карты геоморфологии, тектоники, карта экзогенных геологических процессов, созданная В.Ф. Симонова [9], дополненная личными наблюдениями, гидрогеологическая карта составлена Р.М. Дымом [9]. Привязка карт была произведена по рекам Оби, Барнаулке, Власихе, Пивоварке, Швабке Большой и Малой Черемшанке, Кислухе, Повалихе, Бобровке и др.

Абсолютные отметки поверхности получены с ЦРМ путём классификации растра SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) (Приложение Б, В).

Уклон поверхности является ведущей характеристикой при оценке овражной эрозии. Отношение уклона прямо пропорционально интенсивности эрозионных процессов, так как чем выше склон, тем интенсивнее сток и

меньше проникновения влаги в почву. Чем больше уклон, тем больше напряжение сдвига в рыхлых грунтах. Увеличение эрозионных процессов растёт с увеличением уклона. Количество солнечной энергии тоже зависит от уклона, меняется угол падения на землю. Мощность почвенного покрова также меняется в зависимости от уклона и высоты склона (Приложение Г).

Экспозиция. Это угол, направленный по часовой стреле, начиная с севера, который проецируется на горизонтальную поверхность земли. Фиксируется направление максимального уклона. Направление стока или экспозиция поверхности определяют движение воды под воздействием силы тяжести по направлению экспозиции. Экспозиция определяет ориентацию поверхности по отношению к углу падения солнечного света и инсоляции. На территории Алтайского края и г Барнаула южные склоны прогреваются больше, чем северные и северо-восточные и, следовательно, южные склоны более сухие. Получается, что северные, северо-западные, западные склоны более подвержены для развития овражной эрозии (Приложение Д).

Кривизна склона. Значение кривизны склонов определяется по ЦМР на основе производной второго порядка. Уклон и экспозиция характеризуют градиент поверхности, а кривизна определяет меру измерения данного градиента. Выпуклая кривизна содержит меньше воды вогнутая соответственно больше. Положительные значения означают выпуклые участки, а отрицательные – вогнутые. Нулевое значение указывает на плоскость поверхности. Из этого следует, что вогнуты участки профиля более подвержены эрозии, чем выпуклые. Более отрицательные значения кривизны склона указывают на большую вероятность возникновения эрозии (Приложение Ж).

Атмосферные осадки очень важный фактор образования эрозии. Значение выпадения осадков, их скорость и продолжительность, сезонность, экстремальность влияют на образование овражной эрозии. Распределение среднегодовых осадков за 10 лет [14] показано построением методом кригинга (Приложение З).

Расстояние до рек. При поднятии грунтовых вод, при прохождении рек и их поднятиях происходит отрицательно влияние на рельеф, который может подвергаться эрозии, воды временных водотоков, поднятые грунтовые воды размывают склоны берегов. [9]. Связь между поверхностными и грунтовыми водами тоже важна, иногда техногенные факторы также оказывают воздействие, в районах подтопления техногенными водами [20] (Приложение К).

Геология. Этот слой отражает распространение стратиграфогенетических комплексов, один из важнейших слоёв при изучении опасных геологических процессов [21, 22]. Построен на основе карты фондовых материалов [16], с карты масштаба 1:200 000 (Приложение Л).

Гидрогеология. Слой построен с помощью карты фондовых материалов [9] масштаба 1:200 000. В зависимости от фильтрационных разрезов, при избытке водного питания, склоны могут быть подвержены овражной эрозии. При утяжелении пород на склонах по причине замачивания возможно возникновение и оползневых процессов (Приложение М).

Экзогенные геологические процессы. Слой карты ЭГП построен на основе фондовых материалов масштаба 1:200 000 [9]. Карта 1998 г, поэтому проанализирована авторами и уточнена. Особенно изменилась линия прохождения границ города в соприкосновении с р. Обью. Часть города обрушилась в реку при активных оползневых процессах (рисунок 3.2.).

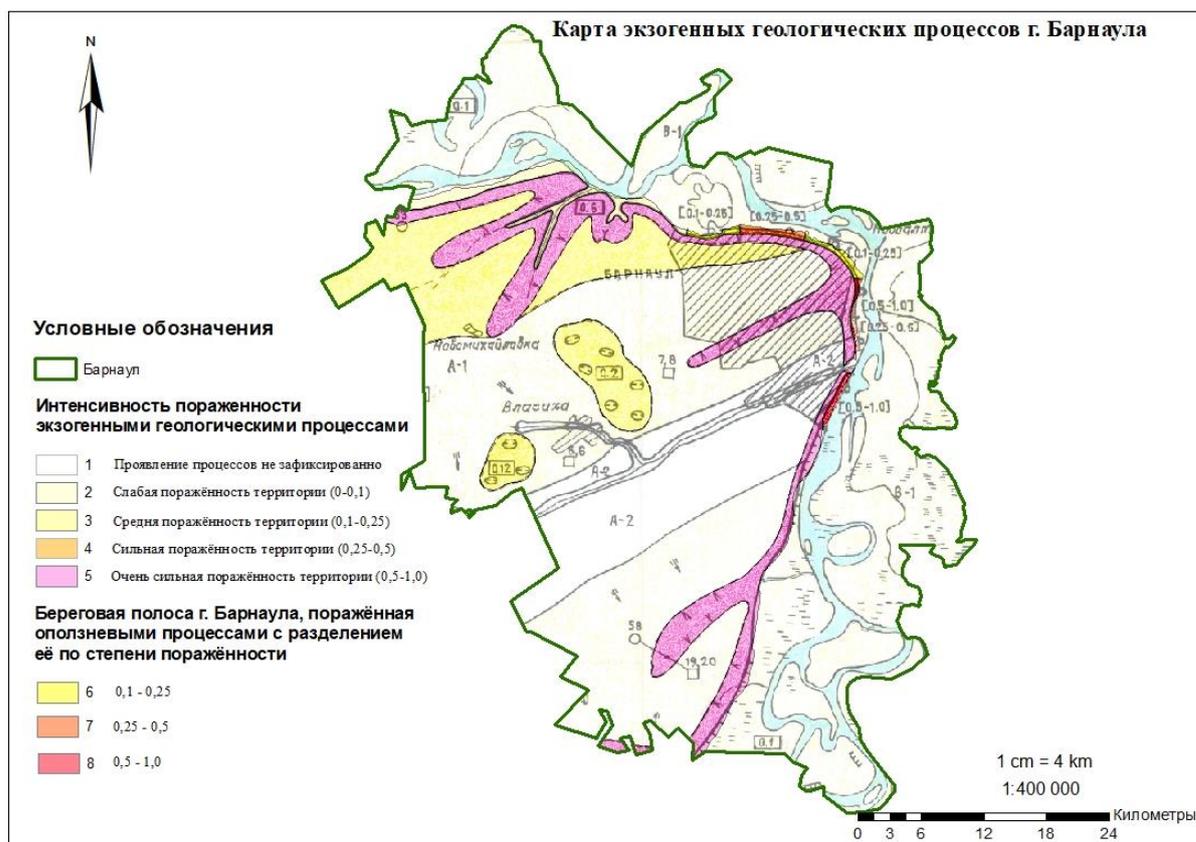


Рисунок 3.2. Оцифрованная карта экзогенных геологических процессов г. Барнаул на основе карты 1998 г Симоновой В.Ф.

Геоморфология. Слой карты геоморфологии построен на основе фондовых материалов карты 2004 г в масштабе 1:200 000 [16]. Слои также характеризуют строение рельефа города, соотношение террас, что оказывает также составляющую на влияние образования овражной эрозии (Приложение Н).

Четвертичные отложения. Слой карты четвертичных отложений также построен на основе карт фондовых материалов за 1998 г в масштабе 1:200 000 [9] Слои являются также важными, так как расположены ближе к земной поверхности и непосредственно участвуют в фильтрационных свойствах пород, устойчивости и других физических свойствах, оказывающих воздействие на образование овражной эрозии (Приложение П).

Расстояние до разломов. Слои карты построены на основе фондовых материалов, масштаба 1:500 000, карты тектонической схемы 2004 г [16] и отражает тектонические нарушения и разломы, способствующие эрозии и увеличению скорости фильтрации (Приложение Р).

Вегетационный индекс NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) — нормализованный относительный индекс растительности — показывает количество фотосинтетически активной биомассы. Открытые земли более уязвимы к эрозии, чем зеленые лесные зоны. Растительность сводит к минимуму потенциал эрозии. На карте леса и кустарники показаны положительными значениями (0,26-0,56), вода соответствует отрицательным значениям (- 0,12), а значения (- 0,5) – соответствуют бетону, асфальту. Зоны с широко развитой промышленностью в городе имеют показатель - 0,002 до 0,025 (Приложение С).

3.3.2. Определение веса факторов

Чтобы определить связь природных факторов и антропогенных, изучались значимости факторов с помощью метода анализа иерархии (АИР), положенным в основу Т. Л. Саати в 1970 г. Этот метод соотношений позволяет оценить какой фактор важен по отношению к другому. Для этого было выделено 12 факторов. При рассмотрении литературы и оценке с помощью метода АИР было выяснено, что наибольшее влияние на образование оврагов оказывает геологическое строение, уклон, осадки, расположенность по отношению к сторонам света и т.д. Была подготовлена таблица в программе Excel для попарного сравнения матрицы факторов развития овражной эрозии. Метод заключается в определении альтернативы 1 и альтернативы 2 во сколько раз первая оказывает большее влияние, чем вторая на развитие ЭГП [23]. С помощью данного сравнения можно определить, насколько влияние геологии больше влияния удаления от геологических разломов и т.д. Данный метод представлен в таблице 3.2.

Таблица 3.2. Матрица веса и парного сравнения факторов, влияющих на образование эрозии методом АНР

Критерий	Расстояние до разломов	Индекс NDVI	Осади	Гидрогеология	Высота	Кривизна	Уклон	Экспозиция склона	Четвертичные отложения	Геоморфология	Геология	Удаление от реки	Оценка компонент собственного вектора	Нормализованные оценки вектора приоритетов
Расстояние до разломов	1	1/2	1/6	1/6	1/7	1/4	1/4	1/5	1/9	1/2	1/8	1/4	0,24	0,017
Индекс NDVI	2	1	1/2	1/3	1/2	3	3	1	1/2	2	1/2	1/4	0,87	0,062
Осади	6	2	1	2	1/2	1/2	1/2	1	1/2	3	1/2	2	1,13	0,081
Гидрогеология	6	3	1/2	1	1/3	1/2	1/2	1/2	1/3	1	1/3	1/2	0,72	0,052
Высота	7	2	2	3	1	2	2	1	1/2	3	1	2	1,78	0,127
Кривизна	4	1/3	2	2	1/2	1	1	1/2	1/3	2	1/2	1	0,93	0,067
Уклон	4	1/3	2	2	1/2	1	1	1/2	1/3	2	1/2	1	0,93	0,067
Экспозиция склона	5	1	1	2	1	2	2	1	1/2	2	1/2	2	1,36	0,097
Четвертичные отложения	9	2	2	3	2	3	3	2	1	4	1	2	2,37	0,169
Геоморфология	2	1/2	1/3	1	1/3	1/2	1/2	1/2	1/4	1	1/4	1/2	0,52	0,037
Геология	8	2	2	3	1	2	2	2	1	4	1	2	2,07	0,148
Удаление от реки	4	4	1/2	2	1/2	1	1	1/2	1/2	2	1/2	1	1,06	0,076

При сравнении факторов попарно другие факторы не учитываются. После попарного сравнения и составления матрицы необходимо рассчитать индекс согласованности матрицы, который при правильном составлении не должен превышать 10%.

После проведения анализа факторов, влияющих на образование овражной эрозии, выявилось, что наибольшее значение или вес имеют четвертичные образования (0,17) с геологией (0,15), далее высота (0,13), экспозиция склона (0,10), осадки (0,08), удаление от реки (0,8), менее значимыми получились кривизна и уклон с удалением от реки (по 0,07), индекс NDVI (0,06), остальные (менее 0,05) оказывают ещё меньшее влияние. Данный метод подтверждает и тот факт, что на территории города Барнаула в геологических породах в некоторых районах хорошо развиты лёссы, достигающие до 10-12 м, иногда встречаются до 50 м в разрезе.

Далее работа проводилась с подготовленными растровыми картами, которым присваивалось значение для каждого их класса и каждый класс был умножен на соответствующий вес и веса суммированы, для получения простой карты, где у каждой ячейки определённый суммированный индекс восприимчивости к эрозионным процессам (Приложение Т). При построении карты проведена классификация раstra методом «Естественные границы» и присвоено пять категорий с разной степенью восприимчивости. Анализ полученных весов факторов представлен в таблице 3.3.

Таблица 3.3. Результаты определения «веса» факторов овражной эрозии методом АНР

Слои	Класс	% класса	Вес по АНР	
Экспозиция склона, градус	Плоские	11,22	0,00	0,097
	Северные1	9,98	0,18	
	Северо-восточные	9,68	0,15	
	Восточные	7,58	0,07	
	Юго-восточные	11,80	0,05	
	Южные	18,02	0,03	
	Юго-западные	8,94	0,05	
	Западные	6,34	0,07	
	Северо-западные	9,94	0,14	
	Северные2	6,50	0,25	
Абсолютные отметки, м	118-146	39,1	0,06	0,127
	146-174	7,6	0,34	
	174-203	22,9	0,31	
	203-231	23,7	0,18	
	231-259	6,7	0,12	
Расстояние до разломов, м	250	3,0	0,46	0,017
	1000	12,1	0,35	
	2000	40,0	0,12	
	5000	60,6	0,08	
Индекс NDVI	-0,17	1	0,30	0,062
	-0,12	6	0,28	
	0,025	18	0,23	
	0,3	35	0,10	
	0,45	20	0,06	
	0,59	20	0,03	
Осади	462-471	12,8	0,06	0,081
	471-478	25,6	0,10	
	478-485	25,6	0,16	

	485-491	17,9	0,26	
	491-500	17,9	0,42	
Гидрогеология	a Q IV	40,2	0,12	0,052
	d Q III-IV	5,2	0,46	
	al Q III	1,6	0,28	
	a Q II-III	1,2	0,05	
	sa Q I-II	51,8	0,10	
Кривизна	(1)<0.05	50	0,63	0,067
	(2) -0.05-0.05	5	0,24	
	(3)>0.05	45	0,14	
Уклон	0-1	33,3	0,03	0,067
	1-2,5	30	0,07	
	2,5-5	23,3	0,09	
	5-8,5	3,3	0,14	
	8,5-15	3,3	0,23	
	15-43,2	6,7	0,45	
Четвертичные отложения	a IV	40,2	0,11	0,169
	dc IV	0,4	0,32	
	d III-IV	5,2	0,23	
	sa III-IV	8,8	0,07	
	aI III	1,6	0,12	
	a II-III ks	1,2	0,06	
	sa, Ia I-II krd	42,6	0,10	
Геоморфология	(1) Пойма Оби и притоков (QIV)	39,7	0,14	0,037
	(2) Поймы притоков Барнаулки и др. левобережных (QIV)	1,6	0,47	
	(3) I надпойменная терраса р. Барнаулки (IQIII)	1,6	0,23	
	(4) Древняя терраса р. Барнаулки (QII-III ks)	0,8	0,06	
	(5) Увалы пологоволнистые (QI-II kd)	56,3	0,10	
Геология	(1) Голоценовые аллювиальные отложения (QIV)	41,7	0,09	0,148
	(2) Верхнеплейстоценовые аллювиальные отложения (IQIII)	1,3	0,27	
	(3) Средне-верхнеплейстоценовые отложения. Касмалинская свита. (QII-III ks)	1,3	0,04	
	(4) Нижне-среднеплейстоценовые субазральные озёрно-аллювиальные отложения (QI-II kd)	55,0	0,10	
	(5) Эоплейстоцен. Озерные и аллювиальные отложения. Кочковская свита (QE ks)	0,8	0,50	
Удаление от реки, м	100	63,3	0,63	0,076
	300	15,8	0,24	
	500	21,1	0,13	

Метод анализа иерархий (analytical hierarchical process, АНР)

При проведении сравнение влияния факторов по оврагообразованию (таблица 3.2.) выявлено, что наибольшее значение или «вес» имеет четвертичные образования и геология. При сравнении было выяснено, что наиболее подвержены влиянию породы делювиально-коллювиальные отложения (d_{cIV}), сложенные суглинками и супесями, делювиальные отложение (d_{III-IV}), сложены суглинками и супесями. Данные отложения встречаются в верхнечетвертичных делювиальных отложениях первой и второй надпойменной террасах р. Оби. Высоты оказывают большое влияние на ЭГП, перепад высот в городе достаточно большой, в процентном отношении он составляет 6,7%. Особенно это четко выражено в районе берега Оби, где помимо оврагов часто встречаются оползневые процессы. Во временном сравнении берег отодвигается в направлении запада, теряя постепенно территорию города. Также русло реки Оби постепенно меняет свою траекторию и стремится в западном направлении, это хорошо видно по старице Оби. Наибольшее влияние на оврагообразование оказывают реки в зоне до 100 м. Экспозиция склонов при северных, северо-восточных и северо-западных направлениях также оказывают влияние не эти процессы, что при изучении карт также подтверждается. Осадки также оказывают влияние на образование оврагов, в юго-западной части города осадков выпадает больше, но данная часть города имеет обильные зелёные насаждения, там прорастает ленточный бор и застройки находятся в благоприятной лесной зоне, что оказывает положительное влияние на устойчивость геологической среды, но в южной части расположена зона лесостепи и там подверженность оврагообразованию более сильная. Если проанализировать влияние распространения овражной эрозии по показателям индекса NDVI, то индексы ниже 0,025 имеют значительно большее влияние, то есть, территории, находящиеся ближе к рекам, подверженные антропогенному воздействию, где менее расположена растительность, также оказывают влияние на образование ЭГП. По значениям удаления от реки влияние на образование эрозии хорошо

прослеживается, особенно это ярко выражено на левом обрывистом берегу Оби, где местами берег изрезан короткой, но разветвлённой овражной сетью. Часто выходы грунтовых вод со временем образуют новые овраги. По кривизне склонов вогнутые территории составляют около 50%, что при скапливании осадков также оказывает влияние на образование оврагов. Уклон более сильный (от 15 до 43,2 градусов) тоже влияет на ЭГП. На рисунке 3.3. показаны исходные слои для карт восприимчивости.

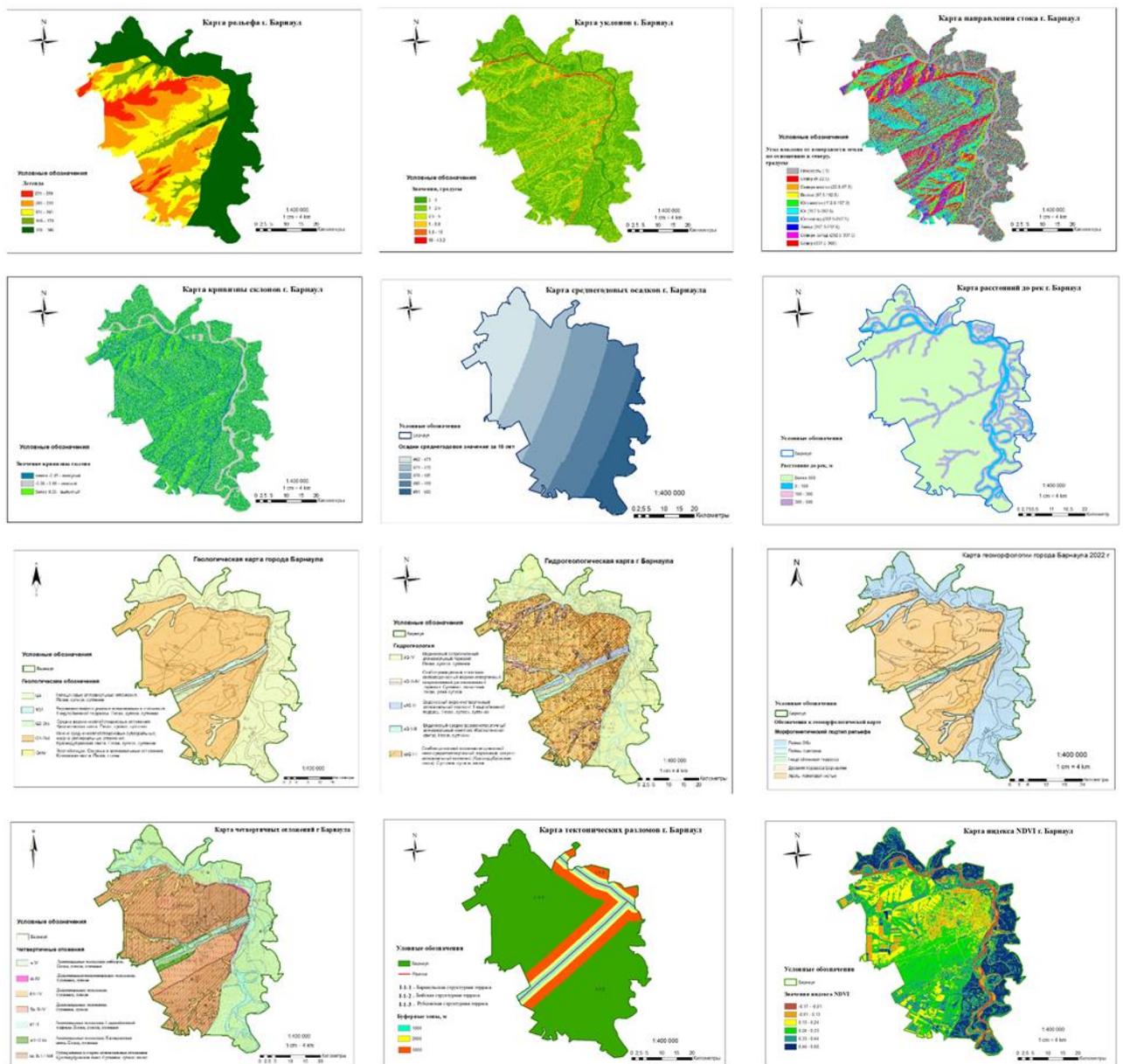


Рисунок 3.3. Исходные слои для оценки овражной эрозии

3.3.3. Построение и анализ карты восприимчивости

В итоговом построении карты после присвоения слоям цифровых значений. После суммирования карт и получения итоговой карты восприимчивости к ЭГП была произведена классификация с помощью метода «Естественные границы» на 5 категорий: очень высокая, высокая, средняя, низкая, очень низкая (Приложение Т).

Полученная карта наглядно демонстрирует расположение участков подверженных эрозии, при этом полученные результаты нуждаются в возможном уточнении и валидации. Анализируя полученную карту видно, что большее влияние оказывает рельеф местности и заложенные геологические породы при непосредственном влиянии рек, особенно основной, реки Оби. Так же в северной части города по протяженности русел рек и тех же делювиальных слоёв с присутствием суглинков и супесей в составе пород, видна высокая степень овражной эрозии. При сравнении полученной карты с имеющейся оцифрованной картой ЭГП видна прямая согласованность. В дальнейшем, подобную карту возможно построить в более крупном масштабе.

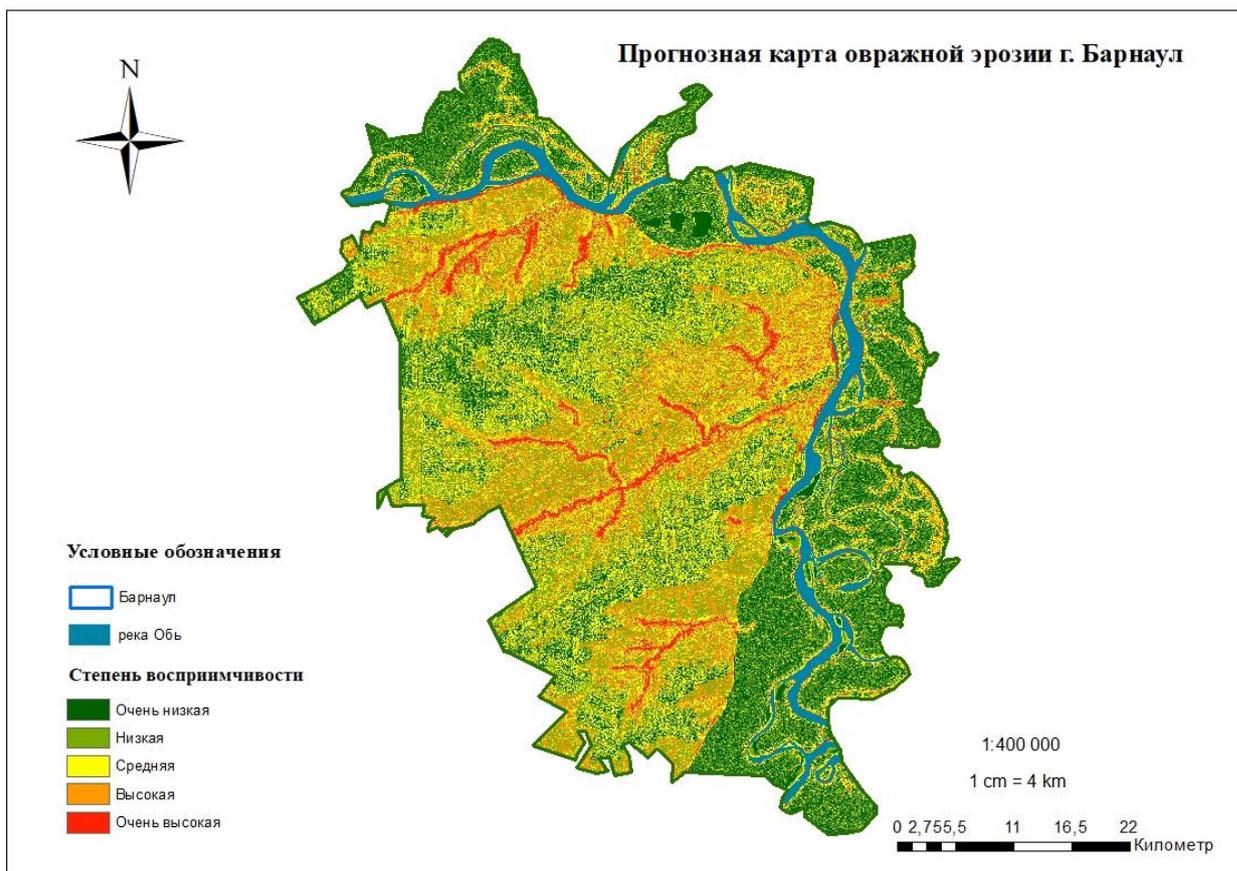


Рисунок 3.4. Прогнозная карта восприимчивости территории г. Барнаула к овражной эрозии

3.3.4. Выводы

1. В образовании овражной эрозии большую роль имеет строение рельефа и усложнённое легко размываемыми породами и достаточно высоким уровнем грунтовых вод (верховодки). Инженерно-геологические условия разнообразны, рельеф неоднороден. В покровных отложениях хорошо развиты лёссовые породы. Лёссовые суглинки имеют большую пористость и просадочность. Территория края, в том числе и город Барнаул имеют большие площади распаханых земель, что тоже оказывает влияние на образование овражно-балочной системы.

2. Для выделения закономерностей, приводящих к образованию ЭГП было выделено 12 факторов:

Абсолютные отметки, уклон поверхности, экспозиция, кривизна склона, атмосферные осадки, расстояние до рек, геология, гидрогеология, геоморфология, четвертичные отложения, расстояния до разломов, NDVI.

3. Произведён анализ факторов, влияющих на образование овражной эрозии и др. ЭГП. Определена значимость факторов методом анализа иерархий (analytical hierarchical process, АНР).

4. В ходе магистерской работы получена карта инженерно-геологического районирования территории по степени восприимчивости обследуемой территории к овражной эрозии. Карту рекомендуется использовать для определения существующего и возможного развития ЭГП и для разработки противоэрозионных мероприятий.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выполнен сбор, систематизация и анализ имеющихся территориальных фондовых геологических, гидрогеологических, метеорологических сведений, спутниковых снимков, результатов инженерных изысканий.

Изучаемая территория относится к I В району климатического районирования для строительства согласно СП 131.13330.2020.

Проведена оцифровка карт фондового материала: геологической, гидрогеологической, геоморфологической, карты четвертичных отложений.

На основе модели цифрового рельефа с помощью ГИМ технологий получены карты абсолютных отметок, уклонов, экспозиции, кривизны г. Барнаула.

Собраны и обработаны метеорологические данные за 10 лет на территории города и построена карта среднегодовых осадков за 10 лет г. Барнаула.

На основе спутниковой карты разработана карта расстояния до рек территории города.

С помощью фондовых материалов и спутниковой карты разработана карта расстояния до разломов.

На основе спутниковых снимков построена карта вегетативного индекса NDVI.

Методом анализа иерархий (АНР) с помощью ГИС технологий построена карта предрасположенности к экзогенным геологическим процессам города Барнаула. Результатом является выявление возможного развитие овражной эрозии на территории города.

Данная карта позволит оценить инженерно-геологические условия, увидеть степени опасности и предрасположенности территории города к овражной эрозии, что позволит при планировании распределения застройки минимизировать техногенные риски и учесть природные факторы.

ГЛАВА 4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Исследование городского округа Барнаула в целях планирования дальнейшей его застройки с учетом эффективного использования земель и предварительной оценки рыночной стоимости застраиваемой территории с учетом предрасположенности развития негативных экзогенных геологических процессов, актуальна на сегодняшний день.

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

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

Для достижения обозначенной цели необходимо решить следующие задачи:

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

Исследования проводились на территории городского округа Барнаула в Алтайском крае. Исследование проводилось с целью получения данных в виде карт, определяющих потенциальное развитие негативных экзогенных геологических процессов в целом и в частности к образованию овражной эрозии на территории города. В качестве объекта исследования были выбраны спутниковые карты и космоснимки г. Барнаула за 10 лет, а также проанализированы материалы метеостанций за 10 лет, карты фондовых материалов и научная литература.

4.1. Предпроектный анализ

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

Потенциальными потребителями результатов научного исследования могут стать:

- Организации по проектным изысканиям;
- Проектные организации;
- Администрации города, градостроительные отделы;
- Государственные мониторинговые службы;
- Частые риэлтерские фирмы;
- Научно-исследовательские организации, университеты
- Частные лица

4.1.1. Потенциальные потребители результатов исследования

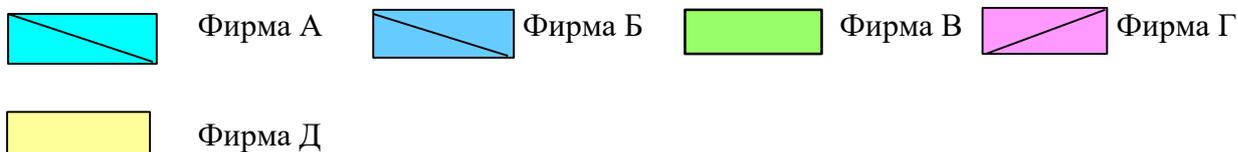
Целевой рынок – сегменты рынка, на котором будет продаваться в будущем разработка. *Сегмент рынка* – это специальным образом выделенная часть рынка, группы потребителей, обладающих определёнными общими признаками.

Сегментирование рынка – разделение покупателей на однородные группы, для каждой из которых может потребоваться определенный товар (услуга) [27].

Сегментируем рынок по следующим критериям: вид заказчика (государственные органы власти, проектные организации, изыскательные организации, мониторинговые службы); вид услуги (, инженерные изыскания, комплексный продукт с инженерными изысканиями, построение карты овражной эрозии и ЭГП). Данные представим в таблице 4.1

Таблица 4.1. – Карта сегментирования рынка услуг по выполнению инженерных изысканий и построению карты экзогенных геологических процессов с учетом распространения в будущем

		Вид услуги		
		Инженерные изыскания	Построение карты овражной эрозии и ЭГП	Комплексный продукт (изыскания + карта ЭГП)
Заказчики	Гос. структуры			
	Изыскательские организации			
	Проектные организации			
	Мониторинговые службы			
	Риэлтерские фирмы			



4.1.2. Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Детальный анализ конкурирующих разработок следует проводить систематически.

С этой целью используем имеющуюся информацию о конкурентных разработках:

- технические характеристики разработки;
- конкурентоспособность разработки;
- бюджет разработки;
- уровень проникновения на рынок и т.д.

Проведем оценку сравнительной эффективности научной разработки с помощью оценочной карты. Для этого отберем две организации, осуществляющих деятельность отдельно в сфере инженерных изысканий (условно Бк1) и в сфере мониторинга экзогенных геологических процессов (условно Бк2). Третья организация (Бф) осуществляет деятельность в сфере инженерных изысканий, но в качестве продукта предлагает комплексный подход – построение карт геологического районирования экзогенных процессов на основании выполненных собственными силами инженерных изысканий.

Позиция продукта каждой организации оценивается по показателям экспертным путем по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумму должны составлять 1.

Среди технических критериев оценки ресурсоэффективности выделим следующие:

Повышение производительности труда пользователя. По данному критерию организация Бф проигрывает, т.к. комплексность работ снижает производительность, а специализация ее увеличивает.

- Удобство в эксплуатации. Для заказчика комплексный подход всегда предпочтительнее, поэтому организация Бф выигрывает у конкурентов.
- Энергоэкономичность. Комплексность всегда ведет к экономии энергозатрат, организация Бф получает более высокую оценку.
- Надежность. По данному критерию организация Бф уступает, т.к. комплексность, учитывая предпроектный этап работ, снижает надежность расчетов.
- Простота эксплуатации. Комплексный подход упростит эксплуатацию, т.к. можно заранее предположить затраты на инженерные изыскания, организация Бф выигрывает.
- К экономическим критериям оценки эффективности отнесем следующие:
 - Конкурентоспособность продукта. Комплексный продукт более конкурентоспособен, этим организация Бф выигрывает у конкурентов.
 - Уровень проникновения на рынок. Это новый подход, данная категория ранее не составлялась, поэтому для занятия места на рынке организация Бф получает меньшую оценку.
 - Цена. При создании комплексного продукта возможности для оптимизации материальных затрат больше, Бф получает более высокую оценку.
 - Срок выполнения работ. При создании комплексного продукта возможности для оптимизации временных затрат больше (за счет независимости от исходных данных, которые находятся в рамках одной организации), Бф получает более высокую оценку.

Полученные результаты сведем в таблицу 4.2. В строке «Итого» указана сумма всех конкурентоспособностей по каждой организации. Анализ технических и экономических критериев показал, что организация, предлагающая комплексный продукт (Бф) обладает преимуществом по сравнению с конкурентами.

Таблица 4.2. – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Бф	Бк1	Бк2	Кф	Кк1	Кк2
<i>Технические критерии оценки ресурсоэффективности</i>							
1. Повышение производительности труда пользователя	0,10	4	5	5	0,40	0,50	0,50
2. Удобство в эксплуатации	0,12	5	3	3	0,6	0,30	0,30
3. Энергоэкономичность	0,10	5	4	4	0,5	0,40	0,40
4. Надежность	0,20	4	5	5	0,8	1	1
5. Простота эксплуатации	0,04	5	3	4	0,2	0,12	0,16
<i>Экономические критерии оценки эффективности</i>							
1. Конкурентоспособность продукта	0,11	5	4	3	0,55	0,44	0,33
2. Цена	0,15	5	4	4	0,75	0,60	0,60
3. Срок выполнения работ	0,13	5	4	4	0,65	0,52	0,52
4. Уровень проникновения на рынок	0,05	3	5	5	0,15	0,25	0,25
<i>Итого</i>	1,00				4,60	4,19	4,12

Критерии для сравнения и оценки, приведённые в таблице 4.2., подбираются исходя из выбранных объектов сравнения с учетом их технических и экономических особенностей разработки, создания и эксплуатации.

Оценка идет от 1 до 5, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная позиция. Веса показателей в сумме должны составлять 1.

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.

Итогом служит вывод в конкурентных преимуществах, которые надо будет предоставить заказчикам.

4.1.3. SWOT-анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны) Opportunities (возможности) Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта, применяется для исследования внешней и внутренней среды проекта.

Перечислим сильные и слабые стороны проекта, возможности и угрозы. Результат сведем в матрицу SWOT (таблица 4.3).

Таблица 4.3. – Матрица SWOT

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта:	Слабые стороны научно-исследовательского проекта:
	С1. Заявленная экономичность и энергоэффективность	Сл1. Необходимость наработки клиентской базы
	С2. Более низкая стоимость по сравнению с конкурентными предложениями	Сл2. Снижение надежности за счет комплексности
	С3. Более сжатые сроки выполнения по сравнению с конкурентными предложениями	Сл3. Необходимость приобретения специального программного обеспечения для построения карт
	С4. Комплексность	Сл4. Необходимость дополнительного обучения сотрудников
	С5. Новизна предложения	Сл5. Необходимость периодического мониторинга изменений
Возможности:		
V1. Появление спроса со стороны проектных организаций, гос. структур и риэлтерских фирм		
V2. Сокращение сроков проектирования		
V3. Потребность создания проектов с быстрым ориентированием его к местным геологическим условиям		
V4. Благоприятная ситуация на рынке (новый продукт)		
V5. Наличие на рынке необходимой рабочей силы (молодые специалисты)		
Угрозы:		
У1. Увеличение времени на обучение специалистов при потере сотрудника		
У2. Повышение стоимости специального программного обеспечения		
У3. Снижение стоимости в связи с усилением конкуренции в перспективе		
У4. Увеличение налоговой нагрузки и отчислений в фонды		
У5. Возможная потеря программных функций и продуктов или их удорожание из-за санкционных действий недружественных стран		

Выявим соответствие сильных и слабых сторон проекта внешним условиям окружающей среды. В рамках данного этапа построим интерактивные матрицы проекта. Ее использование поможет разобраться с различными комбинациями взаимосвязей матрицы SWOT. Данные сведем в таблицу 4.4.

Со знаком «+» означает сильное соответствие сильных сторон возможностям, со знаком «-» - слабое соответствие, «0» - при сомнении.

Таблица 4.4. – Интерактивная матрица проекта

Интерактивная матрица проекта

Сильные стороны проекта						
		C1	C2	C3	C4	C5
Возможности проекта	B1	+	+	+	+	+
	B2	+	-	+	+	+
	B3	+	+	+	+	+
	B4	-	-	-	0	+
	B5	-	-	0	+	+

B1B2B3C1C3C4C5, B1B3C2, B4B5C5, B4C5

Интерактивная матрица проекта

Слабые стороны проекта						
		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
Возможности проекта	B1	+	-	0	-	0
	B2	0	-	+	0	0
	B3	0	+	+	+	+
	B4	0	-	0	+	
	B5	+	+	-	-	0

B1B5Сл1, B2B3Сл3, B4Сл4, B5Сл2

Интерактивная матрица проекта

Сильные стороны проекта						
		C1	C2	C3	C4	C5
Угрозы проекта	У1	-	0	-	-	0
	У2	-	-	-	0	-
	У3	-	+	+	0	0
	У4	-	-	0	-	0
	У5	-	-	+	+	0

У3С2С3, У5С3С4

Интерактивная матрица проекта

Слабые стороны проекта						
		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
Угрозы проекта	У1	0	-	-	+	-
	У2	-	-	+	+	-

	У3	-	-	-	-	-
	У4	-	-	0	-	-
	У5	-	-	+	-	-

У1У2Сл4, У2У5Сл3

По полученным результатам составим итоговую матрицу SWOT-анализа (таблица 4.5.).

Таблица 4.5. – SWOT-анализ

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта:	Слабые стороны научно-исследовательского проекта:
	С1. Заявленная экономичность и энергоэффективность	Сл1. Необходимость наработки клиентской базы
	С2. Более низкая стоимость по сравнению с конкурентными предложениями	Сл2. Снижение надежности за счет комплексности
	С3. Более сжатые сроки выполнения по сравнению с конкурентными предложениями	Сл3. Необходимость приобретения специального программного обеспечения для построения карт
	С4. Комплексность	Сл4. Необходимость дополнительного обучения сотрудников
	С5. Новизна предложения	Сл5. Необходимость периодического мониторинга изменений
Возможности:	В1В2В3С1С3С4С5, В1В3С2	В1В5Сл1, В2В3Сл3, В4Сл4, В5Сл2
В1. Появление спроса со стороны проектных организаций, гос. структур и риэлтерских фирм	Создание нового комплексного проекта с широким спросовым потреблением и продвижение его на рынок с привлечением молодых специалистов;	
В2. Сокращение сроков проектирования		
В3. Потребность создания проектов с быстрым ориентированием его к местным геологическим условиям		
В4. Благоприятная ситуация на рынке (новый продукт)		
В5. Наличие на рынке необход раб. силы (молодые специалисты)		
Угрозы:	У3С2С3, У5С3С4	У1У2Сл4, У2У5Сл3
У1. Увеличение времени на обучение специалистов при потере сотрудника		
У2. Повышение стоимости специального программного обеспечения		
У3. Снижение стоимости в связи с усилением конкуренции в перспективе		
У4. Увеличение налоговой нагрузки и отчислений в фонды		
У5. Возможная потеря программных функций и продуктов или их удорожание из-за санкционных действий недружественных стран		

4.1.4. Оценка готовности проекта к коммерциализации

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

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

Данные по оценке проекта к коммерциализации рассмотрим в таблице 4.6.

Таблица 4.6 – Бланк оценки степени готовности научного проекта к коммерциализации

№	Наименование	Степень проработанности научного проекта	Уровень имеющихся знаний у разработчика
1.	Определён 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	5	5
5.	Определены авторы и осуществлена охрана их прав	5	5
6.	Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	5	5
7.	Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	3	3

8.	Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	1	1
9.	Определены пути продвижения научной разработки	3	4
10.	Разработка стратегии (форма) реализации научной разработки	5	5
11.	Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	1	1
12.	Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	2	2
13.	Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	5	5
14.	Имеется команда для коммерциализации научной разработки	5	4
15.	Проработан механизм реализации научного проекта	5	5
16.	ИТОГО БАЛЛОВ:	60	60

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

$$B_{\text{сум}} = \sum B_i$$

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

B_i – балл по i -му показателю.

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

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

Получен результат в 60 баллов, что считается перспективной разработкой.

4.1.5. Методы коммерциализации вашего проекта

При коммерциализации проекта разработчик для достижения цели смотрит, куда он может вложить свой проект, чтобы получить коммерческих эффект. Возможно использование для получения средств для продвижения

своих научных исследований и разработок. Перед разработчиком стоит выбор метода коммерциализации проекта.

Выделяются методы:

Торговля патентными лицензиями;

Передача ноу-хау;

Инжиниринг;

Франчайзинг;

Организация собственного предприятия;

Передача интеллектуальной собственности;

Организация совместного предприятия;

Организация совестных предприятий.

Для данного проекта выбирается для коммерциализации метод *организации собственного предприятия* и частично *инжиниринг* (т.е. консультации или комплекс отдельных видов услуг по предоставлению информации на основе разработок проекта.)

4.2. Инициация проекта

В рамках инициации определяются изначальные цели и содержание, фиксируются изначальные финансовые ресурсы. Определяются внутренние и внешние заинтересованные стороны проекта, влияющие на результат научного проекта. Данная информация закрепляется в Уставе проекта.

Устав проекта документирует бизнес-потребности, текущее понимание потребностей заказчика проекта, а также новый продукт, услугу или результат, который планируется создать.

4.2.1. Цели и результат проекта.

Пользователями данного решения могут стать инженеры-геологи, инженеры-проектировщики, специалисты в отделах администрации, архитекторы в градостроительной сфере, геологи, занимающиеся мониторингом экзогенных геологических процессов как оврагообразования,

так и оползнеобразования, а также различные риэлтерские фирмы могут воспользоваться картой для определения рыночной стоимости земель с учетом возможных перспектив (таблица 4.7.).

Таблица 4.7. – Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
Земельные отделы администраций города	Определение подверженности ЭГП земель, переданных для строительства или других видов деятельности, распределение по целесообразности
Градостроительные отделы администраций города	
Государственные геомониторинговые службы	Прогнозирование дальнейших возможных развитий ЭГП и своевременная направленность мониторинга в определённых направлениях
Инженерно-изыскательные организации	Ознакомление с картой по прогнозной обстановкой ЭГП для последующих оценок, в т.ч. финансовых затрат, возможных при дальнейших исследованиях
Инженерно-проектировочные организации	Получение данных, с оценочным влиянием на проектные решения
Риэлтерские организации	Ориентировочное оценивание стоимости земель с учетом рыночной стоимости

Цель работы – изучить инженерно-геологические условия с учетом в будущем времени образования экзогенных геологических процессов города.

Результат – карта восприимчивости экзогенных геологических процессов, разработка рекомендаций для градостроительства и мониторинга.

Применение карты будет использовано для камеральных работ в инженерной геологии.

Цель проекта – изучение конкурентоспособности проекта, себестоимости, получение выручки, изучение рынка сбыта, заинтересованных организаций, которыми в данной работе могут стать администрация в лице земельного отдела, градостроительные отделы, а также проектные организации и службы государственного мониторинга.

Для целей и результатов проекта магистерской работы включаются области камеральных работ для применения в инженерных изысканиях, также в раздел включён полевой этап работ. Цели и результат ресурсоэффективности и ресурсосбережения представлены в таблице 4.8.

Таблица 4.8. – Цели и результат проекта в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Цели проекта:	Изучение и анализ состояния земель города Барнаула с учетом перспектив дальнейшей застройки и планировки
Ожидаемые результаты проекта:	Экономическая оценка земель. Предварительная оценка для учета работ по инженерным изысканиям, проектным решениям. Планировка развития градостроительной деятельности. Повышение рентабельности проектно-изыскательских работ.
Критерии приемки результата проекта:	Соответствие результатов целям проекта.
Требования к результату проекта:	Требование:
	Сокращение сроков выполнения проектных работ на 5%
	Повышение рентабельности проектно-изыскательских работ на 5%
	Уменьшение затрат на мониторинг земель

4.2.2. Организационная структура проекта

Состав группы участников проекта представлен ниже, в таблице 4.9.

Таблица 4.9. – Рабочая группа проекта

ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции	Трудозатраты, час.
Строкова Л.А., ТПУ, ИШПР, доктор г.-м.н.	Руководитель проекта	Отвечает за реализацию проекта, координирует деятельность участников проекта	16
Бурнашева О.В., магистрант	Исполнитель по проекту	Реализация проекта	600
ИТОГО:			616

При написании научного проекта, кроме магистра задействованы специалисты:

Руководитель проекта, отвечающий за реализацию проекта, координирует деятельность участников проекта. Руководитель магистерской диссертации чаще всего является и руководителем проекта.

Эксперт проекта, это специалист со специальными знаниями и опытом, которых нет у участника проекта и его руководителя. В магистерской работе это консультант.

Исполнитель по проекту – это сам магистрант, являющийся специалистом, выполняющем отдельные работы по проекту магистерской диссертации.

4.2.3. Ограничения и допущения проекта

Все факторы, которые могут стать ограничением степени свободы участников команды проекта, а также «границы проекта» - параметры проекта и ли его продукта, которые не реализуются в рамках данного проекта (таблица 4.10.).

Таблица 4.10. Ограничения проекта

Фактор	Ограничения/допущения
Бюджет проекта	992 871,32 руб.
Источник финансирования	НИ ТПУ
Сроки проекта	01.09..2020 – 31.05.2022
Дата утверждения плана управления проектом	01.09.2020
Дата завершения проекта	30.05.2022
Прочие ограничения и допущения	Безубыточность, готовность проекта в срок

4.3. Планирование управления научно-техническим проектом

В рамках проекта предусматривается ряд последовательно выполняемых работ, каждая из которых завершается определенным результатом.

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 4.1.).



Рисунок 4.1. – Иерархическая структура работ

4.3.2. Контрольные события проекта

Определим ключевые события проекта, даты и результаты, которые должны быть получены по состоянию на эти даты. Информацию сведем в таблицу 4.11.

Таблица 4.11. – Контрольные события проекта.

№ п/п	Контрольное событие	Дата	Результат (подтверждающий документ)
1.	Утверждение темы магистерской диссертации	01.09.2020-17.01.2022	Приказ № 17-17/с от 17.01.2022
2.	Получение материала тер. фондов, получение космоснимков	01.02.2022-05.02.2022	Архивные материалы терфондов, космоснимки за 2011-2021 гг
3.	Полевые работы	19.05.2022-20.05.2022	Фотоматериал овражной эрозии
4.	Камеральные работы	07.03.2022-25.05.2022	Инженерно-геологические разрезы. Построение карт

4.3.3. План проекта

В рамках планирования научного проекта необходимо построить календарный и сетевой графики. Линейный график представим в виде таблицы (табл. 4.12.).

Таблица 4.12. – Календарный план проекта

№ п/п	Название	Длительность, дни	Дата начала работ	Дата окончания работ	Состав участников
1.	Составление технического задания	7 1	01.09.2020	09.09.2020	Исполнитель, Руководитель
2.	Изучение литературы	95	10.09.2020	29.01.2021	Исполнитель
3.	Выбор направления исследования	2 10	01.02.2021	12.02.2022	Руководитель, Исполнитель
4.	Обсуждение темы, Получение материала тер. фондов, получение космоснимков	30 192	15.02.2022	31.01.2022	Руководитель, Исполнитель
5.	Получение материала тер. фондов, получение космоснимков	5	01.02.2022	05.02.2019	Исполнитель
6.	Полевые работы	2	19.05.2022	20.05.2022	Исполнитель
7.	Камеральные работы (подготовка графики и технического отчета)	93	07.02.2022	23.05.2022	Исполнитель
8.	Проверка технического отчета	2	23.05.2022	24.05.2022	Руководитель проекта
9.	Печать технического отчета	1	25.05.2022	25.05.2022	Исполнитель
	Итого рабочих дней	35 400			Руководитель, Исполнитель
Итого календарных дней:		637	01.09.2020	30.05.2022	

Диаграмма Ганта – это тип столбчатых диаграмм (гистограмм), который используется для иллюстрации календарного плана проекта, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующими датами начала и окончания выполнения данных работ. На графике различной штриховкой выделены работы, в зависимости от ответственных исполнителей (табл. 4.13).

На основании данных графика можно сделать вывод, что продолжительность работ по получению исходных данных займет 5, полевые работы (получение фото материала) займёт 2 дня, камеральные работы по обработке снимков, построение карт в программе ArcGIS, сбору данных по метеостанциям, оценке, выводов занимает большую часть времени почти 12

декад (96 рабочих дня) с конца первой декады февраля до середины третьей декады мая.

Длительность выполнения проекта в календарных днях равна:

- 400 дней (инженер-геолог);
- 41 дня (Руководитель проекта).

Наиболее трудоемким является этап камеральных работ, т.к. он обладает наибольшей сложностью, на нем задействованы одновременно 2 человека (инженер-геолог и руководитель проекта). Трудоёмкость камеральных работ составляет 93 рабочих дней, это 23% рабочего времени.

Трудоемкость полевых работ составляет 2 человеко-дней или 1% от общей трудоемкости проекта, наибольшей составляющей остаётся подготовка к проекту, получение материалов, изучение литературы, что составляет 74% (табл. 4.14.).

Таблица 4.14. – Трудоемкость работ в человеко-днях

№п/п	Вид работ	Продолжительность, раб. дней	Число исполнителей	Трудоемкость	
				человеко-дней	доля
1.	Изучение литературы, Обсуждение темы, Получение материала тер. фондов, получение космоснимков	299 33	2	299 33	73%
2.	Получение материала тер. фондов, получение космоснимков	5	1	5	2%
3.	Камеральные работы (подготовка графики и технического отчета)	93	1	93	23%
4.	Полевые работы	2	2	2	1%
5.	Проверка технического отчета	2	1	2	0,5%
6.	Печать технического отчета	1	1	1	0,5 %
<i>Итого:</i>				400+35	100%

4.3.4. Бюджет научного исследования

При планировании бюджета научного исследования должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов планируемых расходов, необходимых для его выполнения. Сгруппируем планируемые затраты по статьям.

В процессе формирования бюджета, планируемые затраты сгруппированы по статьям. В данном исследовании выделены следующие статьи:

1. Сырье, материалы, покупные изделия и полуфабрикаты (за незначительные расходы не вынесена отдельна, учтена в накладных расходах);
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 (за незначительные расходы не вынесена отдельно, учтена в накладных расходах);

7. Накладные расходы.

Материальные затраты

Материальные затраты незначительны, канцелярские товары учтены в статье накладных расходов.

Таблица 4.15. – Расчет затрат по статье «Сырье и материалы»

Наименование	Количество, кВт	Цена за единицу кВт, руб.	Сумма, руб.
Энергия	500	4,07	2035
Итого по статье			2035

Специальное оборудование для выполнения работ

В данную статью включаются все затраты, связанные с приобретением оборудования (устройств и механизмов), необходимого для проведения работ. Стоимость оборудования, используемого при выполнении работы и имеющегося в организации, учитывается в виде амортизационных отчислений. Сведения по данной статье представим в таблице 4.16.

Таблица 4.16. – Специальное оборудование для выполнения работ

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования, руб.	Общая стоимость оборудования, руб.
1	Ноутбук (DNS)	1	41000	41000
2	Программное обеспечение ArcGIS	1	22800	22800
Итого, руб.:				63800

Основная заработная плата исполнителей проекта

В настоящую статью включается заработная плата работников, непосредственно участвующих в выполнении работ. Величина расходов по заработной плате зависит от трудоемкости выполняемых работ и

действующей системы оплаты труда. Расчет основной заработной платы сведен в таблицу 4.17.

Статья включает основную заработную плату работников (включая премии и доплаты) и дополнительную заработную плату.

$$C_{зн} = Z_{осн} + Z_{доп}$$

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

$Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата.

Основная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} * T_{раб}$$

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

$Z_{дн}$ – среднезаработная плата работника, руб.;

$T_{раб}$ – продолжительность работ, рабочие дни.

Среднедневная заработная плата работников рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = (Z_m * M) / F_d$$

Z_m – месячный доходный оклад работника;

Z_b – базовый оклад, руб.;

M – количество месяцев работы без отпущка, при отпуске 24 раб. Дня и 5-ти дневной недели – $M=11,2$ месяцаю.

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени, раб. дней, таблица 4.18.

Таблица 4.17. – Расчет основной заработной платы

Работник	Z_b	k_p	Z_m	M	F_d	$Z_{дн}$	T	$Z_{осн}$
Исполнитель	16638	1,15	19133,7	11,2	247	867,60	400	347 040,39
Руководитель проекта	98 100		98100	11,2	247	4448,26	35	155 689,07

Таблица 4.18. Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Исполнитель
Календарное число дней	637	637
Количество нерабочих дней		
- выходные дни	602	237
- праздничные дни		
Потери рабочего времени		
- отпуск	44	44
- невыходы по болезни		
Действительный годовой фонд рабочего времени	35	400

Дополнительная заработная плата включает сумму выплат отпусков, вознаграждений за выслугу лет и т.д. Обычно от 10-15%, в среднем 12 %. В работе берётся среднее 12% выплаты. Данные расчетов отражены в таблице 4.19.

$$Z_{доп} = K_{доп} * Z_{осн}$$

Таблица 4.19 – Расчёт дополнительной заработной платы

Работник	$Z_{осн}$	$K_{доп}$	$Z_{доп}$	$C_{зп}$	$C_{зп} \text{ 1день}$
Исполнитель	347 040,39	0,12	41644,85	388 685,24	971,71

В таблице 4.20 приведена форма расчёта основной и дополнительной заработной платы.

Таблица 4.20 – Заработная плата исполнителей НТИ

Заработная плата	Руководитель проекта	Исполнитель
Основная зарплата	155 689,07	347 040,39
Дополнительная зарплата	-	41644,85
Итого по статье $C_{зп}$	155 689,07	388 685,24

Таким образом, размер основной и дополнительной заработной платы при выполнении работы, по изучаемой теме составит 544 374,31 рублей.

Отчисления во внебюджетные фонды

Тарифы страховых взносов разделены на несколько категорий:

- по пенсионному страхованию (22%);
- отчисления, направляемые на медицинское страхование в рамках ОМС (5,1%);

- взносы на социальное страховое обеспечение на случай заболеваний и материнства (2,9%);

Первые три вида взносов регулируются ФЗ от 22.12.2005 N 179-ФЗ (с изм. от 22.12.2020) "О страховых тарифах на обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний на 2006 год". Размеры страховых взносов представим в таблице 4.21.

Таблица 4.21. – Размер страховых отчислений во внебюджетные фонды

Тип страховых взносов	Ставка в процентах
ПФР	22
ФСС на случай болезни и материнства	2,9
ФФОМС	5,1
Итого:	30

Таким образом, общий размер страховых отчислений во внебюджетные фонды составляет 30%.

Научные и производственные командировки

В данной статье рассматриваются расходы, связанные с оплатой суточных членам полевой группы (1 чел.). Размер суточного содержания при выполнении полевых работ каждая организация устанавливает самостоятельно, в данном случае эта сумма составляет 800 руб. на человека в сутки. Таким образом, общий размер расходов на суточное содержание составит $800 \text{ р.} * 1 \text{ чел.} * 2 \text{ дня} = 1\,600,00$ рублей.

Накладные расходы

В эту статью включаются затраты на управление, хозяйственное обслуживание, ремонт оборудования, аренду помещений и т.д. Обычно накладные составляют 10-90% от суммы основной и дополнительной заработной платы работников, непосредственно участвующих в выполнении работ по рассматриваемой теме, при научных разработках берётся меньший процент, в среднем 10-20%. В данном случае накладные приняты в размере 40% и составляют $544\,374,31 \text{ руб.} * 0,40 = 217\,749,72$ рублей.

В эту же статью входит расчет за программное обеспечение – 22 800 руб., услуги связи с интернетом – 1000 руб., затраты на транспортные расходы – 3300 руб., канцелярия – 1000 р. Примерные затраты не превышают 40%.

Расчет накладных расходов провели по следующей формуле:

$$C_{\text{накл}} = k_{\text{накл}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) = 0,4 \cdot (502\,729,46 + 41\,644,85) = 217\,749,72$$

где $K_{\text{накл}}$ – коэффициент накладных расходов принят 0,4.

Таким образом, затраты проекта составляет 448 497,01. Полученные данные сведём в общую таблицу 4.22.

Таблица 4.22. – Затраты научно-исследовательской работы

Вид исследования	Затраты по статьям									
	Сырье, материалы (за вычетом возвратных отходов), покупные изделия и полуфабрикаты	Специальное оборудование для научных работ	Основная заработная плата	Дополнительная заработная плата	Отчисления на социальные нужды	Научные и производственные командировки	Оплата работ, выполняемых сторонними организациями и предприятиями	Прочие прямые расходы	Накладные расходы	Итого плановая себестоимость
Данное исследование	2035	63 800	544 374,31	41 644,85	163 312,29	1600	-	-	217 749,72	992 871,32
Аналог (организация по мониторингу)	5000	210 000	703821,244	84458,55	244366	4000	-	-	630623,8	1731410,4

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

$$A_{г} = \text{Сперв.} * N_{а} / 100 = \text{Сперв.} * 0,1$$

Бюджет научного исследования

Объём капиталовложений по по общей сметной стоимости составляет 992 871,32 рублей.

4.3.5. Организационная структура проекта

Используется несколько базовых вариантов организационных структур: функциональная, проектная, матричная.

Для выбора наиболее подходящей организационной структуры можно использовать табл. 4.23.

Таблица 4.23. Выбор организационной структуры научного проекта

Критерии выбора	Функциональная	Матричная	Проектная
Степень неопределенности условий реализации проекта	Низкая	Высокая	Высокая
Технология проекта	Стандартная	Сложная	Новая
Сложность проекта	Низкая	Средняя	Высокая
Взаимозависимость между отдельными частями проекта	Низкая	Средняя	Высокая
Критичность фактора времени (обязательства по срокам завершения работ)	Низкая	Средняя	Высокая
Взаимосвязь и взаимозависимость проекта от организаций более высокого уровня	Высокая	Средняя	Низкая

Пример проектной организационной структуры научного проекта приведен на рис. 4.2.

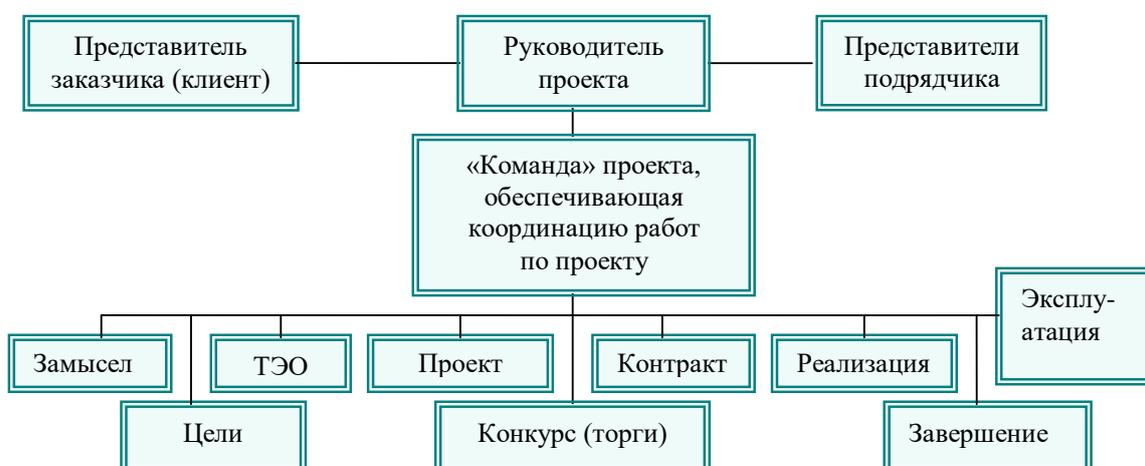


Рис. 4.2. Пример проектной структуры проекта

4.3.6. Матрица ответственности

Для распределения ответственности между участниками проекта сформируем матрицу ответственности (таблица 4.24.).

Таблица 4.24. – Матрица ответственности

<i>Этапы проекта</i>	<i>Руководитель проекта</i>	<i>Инженер-геолог</i>
Получение материала тер. фондов, получение космоснимков	И	
Полевые работы		И
Камеральные работы (подготовка графики и технического отчета)		И
Проверка технического отчета	И, О	
Печать технического отчета	С	О, У,И
<i>О – ответственный И – исполнитель У – утверждающее лицо С – согласующее лицо</i>		

4.3.7. План управления коммуникациями проекта

План управления коммуникациями отражает требования к коммуникациям со стороны участников проекта. Пример плана управления коммуникациями приведен в табл. 4.25.

Таблица 4.25. План управления коммуникациями

№ п/п	Какая информация передается	Кто передает информацию	Кому передается информация	Когда передает информацию
1.	Статус проекта	Руководитель проекта	Представителю заказчика	Ежеквартально (первая декада квартала)
2.	Обмен информацией о текущем состоянии проекта	Исполнитель проекта	Участникам проекта	Еженедельно (пятница)
3.	Документы и информация по проекту	Ответственное лицо по направлению	Руководителю проекта	Не позже сроков графиков и к. точек
4.	О выполнении контрольной точки	Исполнитель проекта	Руководителю проекта	Не позже дня контрольного события по плану управления

4.3.8. 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. Информацию по рискам представим в виде таблицы 4.26.

Таблица 4.26. – Реестр рисков

Риск	Потенциальное воздействие	Вероятность наступления (1-5)	Влияние риска (1-5)	Уровень риска	Способы смягчения	Условия наступления
«Текучка» кадров	Срыв сроков выполнения работ.	4	5	высокий	Разработка программы профессионального роста.	Низкая заработная плата. Отсутствие перспектив в проф. развитии
Разрыв платежного баланса	Временная неплатежеспособность	5	5	высокий	Заключение договора с банком о льготном кредитовании, об оплате векселями	Выполнение работ без аванса с расчетом после активирования. Длительность выполнения работ
Снижение цены продукции из-за роста конкуренции	Снижение рентабельности, прибыли	4	5	высокий	Проведение маркетинговых исследований. Программа лояльности к постоянным клиентам	Увеличение количества фирм-конкурентов. Снижение рыночной цены продукции
Изменение законодательства в части технических требований к результату работ	Временная потеря заказов	3	4	средний	Мониторинг изменений в законодательстве	Принятие нового технического регламента
Повышение стоимости специализированного программного обеспечения	Незапланированные издержки	4	3	средний	Формирование финансовых резервов. Заключение договора с банком о льготном кредитовании	Повышение стоимости ПО в одностороннем порядке
Наложение одних объектов на другие при планировании работ	Срыв сроков выполнения работ. Снижение качества результата работ	4	4	высокий	Система планирования работ, мониторинг контрольных точек проектов. Система стимулирования сотрудников за досрочное выполнение работ	Большой объем заказов

4.4. Определение ресурсной, финансовой и экономической эффективности исследования

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 учитываются факторы времени и риска. Для оценки общей экономической эффективности используются следующие основные показатели:

чистая текущая стоимость (NPV);

индекс доходности (PI);

внутренняя ставка доходности (IRR);

срок окупаемости (DPP).

Чистая текущая стоимость (Net Present Value – NPV) – это показатель экономической эффективности инвестиционного проекта, который рассчитывается путём дисконтирования (приведения к текущей стоимости, т.е. на момент инвестирования) ожидаемых денежных потоков (как доходов, так и расходов). Различается окончательная эффективность проекта и затраты предприятия до даты, когда проект начнет приносить прибыль.

Расчёт NPV осуществляется по следующей формуле:

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

где: ЧДП_{опт} – 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 4.27. При расчете рентабельность проекта составляла **20-25 %**, норма амортизации - 10%.
 $= 13,78$ руб. $A_g = \text{Сперв} * \text{На}/100$, себ. = **992 871,32 р.**
Выручка=себестоимость*1,25 = 1 241 089

Таблица 4.27. – Расчет чистой текущей стоимости по проекту в целом

№	Наименование показателей	Шаг расчета				
		0	1	2	3	4
1	Выручка от реализации, руб.	0	1 241 089	1 241 089	1 241 089	1 241 089
2	Итого приток, руб.	0	1 241 089	1 241 089	1 241 089	1 241 089
3	Инвестиционные издержки, руб.	-992 871	0	0	0	0
4	Операционные затраты, руб. (до 35% от бюджета)	0	347 505	347 505	347 505	347 505
5	Налогооблагаемая прибыль(1-4)	0	893 584,2	893 584,2	893 584,2	893 584,2
6	Налоги 20 %, руб.(5*20%)	0	178 717	178 717	178 717	178 717
8	Чистая прибыль, руб.(5-6)	0	714 867,4	714 867,4	714 867,4	714 867,4
9	Чистый денежный поток (ЧДП), руб.(чистая прибыль+амортизация)	-992 871	714 881,1	714 881,1	714 881,1	714 881,1
10	Коэффициент дисконтирования при $i=20\%$ (КД)	1	<u>0,833</u>	<u>0,694</u>	<u>0,578</u>	<u>0,482</u>
11	Чистый дисконтированный денежный поток (ЧДД), руб.(9*10)	-992 871	595 496	496 127,5	413 201,3	344 572,7
12	$\sum \text{ЧДД}$, руб		1 849 397,5			
12	Итого NPV, руб.		856 526,2			

$$NPV = 1\ 849\ 397,5 - 992\ 871 = 856\ 526,2 > 0$$

Коэффициент дисконтирования рассчитан по формуле:

$$K_d = \frac{1}{(1 + i)^t}$$

где: i – ставка дисконтирования, 20 %;

t – шаг расчета (порядковый номер периода с начала реализации проекта).

Таким образом, чистая текущая стоимость по проекту в целом составляет 227 248,8 рублей, что позволяет судить об его эффективности.

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

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

где: ЧДД - чистый денежный поток, руб.;

I_0 – начальный инвестиционный капитал, руб.

Таким образом PI для данного проекта составляет:

$$PI = \frac{1\,849\,397,5}{992\,871} = 1,86$$

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

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

Между чистой текущей стоимостью (NPV) и ставкой дисконтирования (i) существует обратная зависимость. Эта зависимость представлена в таблице 4.28. и на рисунке 4.3.

Таблица 4.28. – Зависимость NPV от ставки дисконтирования

№	Наименование показателя	0	1	2	3	4	NPV, руб.
1	Чистые денежные потоки, руб.	-992 871	714 881,1	714 881,1	714 881,1	714 881,1	
2	Коэффициент дисконтирования						
	0,1	1	<u>0,909</u>	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	0,350	
	0,4	1	0,714	0,510	0,364	0,260	
	0,5	1	0,667	0,444	0,295	0,198	
	0,6	1	0,625	0,390	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	0,500	0,250	0,125	0,062	
3	Дисконтированный денежный поток, руб.						
	<u>0,1</u>	-992 871	649826,9	590491,8	536875,7	488263,8	1272587,2
	0,2	-992 871	595496,0	496127,5	413201,3	344572,7	856526,4
	0,3	-992 871	549743,6	423209,6	325270,9	250208,4	555561,5
	0,4	-992 871	510425,1	364589,4	260216,7	185869,1	328229,3
	0,5	-992 871	476825,7	317407,2	210889,9	141546,5	153798,3
	0,6	-992 871	446800,7	278803,6	174431,0	109376,8	16541,1
	0,7	-992 871	420350,1	239485,2	145120,9	80066,7	-107848,2
	0,8	-992 871	397473,9	220898,3	122244,7	67913,7	-184340,5
	0,9	-992 871	376027,5	198022,1	104372,6	55045,8	-259403,0
	1,0	-992 871	357440,6	178720,3	89360,1	44322,6	-323027,4

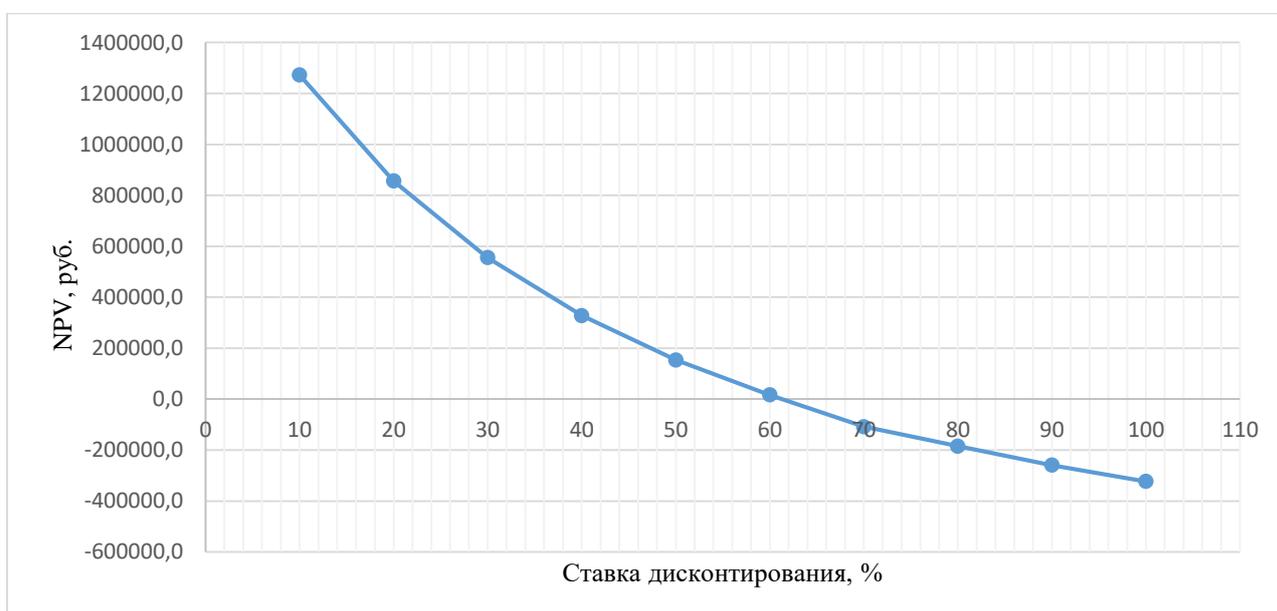


Рисунок 4.3 – Зависимость NPV от ставки дисконтирования

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 0,61.

$IRR > i$, проект эффективен.

Запас экономической прочности проекта: $61\% - 20\% = 41\%$

Дисконтированный срок окупаемости.

Одним из недостатков показателя простого срока окупаемости является игнорирование в процессе его расчета разной ценности денег во времени.

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

Наиболее приемлемым методом установления дисконтированного срока окупаемости является расчет кумулятивного (нарастающим итогом) денежного потока (таблица 4.29).

Таблица 4.29. – Дисконтированный срок окупаемости

№	Наименование показателя	Шаг расчета				
		0	1	2	3	4
1	Дисконтированный чистый денежный поток ($i=0,20$), руб.	-992 871	595 496	496 127,5	413 201,3	344 572,7
2	То же нарастающим итогом, руб.	-992 871	-397 375	98 752,5	511 953,8	856 526,5
3	Дисконтированный срок окупаемости	$DRR_{дск} = 1 + (397375/496127,5) = 1,8$ года				

Из проведённых расчётов можно заключить, что устойчивость проекта особых подозрений не вызывает.

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 4.30).

Таблица 4.30. – Критерии социальной эффективности

ДО	ПОСЛЕ
Отсутствие общей информации об возможном развитии и направлении экзогенных геологических процессов на территории города	Составлена карта экзогенных геологических процессов в городском округе
Отсутствие карты на электронном носителе	Возможность быстрого использования данных и доступность расширенному количеству заинтересованных лиц

4.4.2. Оценка сравнительной эффективности исследования

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

и ресурсоэффективности.

Интегральный показатель *ресурсоэффективности* вариантов объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_m^a = \sum_{i=1}^n a_i b_i^a, \quad I_m^p = \sum_{i=1}^n a_i b_i^p \quad (2)$$

где I_m^a - интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов;

a_i – весовой коэффициент i -го параметра;

b_i^a, b_i^p - балльная оценка i -го параметра для аналога и разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

В качестве вариантов исполнения проекта рассмотрим три организации: две организации осуществляют деятельность отдельно в сфере инженерных изысканий (условно аналог 1) и в сфере мониторинга экзогенных геологических процессов (ЭГП) (условно аналог 2). Третья

организация (текущий проект) осуществляет деятельность в сфере инженерных изысканий, но в качестве продукта предлагает комплексный подход – на основании карты ЭГП, выполненной собственными силами и инженерных изысканий.

Экспертным путем устанавливаем балльную оценку для текущего проекта и аналогов. Расчеты проводим по формуле (2). Полученные данные сводим в таблицу 4.31.

Таблица 4.31. – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии	Весовой коэффициент параметра <i>a</i>	Текущий проект (комплексный подход) <i>b</i>	Аналог 1 (только ИГИ)	Аналог 2 (только мониторинг)
1. Повышение производительности труда пользователя	0,10	4	5	5
2. Удобство в эксплуатации	0,12	5	3	3
3. Энергоэкономичность	0,10	5	4	4
4. Надежность	0,20	4	5	5
5. Простота эксплуатации	0,04	5	3	4
6. Конкурентоспособность продукта	0,11	5	4	3
7. Цена	0,15	5	4	4
8. Срок выполнения работ	0,13	5	4	4
9. Уровень проникновения на рынок	0,05	3	5	5
Итого:	1,00	4,60	4,19	4,12

$$I_{TP} = 0,1*4+0,12*5+0,1*5+0,2*4+0,04*5+0,11*5+0,15*5+0,13*5+0,05*3 = 4,6$$

(I_m)

$$\text{Аналог1} = 0,1*5+0,12*5+0,1*5+0,2*4+0,04*5+0,11*5+0,15*5+0,13*5+0,05*3 = 4,19$$

$$\text{Аналог2} = 0,1*5+0,12*3+0,1*4+0,2*5+0,04*4+0,11*3+0,15*4+0,13*4+0,05*5 = 4,12$$

Таким образом, у текущего проекта интегральный показатель ресурсоэффективности является наивысшим, что говорит о более высокой эффективности по сравнению с аналогами.

Интегральный *финансовый* показатель разработки определяется по формуле:

$$I_{\Phi}^p = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}} \quad (3)$$

где I_{Φ}^p – интегральный *финансовый* показатель разработки;

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

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

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

Интегральный показатель *эффективности* разработки – $I_{\text{фирн}}^p$ и аналога – $I_{\text{фирн}}^a$ – определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{\text{фирн}}^p = \frac{I_m^p}{I_{\Phi}^p}, \quad I_{\text{фирн}}^a = \frac{I_m^a}{I_{\Phi}^a}$$

Сравнение интегрального показателя *эффективности* текущего проекта и аналогов позволяет определить сравнительную эффективность проекта. Сравнительная эффективность проекта:

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{фирн}}^p}{I_{\text{фирн}}^a}$$

Где $I_{\text{фирн}}^p$ – интегральный показатель эффективности разработки и $I_{\text{фирн}}^a$ – аналога., а $\mathcal{E}_{\text{ср}}$ – сравнительная эффективность проекта.

Стоимость вариантов исполнения представим в виде таблицы (табл. 4.32).

Таблица 4.32. – Стоимость вариантов исполнения

Текущий проект	Аналог (раздельное выполнение)	Максимальная стоимость исполнения
992 871	1 731 410	1 731 410

Результаты расчетов сведем в таблицу 4.33.

Таблица 4.33. – Сравнительная эффективность разработки

Показатель	Текущий проект	Аналог (мониторинг)
Интегральный финансовый показатель разработки I_{ϕ}^p	0,57	1
Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки I_m	4,60	4,12
Интегральный показатель эффективности $I_{финр}^p$	8	7,2
Сравнительная эффективность вариантов исполнения \mathcal{E}_{cp}	1,1	0,9

Сравнение значений интегральных показателей позволяет сделать выбор в пользу текущего проекта. Интегральный финансовый показатель свидетельствует об удешевлении стоимости текущего проекта. Интегральный показатель ресурсоэффективности является наивысшим, что говорит о более высокой эффективности текущего проекта по сравнению с аналогами. Показатель сравнительной эффективности говорит о том, что с позиций финансовой и ресурсной эффективности текущий проект в 1,1 раза предпочтительнее аналога.

В результате выполнения данного раздела был выполнен анализ конкурентных технических решений. Анализ технических и экономических критериев показал, что организация, предлагающая комплексный продукт, обладает преимуществом по сравнению с конкурентами. В рамках разработки устава проекта были сформулированы цели, результат, область применения проекта. Был составлен «портрет» потребителя НТИ, выполнено сегментирование рынка, SWOT-анализ.

При работе над планированием были определены этапы работ, их трудоемкость, разработан график Ганта. Продолжительность работ по

получению исходных данных и проведению расчетов (не считая подготовительных работ) займет 98 рабочих дней с первой декады февраля до конца мая, а с учётом общего времени 400 рабочих дней.

При оценке сравнительной эффективности было установлено, что с позиций финансовой и ресурсной эффективности текущий проект в 1,2 раза предпочтительнее аналога.

ГЛАВА 5. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Выпускная квалификационная работа содержит информацию об состоянии овражной эрозии и возможного прогнозного развития данного процесса на территории города Барнаула.

Проведено исследование территории, собран материал фондовой литературы, оценены спутниковые снимки Landsat с открытых источников с сайта USGS Earthexplorer и снимки SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) для г. Барнаула и построена итоговая прогнозная карта экзогенных геологических процессов (ЭГП).

Данная работа может быть востребована для инженерно-изыскательских, проектных организаций, для организаций геологического мониторинга, для администрации отделов архитектуры и землеустройства, частных риэлтерских фирм для оценочной стоимости земель с учетом имеющегося ЭГП или возможного его развития и в научных целях для изучения предмета инженерная геодинамика.

Данная работа по исследованию овражной эрозии относится к камеральному отделу инженерно-геологических изысканий. Полевой период включает фотосъёмку.

Для раздела «Социальная ответственность» добавлен полевой (в части экологической безопасности) и камеральный этап.

Рабочее место расположено в проектном институте на 5 этаже, камеральный отдел занимает 10 комнат. Рабочая комната площадью 42 м², в комнате находится 6 компьютеров, 2 МФУ, 1 цветной плоттер для любого формата бумаг, 1 сканер. Работает в помещении 5 человек, шестой стол с компьютером периодически занят студентами. Окна большие, высотой 2,5 м. Дополнительно имеется освещение светодиодными лампами.

Трудовой день восьмичасовой с перерывом на обед 30 минут.

5.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

5.1.1. Правовые нормы трудового законодательства

Специальные правовые нормы трудового законодательства

Район исследования находится в I климатическом районе, подрайоне IV (СП 131.13330.2020) [11]. В соответствии с трудовым кодексом Российской Федерации работников нужно обеспечивать приемлемый режим труда и отдыха.

Камеральный отдел работает с графиком пятидневной недели с восьмичасовым рабочим временем и перерывом на обед 30 минут. Рабочий день начинается с 8-30 и заканчивается в 17 часов. Работникам предоставляется отпуск в 28 календарных дней.

Все работники устраиваются в организацию официально, с первого дня заводится запись в трудовую книжку, персональные данные всех сотрудников защищены. На предприятии подписывается документ о неразглашении тайны. Все сотрудники своевременно проходят медицинскую комиссию. Праздничные и предвыходные дни сокращены на 1 час.

Оплата труда производится своевременно, два раза в месяц, аванс и получка. Отпускные выплачиваются в течении 3х дней от начала отпуска, расчетные в последний день работы сотрудника. Заработная плата начисляется в соответствии с разрядом работника, стажем и т.д. Премияльные и все дополнительные выплаты учитываются, как и выплаты по больничным листам.

Вредные и опасные условия труда отсутствуют, возникают только в случае полевых или командировочных работ. При полевых или командировочных работах вводится дополнительная оплата труда в соответствии с законодательством.

Эргономические требования к правильному расположению и компоновке рабочей зоны

Весь выполняемый труд должен производиться согласно правилам, инструкциям и планам мероприятий полевой группы.

Перед началом работ должен производиться вводный инструктаж, инструктаж на рабочем месте, инструктаж по технике безопасности где рассказываются правила поведения человека на рабочем месте. Для каждой должности разрабатывается отдельная инструкция, подписанная директором и членами комиссии. Ежегодно инструкции проверяются и переутверждаются. В случае опасных работ, например, полевых, работ на высоте, работ с вращающимися элементами и т.д. после проведенного дополнительного инструктажа выдаётся наряд-допуск. Данный инструктаж производится инженером по технике безопасности, проверка знаний оценивается специальной комиссией.

5.2. Производственная безопасность

Анализ вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования.

Рассмотрение явлений овражной эрозии не является чем-то, что будет создавать вредные и опасные факторы. При проведении полевых и камеральных работ возможен риск возникновения вредных факторов, которые приведены в таблице 5.1., согласно ГОСТ 12.0.003-2015 [27].

Таблица 5.1. – Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ		Нормативные документы
	Камеральный	Полевой	
1. Воздействие электрического тока	+	+	ГОСТ 12.1.019-2017 Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты [29].
2. Отклонение показателей микроклимата	+	-	СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания [30]. РД 52.88.699-2008 Положение о порядке действий учреждений и организаций при угрозе

			возникновения и возникновения опасных природных явлений [31].
3.Отсутствие или недостаток естественного света	+	-	СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение [32]
4. Физические перегрузки организма работающего.	-	+	ГОСТ 12.3.009-76 ССБТ. Работы погрузочно-разгрузочные. Общие требования безопасности [33].
5. Нервно-психические перегрузки.	+	+	СП 51.13330.2011. Защита от шума. Актуализированная редакция СНиП 23-03-2003 [34] ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности [35].

5.2.1. Опасные факторы

Электрический ток

В работе одним из опасных факторов возможно повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека и привести даже к летальному исходу или к ожогу мест соприкосновения. Основным документом по электробезопасности является ГОСТ 12.1.019-2017 Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты [36].

Все компьютеры и приборы должны иметь заземление и исправные рабочие корпуса. Не должно быть оголённых проводов. При пользовании приборами не должно возникать статического напряжения. Все сотрудники и практиканты при устройстве на работу должны проходить обязательный инструктаж по технике электробезопасности. При обнаружении неисправностей в работе техники надо обратиться к инженеру по охране труда, электрику или руководителю предприятия до устранения проблемы.

5.2.2. Вредные факторы

- Отклонение показателей микроклимата;
- Отсутствие или недостаток естественного света;
- Физические перегрузки организма работающего;
- Нервно-психические перегрузки;
- Длительное сосредоточение наблюдения.

Обоснование мероприятий по защите исследователя от действия опасных и вредных факторов.

1) Отклонение показателей микроклимата.

Нормальный микроклимат в помещении является одним из необходимых условий для нормальной работы сотрудника. Он оказывает существенное влияние на тепловое самочувствие человека и его работоспособность.

Добиться оптимального комфорта возможно с помощью отопления и вентиляции. Оптимальные и допустимые нормы микроклимата для работ разной категории тяжести указаны в ГОСТ 12.1.005-88 [37], СанПиН 1.2.3685-21. Отопление помещений проектируется в соответствии с требованиями СП 60.13330.2020 [38]. Оптимальные параметры микроклимата на рабочих местах должны соответствовать величинам, приведенным в таблице 5.2. [39]

Таблица 5.2. – Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений

Период года	Категория работ по уровням энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Ia (до 139)	22 - 24	21 - 25	60 - 40	0,1
	Iб (140 - 174)	21 - 23	20 - 24	60 - 40	0,1
	IIa (175 - 232)	19 - 21	18 - 22	60 - 40	0,2
	IIб (233 - 290)	17 - 19	16 - 20	60 - 40	0,2
	III (более 290)	16 - 18	15 - 19	60 - 40	0,3
Теплый	Ia (до 139)	23 - 25	22 - 26	60 - 40	0,1
	Iб (140 - 174)	22 - 24	21 - 25	60 - 40	0,1
	IIa (175 - 232)	20 - 22	19 - 23	60 - 40	0,2
	IIб (233 - 290)	19 - 21	18 - 22	60 - 40	0,2
	III (более 290)	18 - 20	17 - 21	60 - 40	0,3

По энергозатратам рабочее место соответствует Ia категории, и температура воздуха и в холодный и в летний период соответствуют. Кондиционер в комнате присутствует.

В соответствии с СП 44.13330.2011. Административные и бытовые здания [40], в рабочем кабинете расположено шесть рабочих мест. На

постоянной основе работает пять человек. Общая площадь помещения 42 м². Согласно СП 44.13330.2011 на одного работника конструкторского бюро необходима площадь рабочего места 6,5 м², из чего следует, что для 6 сотрудников достаточно площади в 39 м², то есть, рабочая комната соответствует нормативным значениям по площади.

2) *Отсутствие или недостаток естественного света, искусственного света.*

Освещение нормируется всеобщим межотраслевым документом, содержащим нормы естественного и искусственного освещения предприятий, СП 52.13330.2016.

Согласно СП 52.13330.2016 недостаточная освещенность рабочей зоны является вредным производственным фактором, который может вызвать слепоту или привести к быстрому утомлению и снижению работоспособности.

Рабочее место инженера при камеральных работах должно освещаться естественным и искусственным освещением. Естественное освещение на рабочем месте было достаточно хорошим, при пасмурном дне освещение регулировалось искусственным включением света. Световые приборы организованы с помощью светодиодных ламп. Дополнительно на каждом рабочем месте имеются светодиодные переносные светильники. Норматив освещения на предприятии проверялся и соответствует требованиям законодательства. За счёт того, что изначально здание в советское время строилось для проектных организаций, естественное освещение находится на высоком уровне и рекомендовано пользоваться преимущественно им.

Согласно действующим Строительным нормам и правилам, а также СП 52.13330.2016 для искусственного освещения регламентирована наименьшая допустимая освещённость рабочих мест (таблица 5.3.).

Таблица 5.3. – Нормативные показатели освещения основных помещений общественных, жилых и вспомогательных зданий

Помещения	Плоскость Г- горизонтальная, В-вертикальная, нормирование освещённости и КЕО, высота плоскости над полом, м	Разряд и подразряд зрительной работы	Естественное освещение		Совмещенное освещение		Искусственное освещение				
			КЕО e_n , %		КЕО e_n , %		Освещенность рабочих поверхностей, лк		Объединённый показатель дискомфорта UGR, не более	Коэффициент пульсации освещённости, %, не более	Индекс цветопередачи источников света R_a
			при верхнем или комбинированном освещении	при боковом освещении	при верхнем или комбинированном освещении	при боковом освещении	при комбинированном освещении	при общем освещении			
Проектные залы и комнаты, конструкторские и чертёжные бюро	Г-0,8	А-1	4,0	1,5	2,4	0,9	600/400	500	21	10	80

3) Физические перегрузки организма, работающего.

Физические перегрузки (по ГОСТ «Опасные и вредные производственные факторы») или тяжесть труда определяются как вредные производственные факторы трудового процесса. Они могут быть с перемещением материалов и т.п. на расстояния [41].

Полевой этап в данной работе представлен только как для сбора фотоматериала, поэтому перегрузки физические отсутствуют.

При работе сотрудников камерального отдела за компьютерами вызывает статическую нагрузку, которая возникает от того, что человек находится в сидячем положении. Профилактика предусматривает исключение статической работы, изменение рабочей позы в процессе работы, проведение производственной гимнастики с рациональным

комплексом физических упражнений и т.п. При проектировании рабочих мест необходимо стремиться к тому, чтобы рабочая поза была как можно ближе к естественной позе человека.

4) Нервно-психические перегрузки.

При камеральном этапе, работники подвергаются монотонной и напряженной работе, которая связана с изучением и анализом большого массива данных, которые поступили с лаборатории и поля. Все это нужно выполнять в определенные сроки, что может вызвать эмоциональное перенапряжение из-за стресса.

Эмоциональные напряжения вызывают изменения функционального состояния центральной нервной системы. Данный фактор имеет место при работе по напряженному графику, риск для собственной жизни и здоровья (усугубляет ситуацию необходимость выполнения работ при дефиците времени).

Психофизиологические условия труда определяются также рабочей обстановкой, взаимоотношениями в трудовом коллективе, уровнем обслуживания, соответствием выполняемой работы способностям и склонностям работающего, общественной престижностью работы и т.п.

Организация комнат психологической разгрузки способствует снижению усталости и повышению производительности труда работающих, улучшает их настроение, что в конечном счете способствует сохранению их работоспособности и обеспечению охраны труда.

Длительное сосредоточение наблюдения возникают при напряжённости трудового процесса, при монотонности работы и поджимающих сроках производства, так как человек не успевает отдохнуть. Профилактикой является краткая зарядка для глаз, разминка, смена положения тела.

На данной работе защиты специальной от шумового воздействия не предусмотрено, в кабинете одновременно работают 5, иногда временно и

более человек, и поэтому чтобы не мешать сотрудникам работать, поддерживается тихая обстановка.

Расчет воздухообмена для очистки воздуха

Потребный воздухообмен определяется по формуле:

$$L=1000G/x_v-x_n, \text{ м}^3/\text{ч}$$

где $L, \text{ м}^3/\text{ч}$ – потребный воздухообмен;

$G, \text{ г/ч}$ – количество вредных веществ, выделяющихся в воздух помещения;

$x_v, \text{ мг/м}^3$ – предельно допустимая концентрация вредности в воздухе рабочей зоны помещения, согласно ГОСТ 12.1.005-88;

$x_n, \text{ мг/м}^3$ – максимально возможная концентрация той же вредности в воздухе населенных мест по СанПиН 1.2.3685-21.

Применяется также понятие кратности воздухообмена n , которая показывает, сколько раз в течение одного часа воздух полностью сменяется в помещении. Кратность воздухообмена определяется по формуле:

$$n = L/V, \text{ ч}^{-1}$$

где V – внутренний объем помещения, м³.

Согласно СП 2.2.3670-20 [42], кратность воздухообмена $n > 10$ недопустима.

5.2.3. Определение воздухообмена в жилых и общественных помещениях.

В жилых и общественных помещениях постоянным вредным выделением является выдыхаемый людьми углекислый газ (CO_2). Определение потребного воздухообмена производится по количеству углекислого газа, выделяемого человеком и по допустимой концентрации его. Количество углекислого газа в зависимости от возраста человека и выполняемой работы (таблица 5.4.).

Таблица 5.4. Количество углекислоты, выделяемой человеком при разной работе

Возраст человека и характер работы	Количество CO ₂ gco ₂	
	л/ч	г/ч
Взрослые: при физической работе	45	68
при лёгкой работе (в учреждениях)	23	35
в состоянии покоя	23	35
Дети до 12 лет	12	18

Содержание углекислоты в атмосфере населенных пунктов следует принимать: для сельских населенных пунктов – 650 мг/м³,

для малых городов (до 300 тыс. жителей) – 800 мг/м³,

для больших городов (свыше 300 тыс. жителей) – 1000 мг/м³.

ПДК CO₂ в воздухе рабочей зоны – 9000 мг/м³.

Порядок расчета:

Определить количество одновременно находящихся в помещении людей;

Определить характер работы и по таблице найти количество CO₂, выделяемое одним человеком;

Рассчитать количество CO₂, выделяемое всеми работниками
 $G = N_{\text{людей}} g_{\text{co}_2}$;

Рассчитать потребный воздухообмен.

Расчёт:

Одновременно на предприятии в комнате находится 6 человек. По характеру работ, работа считается лёгкой, берём данные из таблицы 4.4.

Количество CO₂, выделяемого всеми работниками равно:

$$G = 6 \cdot 35 = 210 \text{ л/ч}$$

Потребный воздухообмен равен:

$$L = (1000 \cdot 210) / (9000 - 1000) = 26,25 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Кратность воздухообмена равна:

$$V = 42 \cdot 3 = 126 \text{ м}^3$$

$$n = L/V, \text{ ч}^{-1} = 26,25/126 = 0,2$$

Согласно СП 2.2.3670-20, кратность воздухообмена $n > 10$ недопустима, в данном расчете кратность удовлетворяет условие.

5.3. Экологическая безопасность

Воздействие на селитебную зону - требований защиты к проектируемому зданию, технологическому процессу, оборудованию

Камеральные работы не оказывают значительного отрицательного влияния на окружающую среду. Такие работы, как офисные, относятся по категории загрязнения к IV классу опасности – малоотходный класс опасности. Особой защиты не требуется.

Воздействие на атмосферу

При написании работы не было вредных выбросов в атмосферу.

Защита гидросферы

Камеральные работы не предполагают выбросы в гидросферу. Такие выбросы имеются при производстве лабораторных работ, часто необходимых для инженерно-геологических, но в данной работе лабораторные анализы не использовались. Лаборатория данного предприятия использованную воду сливает в общую систему канализации, канализационные стоки очищает городской Водоканал, с которым у организации заключён договор.

Защита литосферы

При производстве инженерно-геологических изысканий используются бурильные установки для определения свойств грунтов. При этом надо учитывать вредные воздействия на окружающую природную среду. Возможное вредное воздействие приведено в таб. 5.5.

Таблица 5.5. – Вредные воздействия на окружающую среду и природоохранные мероприятия при инженерно-геологических работах

Природные ресурсы, компоненты геологической среды	Вредные воздействия	Природоохранные мероприятия
Почва	Уничтожение и повреждение почвенного слоя	Рекультивация земель
	Загрязнение горюче смазочными материалами	Сооружение поддонов, отсыпка площадок для стоянки техники
	Загрязнение производственными отходами	Вывоз и захоронение отходов
Грунты	Нарушение состояния геологической среды	Ликвидационный тампонаж скважин, геомониторинг
	Нарушение физико-механических свойств горных пород	Мероприятия по укреплению грунтов (цементация, битуминизация, силикатизация)
Подземные воды	Загрязнение производственными сточными водами и мусором, нефтепродуктами, буровым раствором	Сооружение водоотводов, складирование или вывоз мусора, обезвреживание сточных вод

В данной работе не предусмотрено проведение буровых работ. Поэтому загрязнение литосферы не ожидается.

Из вышперечисленного видно, что загрязняющих веществ в атмосферу, гидросферу, и т.д. не выявлено. Загрязняющими веществами являются все офисные отходы IV классов, то есть офисная бумага, картон, канцелярия, картриджи, бытовой мусор и т.п. Люминесцентные лампы отсутствуют, в организации все лампы светодиодные. Пластиковая тара собирается в отдельный контейнер, который потом идёт на переработку и повторное использование. На каждый определённый вид отхода имеются паспорта, отходы по классам опасности принимаются сторонней организацией.

При проведении инженерно-геологических работ необходимо выполнение следующих правил и мероприятий по охране природы:

- Запрещается разведение костров в неположенных местах;
- Запрещается загрязнять участок проведения работ;
- Соблюдать правила пожарной безопасности;
- Установка маслосборников для устранения горюче-смазочных материалов;

- Ликвидация скважин методом послойной засыпки ствола, извлечение грунтом с послойной трамбовкой.

После завершения всех работ в поле, следует придерживаться выше перечисленных правил.

Так же на момент изысканий нужно находить загрязняющие вещества, которые опасны для здоровья людей в геологической среде. Потому нужно разрабатывать решения по их устранению, проводить обследование состояния верхнего слоя грунтов и приводить рекомендации по замене грунтов на отдельных участках территории.

Любой небольшой ущерб, который наносится окружающей среде приводит к значительным последствиям в будущем, которые сложно предсказать [43].

5.4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях

5.4.1. Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований

Чрезвычайная ситуация – состояние, при котором в результате возникновения источника чрезвычайной ситуации на объекте, определенной территории или акватории нарушаются нормальные условия жизни и деятельности людей, возникает угроза их жизни и здоровью, наносится ущерб имуществу населения, народному хозяйству и окружающей природной среде.

Возможные чрезвычайные ситуации (ЧС) на рабочем месте это возникновение пожар в помещении, теракт, землетрясение. Наиболее вероятным из всех перечисленных возможен пожар.

1) Пожар в здании.

Пожар - неконтролируемое горение вне специального очага, наносящее материальный ущерб, вызывающее несчастные случаи [28].

Причинами возникновения пожара может послужить неправильная эксплуатация оборудования (компьютеры, оргтехника), перепад

напряжения, что приводит к электрическому замыканию, неисправность проводок.

Согласно СП 486.1311500.2020 [44], здания общественного и административно-бытового назначения подлежат обязательной установке пожарной сигнализации - АУП - автоматическая установка пожаротушения.

2) Несчастный случай.

Причинами возникновения несчастных случаев могут служить множество факторов к примеру неаккуратность, торопливость и т.д., что приводит к переломам, порезам, ушибам и т.д.

5.4.2. Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС

При пожаре в здании необходимо:

- Остановить работу оборудования и по возможности обесточить ее;
- В случае возгорания немедленно сообщить руководителю, ответственному за пожарную безопасность. Для вызова городской пожарной команды звонить с городской АТС - 101, с сотовых - 112. Принять меры по ликвидации очага возгорания и необходимости эвакуации людей и имущества из помещения;
- Каждый работник должен строго соблюдать установленный противопожарный режим, уметь пользоваться первичными средствами пожаротушения и знать порядок и пути эвакуации на случай пожара;
- Лица, не прошедшие первичный противопожарный инструктаж, к работе не допускаются;
- Оценить возможное распространение пожара, создающее угрозу для людей и пути возможной эвакуации;
- Приступить к ликвидации очага возгорания при помощи первичных средств пожаротушения (огнетушитель, песок, кошма и т.д.);
- Чтобы избежать пожара, находясь на рабочем месте, необходимо строго соблюдать следующие правила пожарной безопасности:

- Курение в организации допускается в строго определенных местах, соответствующим образом оборудованных и обеспеченных средствами пожаротушения (на улице). Курить в зданиях категорически запрещено;

- Лица, нарушающие требования пожарной безопасности, привлекаются к административной ответственности;

- Каждый работник организации должен проверить: наличие и состояние первичных средств пожаротушения; противопожарное состояние электрооборудования; работоспособность системы вентиляции; исправность телефонной связи; состояние эвакуационных выходов, проходов.

При несчастном случае необходимо:

- оказать пострадавшему первую медицинскую помощь;

- вызвать скорую помощь

- организовать его доставку в больницу (травм пункт);

- сообщить непосредственному директору и инженеру по охране труда о происшедшем;

Рабочий персонал должен быть подготовлен к оказанию первой медицинской помощи и иметь все необходимое для ее оказания, согласно принятой в организации инструкции по безопасности, чтобы избежать замешательства и трагических последствий [28].

Выводы

Полученная информация в ходе исследования социальной ответственности по теме выпускной квалификационной работы, показала, что соблюдение правил безопасности и мероприятий по устранению отрицательных последствий ведет к улучшению производства. Поэтому соблюдение данной информации улучшит работу производства и принесет положительный эффект.

Инженерно-геологическое исследование территории г. Барнаула в части изучения овражной эрозии территории само по себе не оказывает

влияния на здоровье человека и загрязнение экологии. Однако использованные данные для проведения расчетов являются результатом полевых и камеральных работ. Полевые работы оказывают прямое влияние на литосферу, экологию в целом и здоровье человека. Камеральные работы по большей части оказывают влияние на здоровье работника. Были изучены нормативные документы, которые регламентируют правила в части охраны труда, экологии и чрезвычайных ситуаций, что помогло в обосновании мероприятий по защите здоровья, экологии и предотвращению чрезвычайных ситуаций при выполнении комплекса работ при геокриологическом районировании.

После проведенных расчетов было проверено, что по отношению к воздухообмену в рабочем помещении нормативы соблюдены. В работе рассмотрены условия рабочего кабинета, его площади, освещенности, экологической безопасности как работников, так и влияние на окружающий мир, проведена оценка класса опасности, рассмотрены опасные и вредные факторы, использованы нормативные документы для оценки рабочего места.

Согласно Трудовому кодексу РФ данное рабочее место соответствует трудовому законодательству [45].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выполнен сбор, систематизация и анализ имеющихся территориальных фондовых геологических, гидрогеологических, метеорологических сведений, спутниковых снимков, результатов инженерных изысканий.

Исучаемая территория относится к I В району климатического районирования для строительства согласно СП 131.13330.2020.

Проведена оцифровка карт фондового материала: геологической, гидрогеологической, геоморфологической, карты четвертичных отложений.

На основе модели цифрового рельефа с помощью ГИС технологий получены карты абсолютных отметок, уклонов, экспозиции, кривизны г. Барнаула.

Собраны и обработаны метеорологические данные за 10 лет на территории города и построена карта среднегодовых осадков за 10 лет г. Барнаула.

На основе спутниковой карты разработана карта расстояния до рек территории города.

С помощью фондовых материалов и спутниковой карты разработана карта расстояния до разломов.

На основе спутниковых снимков построена карта вегетативного индекса NDVI.

Методом анализа иерархий (АНР) с помощью ГИС технологий построена карта предрасположенности к овражной эрозии города Барнаула.

Данная карта позволит увидеть степени опасности и предрасположенности территории города к овражной эрозии, что позволит при планировании застройки минимизировать техногенные риски и учесть природные факторы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Большая Российская энциклопедия, Россия. 2004.
<https://bigenc.ru/geography/text/2287407>
2. Швецов А. Я., Горлов Е. А. Природные условия Барнаула / Барнаул: Изд-во «Новый формат» (ИП Колмогоров И.А.), 2020 г. – 178 с.
3. Архив отчетов Барнаульской оползневой станции по стационарным наблюдениям за геодинамическими (оползневыми) процессами р. Оби в г. Барнауле // Российский федеральный геологический фонд «РОСГЕОЛФОНД» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.rfgf.ru/catalog/index.php>
4. Ракитина Е. А., Солонько Е. В. Применение современных дистанционных методов для мониторинга эрозионных процессов (на примере Барнаульского городского округа) //Кадастр недвижимости, геодезия, организация землепользования: опыт практического применения. – 2021. – С. 282-288.
5. Управление Федеральной службы государственной статистики по Алтайскому краю и Республике Алтай <https://akstat.gks.ru>
6. Балацкая И.А. Город Барнаул на рубеже XX и XXI столетий (природные условия, экология, история, экономика и социальная сфера) / И.А. Балацкая, А.Я. Швецов, В.С. Ревякин, Ю.А. Гатилов. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2011 - с.
7. Нечаев В.И. Отчет о результатах оценки запасов питьевых подземных вод действующего водозабора ОАО «Лакт» на Барнаульском месторождении. Лицензия БАР 00685 ВЭ. Отчет по договору с ОАО «Лакт» от 12.05.2011 г. (Фондовая литература ООО «АлтЦЭА»).
8. Дементьева Е.В., Квасов Б.М., Дым Р.М. и др. Отчет по геолого-гидрогеологическим работам с элементами геоэкологической направленности в масштабе 1:200 000 на территории Новоалтайско-Барнаульского территориально-промышленного комплекса. (Фондовая литература ООО «АлтЦЭА»).

9. Министерство геологии РСФСР Западно-Сибирское производственное геологическое объединение Алтайская гидрогеологическая экспедиция». Отчет по поискам и предварительной разведке подземных вод для водоснабжения р. ц. Тальменка за 1982 – 1987 гг. в 2х книгах. Книга 1. Ю. К. Березиков, А. М. Погребной г. Новокузнецк 1988 г. (Фондовая литература ООО «АлтЦЭА»).

10. Барнаул Научно-справочный атлас. ФГУП «ПО Инжгеология» г. Новосибирск, 2006 г.

11. СП 131.13330.2020 Строительная климатология, введен в действие с 25 июня 2021г.

12. СП 20.13330.2016. Нагрузки и воздействия, дата введения 2017-06-04.

13. Реконструкция моста через реку Барнаулка по ул. Челюскинцев в г. Барнауле, Шифр 1964 (фондовый материал ООО «Барнаулстройизыскания»).

14. <http://meteo.ru/component/content/article/109-katalogi-meteostantsij/684-katalog-meteorologicheskikh-stantsij-620>

15. ГСН 81-05-02-2007. ГСН-2001. Система нормативно-методических документов в строительстве.

16. Бородавко В. Г. Информационный отчет о результатах незавершенных работ по «Переоценке эксплуатационных запасов подземных вод на Барнаульском месторождении (объект «Водоснабжение г. Барнаула»)). (Фондовые материалы ОАО «АлтЦЭА»).

17. Географические и инженерно-геологические условия Степного Алтая, 1988.

18. Новиков И.С. Морфотектоника Алтая / Науч. ред. Е.В. Девяткин, Г.Ф. Уфимцев. - Новосибирск: Изд-во СО РАН, филиал «Гео», 2004. -313 с.

19. Гидрогеологическое районирование и составление легенды Омско-Кулундинской подсерии Западно-Сибирской серии листов Государственной гидрогеологической карты Российской Федерации масштаба 1:200000. (Отчет участка АИС ИГ по работам 1999-2001 гг.), Марченко П.Г., Костенко Г.Т.

20. <https://earthexplorer.usgs.gov> сайт EarthExplorer
21. Леонова А. В., Строкова Л. А. Оценка овражной эрозии на территории г. Томска с использованием ГИС-технологий //Известия Уральского государственного горного университета. – 2021. – №. 1 (61). – С. 74-86.
22. Строкова Л. А. Оценка эрозионной опасности водосбора р. Карабула Красноярского края для строительного освоения //Известия Томского политехнического университета. – 2021. – Т. 332. – №. 12. – С. 90-102.
23. Meshram S. G. et al. Assessing erosion prone areas in a watershed using interval rough-analytical hierarchy process (IR-AHP) and fuzzy logic (FL) //Stochastic Environmental Research and Risk Assessment. – 2022. – Т. 36. – №. 2. – С. 297-312.
24. Kayastha P., Dhital M. R., De Smedt F. Kayastha P., Dhital M. R., De Smedt F. Application of the analytical hierarchy process (AHP) for landslide susceptibility mapping: A case study from the Tinau watershed, west Nepal //Computers & Geosciences// Computers and Earth Sciences – 2013. – Т. 52. – С. 398-408.
25. Dastranj A., Noor H. Comparative evaluation of landslide susceptibility map using Analytical Hierarchy Process (AHP) and Fuzzy methods //Journal of RS and GIS for Natural Resources – 2021. – Т. 12. – №. 3. – С. 15-18.
26. Panchal S., Shrivastava A. K. Landslide hazard assessment using analytic hierarchy process (AHP): A case study of National Highway 5 in India //Ain Shams Engineering Journal. – 2022. – Т. 13. – №. 3. – С. 101626.
27. Sonker I., Tripathi J. N., Singh A. K. Landslide susceptibility zonation using geospatial technique and analytical hierarchy process in Sikkim Himalaya //Quaternary Science Advances. – 2021. – Т. 4. – С. 100039.
28. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие / Н.А. Гаврикова, Л.Р. Тухватули-на, И.Г. Видяев, Г.Н. Серикова, Н.В. Шаповалова; Томский политехнический

университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014.
– 73 с.

29. ГОСТ 12.0.003-2015 Система стандартов безопасности труда (ССБТ).
Опасные и вредные производственные факторы. Классификация

30. ГОСТ 12.1.019-2017 Электробезопасность. Общие требования и
номенклатура видов защиты.

31. СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к
обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды
обитания.

32. РД 52.88.699-2008 Положение о порядке действий учреждений и
организаций при угрозе возникновения и возникновении опасных природных
явлений

33. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение.

34. ГОСТ 12.3.009-76 ССБТ. Работы погрузочно-разгрузочные. Общие
требования безопасности.

35. СП 51.13330.2011. Защита от шума. Актуализированная редакция
СНиП 23-03-2003

36. ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.

37. ГОСТ 12.1.019-2017 Электробезопасность. Общие требования и
номенклатура видов защиты.

38. ГОСТ 12.1.005-88 Система стандартов безопасности труда (ССБТ).
Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны (с
Изменением N 1).

39. СП 60.13330.2020. Отопление, вентиляция и кондиционирование
воздуха.

40. Техника безопасности при геологоразведочных работах. И.А.
Шенгер и др. – Л.: Недра, 1970 – 264 с.

41. СП 44.13330.2011. Административные и бытовые здания.

42. Беляков, Геннадий Иванович. Охрана труда и техника безопасности
[Электронный ресурс]: учебник для прикладного бакалавриата / Г. И. Беляков.

— 3-е изд., перераб. и доп. — Мультимедиа ресурсы (10 директорий; 100 файлов; 740МВ). — Москва: Юрайт, 2016

43. СП 2.2.3670-20. Санитарно-эпидемиологические требования к условиям труда.

44. Справочник по охране геологической среды. Том 1. Г.В. Войткевич – Ростов на Дону, Феникс, 1996 – 448 с.

45. СП 486.1311500.2020. Системы противопожарной защиты. Перечень зданий, сооружений, помещений и оборудования, подлежащих защите автоматическими установками пожаротушения и системами пожарной сигнализации. Требования пожарной безопасности.

46. Трудовой кодекс Российской Федерации от (с изменениями на 25 февраля 2022 года), (редакция, действующая с 1 марта 2022 года).

47. Ghorbanzadeh O., Feizizadeh B., Blaschke T. An interval matrix method used to optimize the decision matrix in AHP technique for land subsidence susceptibility mapping. *Environmental Earth Sciences*. 2018. V. 77. Article number 584.

48. Neji N., Ayed R.B., Abida H. Water erosion hazard mapping using analytic hierarchy process (AHP) and fuzzy logic modeling: a case study of the Chaffar Watershed (Southeastern Tunisia) // *Arabian Journal of Geosciences*. – 2021. V. 14. № 13. P. 1–15.

49. Ghosh A., Maiti R. Development of new composite index on channel sensitivity using AHP, FR and ensemble model and its application on the Mayurakshi river of Eastern India // *International Journal of River Basin Management*. 2021. V 80. № 8. P. 1–18. DOI: 10.1080/15715124.2021.1879092

50. Duong B., Fomenko I., Sirotkina O., Vu D. H. Regional assessment of landslide hazard by a modified method of hierarchy analysis in the geoinformation system (using the example of the Shapa district of Lao cai province of Vietnam). September 2021 *Engineering Geology World* volume XVI (№ 2): с. 6–20

51. J. Wu, X. Chen, J Lu. Assessment of long and short-term flood risk using the multi-criteria analysis model with the AHP-Entropy method in Poyang Lake basin. April 2022. *International Journal of Disaster Risk Reduction* 75:102968

Приложение А

Analysis of factors influencing the formation of gully erosion by analytical hierarchical process, AHP

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2BM01	Бурнашева Ольга Валериевна		30.05.2022

Консультант отделения геологии ИШПР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Савичев Олег Геннадьевич	д. г. н., профессор		30.05.2022

Консультант – лингвист отделения (НОЦ) школы _____ (аббревиатура отделения (НОЦ) школы):

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Болсуновская Людмила Михайловна	Кандидат филологических наук, доцент		30.05.2022

CHAPTER 6. ANALYSIS OF FACTORS INFLUENCING THE FORMATION OF GULLY EROSION BY ANALYTICAL HIERARCHICAL PROCESS, AHP

For this work, the method of analysis of hierarchies was taken, which is practically often used to develop predictive maps of exogenous geological processes. This method has been used in many studies [1, 2, 3, 4, 5]. The scope of application is engineering geology, hydrogeology, etc. This method is relevant for assessing the susceptibility to various slope processes, groundwater pollution, suffusion, etc. geological processes. Recently, more than 5400 papers have been published, with the development of maps of territories prone to landslide processes in different parts of the globe and more than 940 papers already used by the methodology for creating zoning maps.

This method of analysis of hierarchies was considered based on its sufficiently high reliability in obtaining results and easy accessibility in relation to obtaining materials for the basis on which it is possible to create a forecast map.

Considering the work of foreign authors, it was revealed that the method, compared to others (for example, the frequency ratio method, FR), when comparing similarly obtained maps, has a higher percentage of matches with already identified current exogenous geological processes. Its coincidence is 90 percent or more, the parity method has 85%, which is also quite high. But in this paper it is not considered. The method of analyzing hierarchies is evaluated using GIS technologies, which has a great advantage in relation to overlaying maps on each other, accurate terrain coordinates, ease of operation, which cannot be done in programs such as AutoCAD and the like.

There are also advantages in the choice of materials. Most of the basics of the maps can be obtained in the public domain on the USGS Earth Explorer website received Landsat satellite imagery and Shuttle Radar Topographic Mission - SRTM imagery.

There are also difficulties in this method, described by the authors of the article Omid Ghorbanzadeh, Bakhtiar Feizizadeh and Thomas Blaschke «An

interval matrix method used to optimize the decision matrix in AHP technique for land subsidence susceptibility mapping» [46].

The APH method is based on the pairwise matrix comparison method, founded in 1980 by Saaty. The method is based on weighing each factor separately and comparing it with other factors. That is, a certain influence of the human factor also plays a role in obtaining the result. The basis for deciding the choice of priority is the author's own experience with the basis for the consideration of such evaluative opinions in scientific articles with consideration of the APH method (Table 6.1.).

Table 6.1. Scale of preference between two factors in AHP (after Saaty 2008)

Scales	Remarks
1	Equal importance
3	Weak importance of one over another
5	Essential or strong importance
7	Demonstrated importance
9	Absolute importance
2, 4, 6, 8	Intermediate values between the two adjacent judgments
Reciprocals	For opposite comparison
1,1 – 1,9	If the dominance is very close

In the AHP method, the value judgment is based on professional knowledge, i.e. knowledge is subjective.

Despite some costs, this method is widely used and is currently used by many authors. In "Establishment of Natural Hazards Mapping Criteria Using Analytic Hierarchy Process" authors Florentino F. Morales Jr. and Walter Timo de Vries [47], this method is well described and the reasons given for its application. The AHP method is considered as a decision-making and forecasting method that gives a percentage distribution of decision points in terms of decision-influencing factors, which can be used if a decision hierarchy can be defined.

The method is also convenient in that, during scientific consideration, the main indicative criteria used for comparison are sufficiently studied and, based on scientific experience, it is possible to evaluate which of the criteria are best taken to build maps and evaluate them using the hierarchy analysis method.

Of the scientific articles in this paper, the following works are also considered:

Ghosh A., Maiti R. Development of new composite index on channel sensitivity using AHP, FR and ensemble model and its application on the Mayurakshi river of Eastern India, authors Ramkrishna Maiti and Abhishek Ghosh [48].

Neji N., Ayed R.B., Abida H. Water erosion hazard mapping using analytic hierarchy process (AHP) and fuzzy logic modeling: a case study of the Chaffar Watershed (Southeastern Tunisia) [49].

Assessment of long and short-term flood risk using the multi-criteria analysis model with the AHP-Entropy method in Poyang Lake basin, authors Jinru Wu, Xiaoling Chen and Jianzhong Lu. [50].

6.1 Goals, objectives and effectiveness of studying the spatio-temporal features of the development of ravine erosion

Annotation

Relevance of research

The purpose of the work is to establish the regularities of the spread of ravine erosion, to assess the intensity of its development and to predict the likelihood of its manifestation within the new boundaries of the city.

The work uses the possibilities of using space observation images, comparing them with maps of the geological environment, relief, precipitation and other maps, with factors influencing gully formation, and using the ArcGIS program to solve the following *tasks*:

- to study the location, climatic characteristics of the study area;
- superimpose the received satellite images with digitized maps on specific coordinates on the ground and get the desired results;
- to determine the location of ravines;
- using the analytical hierarchical process, AHP, to obtain a predictive map of ravine erosion in the city of Barnaul.

- get an accurate description and maps of the area, on which you can overlay other maps, including cadastral ones, as well as determine the exact location of the study area in coordinates.

The main goal is to assess the geological environment, natural conditions, hydrogeology, relief, slopes, solar illumination, etc. for the most accurate compilation of a predictive map of ravine erosion.

Research Methods. The forecast of the possible development of ravine erosion was carried out using GIS technologies, which can be used to analyze and process various data in the geological environment. The source materials are high-resolution USGS Earth Explorer satellite images, stock maps and materials for the city of Barnaul and the Altai Territory. In order to determine the "weight" of factors, the method of analysis of hierarchies (analytical hierarchical process, AHP) was taken.

The effectiveness of the research is quite high, when considering the developed maps and comparing them with the ravine processes available on the territory of the city of Barnaul, a clear pattern is obtained. Land zones with the worst conditions fall into zones of already formed exogenous changes.

The constructed map with a high probability (up to 90%) allows not only to determine the existing ravines, but also to predict the development of ravine processes.

This technique already has a sufficiently developed methodology for analyzing hierarchies (analytical hierarchical process, AHP). This work as a scientific work on the territory of the city of Barnaul has not been previously carried out. The work on ravine erosion in Barnaul was carried out, a scientific article was written in 2021, but the methodology and software were chosen differently.

The map developed in this work has not been produced before. This work will facilitate the assessment of land both in organizations involved in urban planning, and in organizations involved in engineering surveys, real estate firms, which will make it possible to facilitate and increase the speed of the work of these organizations, the work is also useful for organizations involved in monitoring and both in educational activities, for the subject "Engineering geodynamics".

This technique allows you to explore any territory of Russia where there are materials on satellite images and studied geological and other related conditions, this is almost the entire territory of the country. The larger the scale, the more accurately one can study and predict ravine erosion and other exogenous geological processes. Precise binding to coordinates is especially convenient.

6.2 Work procedure

The construction of maps of the susceptibility of hazardous geological processes is based on the experience of the developed methods of domestic and foreign authors using GIS technologies [21-27, 47-51]. In recent years, more than 5400 papers have been published on the development of maps of susceptibility to landslide processes and more than 940 papers on this methodology for compiling maps of zoning of exposure to other exogenous processes, such as suffusion, erosion, etc.

First, thematic layers of maps are prepared for the construction of maps with certain factors that can lead to the emergence of a geological process and predetermine the intensity of its development. Next, the weight of each factor is determined. The hierarchy analysis method was used to determine the weight of the factors. Then the thematic maps are multiplied by the weight of the corresponding factor and combined into one by means of overlay. Next, the map is differentiated into categories with different degrees of susceptibility in different colors and checked.

Mapping technology.

To build thematic maps, materials from the Territorial Fund of Geological Information of the Altai Territory and open sources were used:

1. On the basis of the materials of the Territorial Fund, maps of Quaternary deposits, hydrogeology were prepared, created on the basis of maps of 1998 [9] and maps of geomorphology, tectonics, geology based on maps of 2004 [16] (Appendix P, M, N, R, L).

2. *Digital elevation model (DEM)* obtained from SRTM image (n53_e083_1arc_v3), Landsat images. Data taken from the USGS Earth Explorer website [20] in the public domain. Based on the DEM, maps of absolute relief marks, exposure, slope angle, curvature, runoff direction, etc. were built. (Appendix B, V, G, D, J).

3. On the basis of Landsat images, a map of the NDVI index was built, taken in the public domain from the USGS Earth Explorer website [20], and a map with the distance to the rivers was also built on the basis of satellite maps (Appendix C, K).

4. Meteorological data are taken from open sources on the website meteo.ru [14] for 2011-2021 for 22 meteorological stations (Appendix Z).

All maps are based on the geographic projection of Asia Lambert Conformal Conic maps. Weather station coordinates were taken in the Pulcovo 1995 projection.

After the preparation and construction of maps, the significance of the factors was determined. Since the significance of each factor for assessing the overall component is different, depending on certain geological, morphological, regional, technogenic, etc. factors, it is advisable to evaluate each factor. This work is carried out using the theory of fuzzy sets. The analytical hierarchical process (AHP) method was used. Then each thematic map is multiplied by the weight of the corresponding factor and combined into one map of susceptibility to EGP by means of overlay. Further, the resulting map is classified with classes of high, medium and low degree of susceptibility to EGP. From 3 to 5 classes are distinguished according to the susceptibility of the area under study.

Below is a diagram demonstrating the algorithm for constructing maps of the territory's susceptibility to the development of EGP (Fig. 6.1).

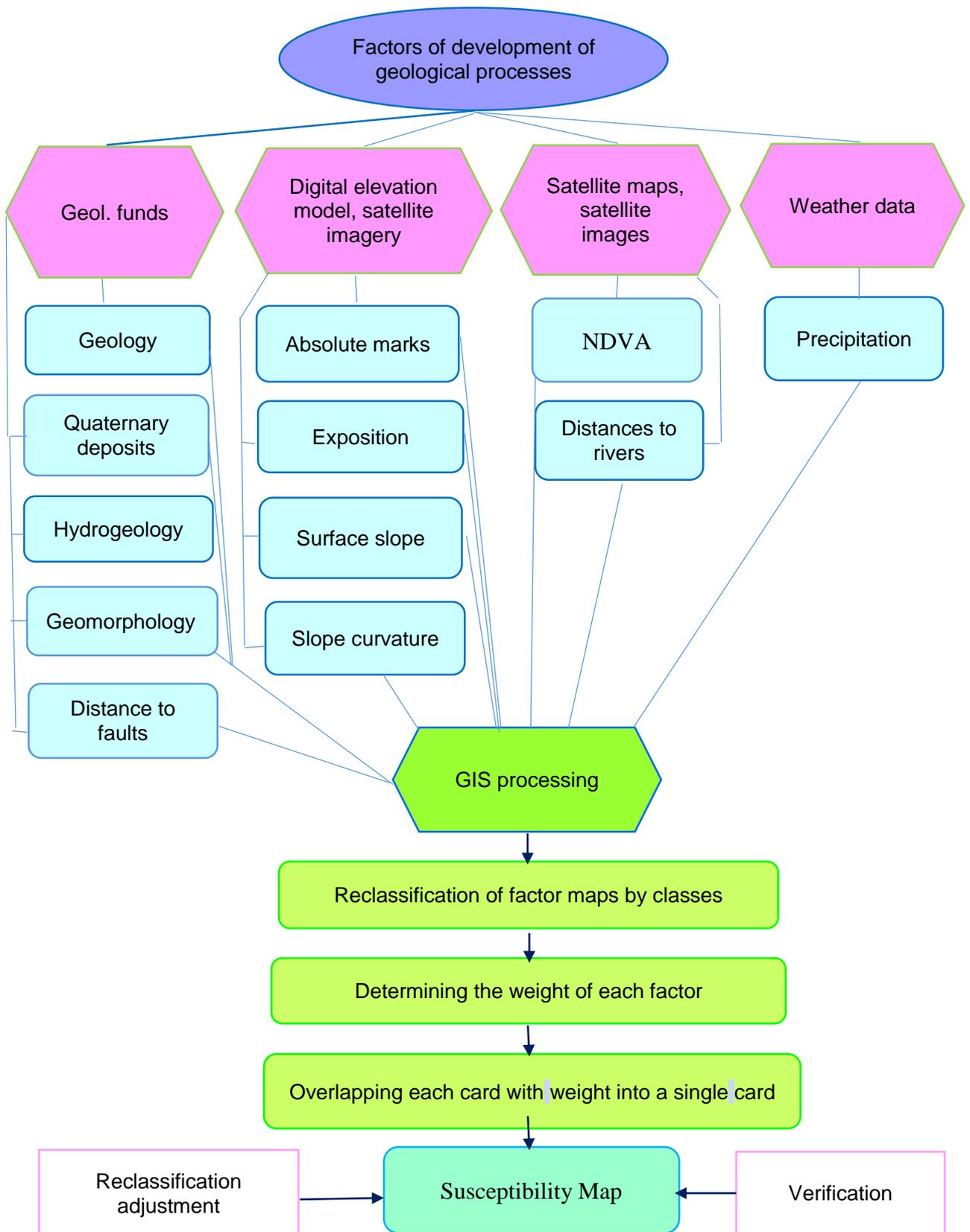


Figure 6.1. Flowchart of mapping

Table 6.2. below shows the technology for developing various thematic maps of data layers

Table 6.2. Techniques for production of various thematic data layers

Thematic Layer	A source of information	GIS processing	Application
Geology	Stock literature Kiseleva L.D., Borodavko V.G.Barnaul, 2004 M 1:200 000	Reclassification	Stratigenetic complexes and composition of rocks
Distance to faults		Proximity Analysis, Buffer	Fault distribution
Geomorphology		Reclassification	Morphological relief subtype
Hydrogeology	Stock literature Dim R/ M. Novokuznetsk, 1998 M 1:200 000	Reclassification	Aquifers and rock composition
Quaternary formations	Stock literature Kvasov B. M., Kiseleva L. D. Mr. _ Novokuznetsk, 1998 M 1:200 000	Reclassification	Stratigenetic complexes and composition of rocks
Absolute marks	CRM Shuttle Radar Topographic Mission - SRTM	CRM classification, Isoline	Relief characteristic
Exposition		Spatial Analysis, Exposure	
Surface slope		Spatial Analysis, Curvature	
Slope curvature		Spatial Analysis, Curvature	
Index NDVI	Satellite imagery LANDSCAT	Raster Calculator	Vegetation characteristics, reflection index
Distance to rivers	Satellite map Open Street Map	Proximity Analysis, Buffer	River distribution
Precipitation	VNIIGMI-MTSD, aisorim.meteo.ru	Spatial Analysis, Interpolation, Kriging	Precipitation distribution

Hierarchy Analysis Method

With the help of AMR, a hierarchy of goals, alternatives and criteria is determined. Initially, there is a pairwise comparison of each private value at each level. The solution of the matrix is based on the method proposed by T. L. Saaty in 1970. Paired comparisons are determined by the degree of dominance of one of the criteria over the other. Each criterion is determined on a 9-point scale, depending on the significance. Next, the priority of each factor is determined by calculating the normalized eigenvector. After processing the judgment matrix, the consistency of the data is determined. A consistency ratio of no more than 10% is allowed.

6.3 Results

I. - Layer preparation

To map the susceptibility, the factors influencing the development of ravine erosion are determined. Factors selected: absolute surface elevations, slope slope, curvature, exposure, geology, distance to rivers, geomorphology, Quaternary sediments, distance to tectonic faults, hydrogeology, NDVI index, atmospheric precipitation. Factors included a certain number of classes. 12 factors (layers) were selected, within which 70 classes were identified.

Next, thematic maps were prepared. The source maps were taken from the USGS Earthexplorer website, SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) images for Barnaul and Landsat images, a CRM was built, and then maps of heights, runoff directions, curvature, slopes, etc. On the basis of meteorological data, a map of atmospheric precipitation was built. Maps were built using "ArcGIS 10.4.1"; map of geological conditions, geomorphology compiled by L.D. Kiseleva and V.G. Borodavko [16], geological map of the city 1:200 000 compiled by B.M. Kvasov and L.D. Kiseleva, maps of geomorphology and tectonics compiled by them, a map of exogenous geological processes created by V.F. Simonov [9], supplemented by personal observations, the hydrogeological map was compiled by R.M. Dym [9]. Maps were linked along the rivers Ob, Barnaulka, Vlasikha, Pivovarka, Shvabka Big and Small Cheremshanka, Kislukha, Povalikha, Bobrovka, etc.

Absolute surface marks were obtained from the CRM by classifying the SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) raster (Appendix B, V).

The slope of the surface is the leading characteristic in assessing ravine erosion. The slope ratio is directly proportional to the intensity of erosion processes, since the higher the slope, the more intense the runoff and the less moisture penetrates the soil. The greater the slope, the greater the shear stress in loose soils. The increase in erosion processes increases with increasing slope. The amount of solar energy also depends on the slope, the angle of incidence on the ground changes.

The power of the soil cover also varies depending on the slope and height of the slope (Appendix G).

Exposition. This is a clockwise angle, starting from the north, which is projected onto the horizontal surface of the earth. The direction of the maximum slope is fixed. The direction of flow or surface exposure determines the movement of water under the influence of gravity in the direction of exposure. Exposure determines the orientation of a surface in relation to the angle of incidence of sunlight and insolation. On the territory of the Altai Territory and the city of Barnaul, the southern slopes warm up more than the northern and northeastern ones and, therefore, the southern slopes are drier. It turns out that the northern, northwestern, western slopes are more susceptible to the development of ravine erosion (Appendix D).

Slope curvature. The slope curvature value is determined from the DEM based on the second order derivative. Slope and exposure characterize the gradient of a surface, and curvature determines the measure of that gradient. The convex curvature contains less water, the concave one contains more. Positive values mean convex, and negative values mean concave. A value of zero indicates the plane of the surface. It follows from this that the concave sections of the profile are more prone to erosion than the convex ones. More negative values of the curvature of the elephant indicate a greater likelihood of erosion (Appendix J).

Atmospheric precipitation is a very important factor in the formation of erosion. The value of precipitation, their speed and duration, seasonality, extremeness affect the formation of ravine erosion. The distribution of average annual precipitation for 10 years [14] is shown by the construction of the kriging method (Appendix Z).

Distance to rivers. Rivers can adversely affect stability by eroding slopes or saturating the underside as water levels rise. [9]. The connection between surface and ground waters is also important, sometimes technogenic factors also have an impact, in areas of flooding with technogenic waters [20] (Appendix K).

Geology. This layer reflects the distribution of stratigraphic-genetic complexes, one of the most important layers in the study of dangerous geological processes [21]. Built on the basis of a map of stock materials [16], from a map at a scale of 1:200 000 (Appendix L).

Hydrogeology. The layer was built using a map of stock materials [9] at a scale of 1:200 000. Depending on the filtration sections, with an excess of water supply, the slopes may be subject to ravine erosion. With the weighting of rocks on the slopes due to soaking, landslide processes may also occur (Appendix M).

Exogenous Geological Processes. The EGP map was compiled on the basis of stock materials at a scale of 1:200 000 [9]. The map is from 1998, therefore it was analyzed by the authors and refined. The line of passage of the boundaries of the city in contact with the river Ob has especially changed. Part of the city collapsed into the river during active landslide processes (Fig. 6.2.).

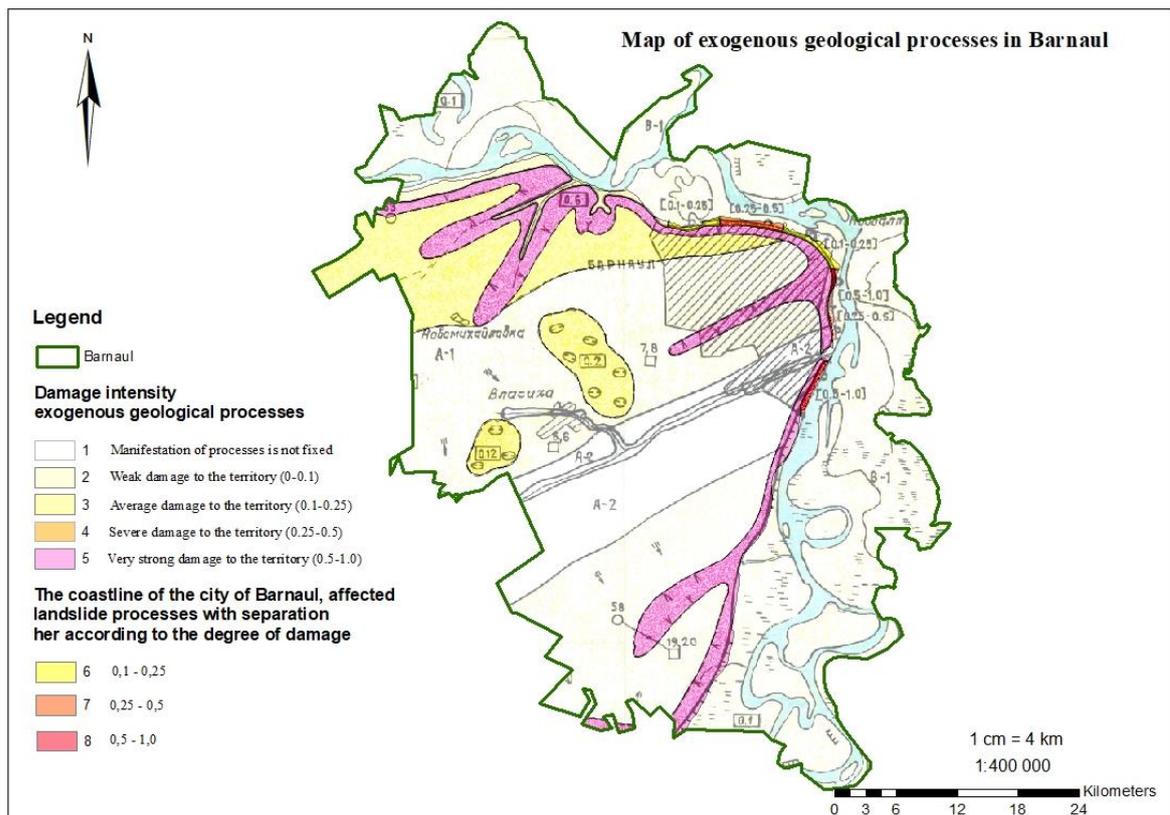


Figure 6.2. Digitized map of exogenous geological processes in the city of Barnaul based on the 1998 map by V.F. Simonova.

Geomorphology. The layer of the geomorphology map was built on the basis of stock materials of the 2004 map on a scale of 1:200 000 [16]. The layers also characterize the structure of the relief of the city, the ratio of terraces, which also has a component in the influence of the formation of ravine erosion (Appendix N).

Quaternary deposits. The layer of the map of Quaternary deposits is also built on the basis of maps of stock materials for 1998 at a scale of 1:200 000 [9]. The layers are also important, as they are located closer to the earth's surface and are directly involved in the filtration properties of rocks, stability and other physical properties, influencing the formation of ravine erosion (Appendix P).

Distance to faults. Map layers are built on the basis of stock materials, scale 1:500 000, map of the tectonic scheme of 2004 [16] and reflects tectonic disturbances and faults that contribute to erosion and increase in filtration rate (Appendix R).

Vegetation index NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) - a normalized relative vegetation index - a simple indicator of the amount of photosynthetically active biomass (commonly called the vegetation index). It is calculated from the absorption and reflection of the red and near infrared rays of the spectrum by plants. Open lands are more vulnerable to erosion than green forest areas. Vegetation minimizes the potential for erosion. Forests and shrubs are shown with positive values (0.26 - 0.56), water corresponds to negative values (-0.12), and values (-0.5) for concrete, asphalt, areas with a widely developed industry in the city have an indicator of - 0.002 to 0.025 (Appendix C).

II - Determining the weight of factors

To determine the relationship between natural and anthropogenic factors, the significance of factors was studied using the hierarchy analysis method (AHP), which was the basis of T. L. Saaty in 1970. This method of ratios allows us to assess which factor is important in relation to another. For this, 12 factors were identified. When reviewing the literature and assessing using the AHP method, it was found that the geological structure, slope, precipitation, location in relation to the cardinal

points, etc. have the greatest influence on the formation of ravines. A table was prepared in the Excel program for pairwise comparison of the matrix of factors for the development of ravine erosion. The method consists in determining alternative 1 and alternative 2 how many times the first has a greater influence than the second on the development of the EGP. With the help of this comparison, it is possible to determine how much the influence of geology is greater than the influence of distance from geological faults, etc.

This method is presented in table 6.3.

Table 6.3. Erosion causative factors' pair-wise comparison matrix and weights based on the AHP method

Criterion	Distance to faults	Index NDVI	Besiege	Hydrogeology	Height	Curvature	Slope	Slope exposure	Quaternary deposits	Geomorphology	Geology	Distance from the river	Estimating Eigenvector Components	Normalized Priority Vector Estimates
Distance to faults	1	1/2	1/6	1/6	1/7	1/4	1/4	1/5	1/9	1/2	1/8	1/4	0,24	0,017
Index NDVI	2	1	1/2	1/3	1/2	3	3	1	1/2	2	1/2	1/4	0,87	0,062
Besiege	6	2	1	2	1/2	1/2	1/2	1	1/2	3	1/2	2	1,13	0,081
Hydrogeology	6	3	1/2	1	1/3	1/2	1/2	1/2	1/3	1	1/3	1/2	0,72	0,052
Height	7	2	2	3	1	2	2	1	1/2	3	1	2	1,78	0,127
Curvature	4	1/3	2	2	1/2	1	1	1/2	1/3	2	1/2	1	0,93	0,067
Slope	4	1/3	2	2	1/2	1	1	1/2	1/3	2	1/2	1	0,93	0,067
Slope exposure	5	1	1	2	1	2	2	1	1/2	2	1/2	2	1,36	0,097
Quaternary deposits	9	2	2	3	2	3	3	2	1	4	1	2	2,37	0,169
Geomorphology	2	1/2	1/3	1	1/3	1/2	1/2	1/2	1/4	1	1/4	1/2	0,52	0,037
Geology	8	2	2	3	1	2	2	2	1	4	1	2	2,07	0,148
Distance from the river	4	4	1/2	2	1/2	1	1	1/2	1/2	2	1/2	1	1,06	0,076

When comparing factors in pairs, other factors are not taken into account. After pairwise comparison and compilation of the matrix, it is necessary to calculate the matrix consistency index, which, if compiled correctly, should not exceed 10%.

After analyzing the factors influencing the formation of ravine erosion, it turned out that the Quaternary formations (0.17) with geology (0.15), then height

(0.13), precipitation (0.1), besiege (0.08), distance from the river (0,06 each), the curvature and slope with distance from the river (0.07 each) turned out to be less significant, less than the NDVI index with slope exposure (0.6 each), the rest (less than 0.05) have even less impact. This method also confirms the fact that on the territory of the city of Barnaul in geological rocks in some areas, loesses are well developed, reaching up to 10-12 m.

Further work was carried out with prepared raster maps, which were assigned a value for each of their classes and each class was multiplied by the corresponding weight and weights were summed up to obtain a simple map, where each cell has a certain summed index of susceptibility to erosion processes (Appendix T). When constructing the map, the raster was classified using the "Natural Boundaries" method and assigned five categories with susceptibility very low, low, medium, high and high. The analysis of the obtained factor weights is presented in Table 6.4.

Table 6.4. The results of determining the "weight" of the gully-related factors AHP method

Layers	Class	% class	AHP weight	
Slope exposure, degree	Flat	11,22	0,00	0,097
	North1	9,98	0,18	
	North-east	9,68	0,15	
	East	7,58	0,07	
	South-eas	11,80	0,05	
	South	18,02	0,03	
	South-wes	8,94	0,05	
	West	6,34	0,07	
	Nort-west	9,94	0,14	
	North 2	6,50	0,25	
Absolute marks, m	118-146	39,1	0,06	0,127
	146-174	7,6	0,34	
	174-203	22,9	0,31	
	203-231	23,7	0,18	
	231-259	6,7	0,12	
Distance to faults, m	250	3,0	0,46	0,017
	1000	12,1	0,35	
	2000	40,0	0,12	
	5000	60,6	0,08	
Index NDVI	-0,17	1	0,30	0,062
	-0,12	6	0,28	

	0,025	18	0,23	
	0,3	35	0,10	
	0,45	20	0,06	
	0,59	20	0,03	
Besiege	462-471	12,8	0,06	0,081
	471-478	25,6	0,10	
	478-485	25,6	0,16	
	485-491	17,9	0,26	
	491-500	17,9	0,42	
Hydrogeology	a Q IV	40,2	0,12	0,052
	d Q III-IV	5,2	0,46	
	al Q IV	1,6	0,28	
	a Q II-III	1,2	0,05	
	sa Q I-II	51,8	0,10	
Curvature	(1)<-0.05	50	0,63	0,067
	(2) -0.05-0.05	5	0,24	
	(3)>0.05	45	0,14	
Slope	0-1	33,3	0,03	0,067
	1-2,5	30	0,07	
	2,5-5	23,3	0,09	
	5-8,5	3,3	0,14	
	8,5-15	3,3	0,23	
	15-43,2	6,7	0,45	
Quaternary deposits	a IV	40,2	0,11	0,169
	dc IV	0,4	0,32	
	d III-IV	5,2	0,23	
	sa III-IV	8,8	0,07	
	al III	1,6	0,12	
	a II-III ks	1,2	0,06	
	sa, la I-II krd	42,6	0,10	
Geomorphology	(1) Floodplain of the Ob and tributaries (QIV)	39,7	0,14	0,037
	(2) Floodplains of tributaries of the Barnaulka and other left-bank (QIV)	1,6	0,47	
	(3) I above the floodplain terrace of the river Barnaulka (IQIII)	1,6	0,23	
	(4) The ancient terrace of the river Barnaulka (QII-III ks)	0,8	0,06	
	(5) Ridges are gently undulating (QI-II kd)	56,3	0,10	
Geology	(1) Holocene alluvial deposits (QIV)	41,7	0,09	0,148
	(2) Upper Neopleistocene alluvial deposits (IQIII)	1,3	0,27	
	(3) Middle-Upper Pleistocene deposits. Kasmala Formation. (QII-III ks)	1,3	0,04	

	(4) Lower-Middle Pleistocene subaerial lacustrine-alluvial deposits (QI-II kd)	55,0	0,10	
	(5) Eopleistocene. Lacustrine and alluvial deposits. Kochkovskaya suite (QE kc)	0,8	0,50	
Distance from the river, m	100	63,3	0,63	0,076
	300	15,8	0,24	
	500	21,1	0,13	

Analytical hierarchical process (AHP) method

When comparing the influence of factors on gully formation (Table 6.3.), it was revealed that Quaternary formations and geology have the greatest value or "weight". When compared, it was found that deluvial-colluvial deposits (dc_{IV}), composed of loams and sandy loams, deluvial deposits (d_{III-IV}), composed of loams and sandy loams. These deposits are found in the Upper Quaternary deluvial deposits of the first and second floodplain terraces of the river. Ob. Heights also have a great influence on the EGP, the height difference in the city is quite large, in percentage terms it is 6.7%. This is especially pronounced in the region of the Ob bank, where, in addition to ravines, landslide processes are often encountered. In temporal comparison, the coast is moving towards the west, gradually losing the territory of the city. Also, the channel of the Ob River will gradually change its trajectory and tend to the west, this is clearly seen from the Ob oxbow lake. The greatest influence on gully formation is exerted by rivers in the zone up to 100 m. If we analyze the impact of the spread of ravine erosion in terms of the NDVI index, then indices below 0.025 have a much greater influence, that is, areas closer to rivers, subject to anthropogenic impact, where vegetation is less located, also have an impact on the formation of EGP. According to the curvature of the slopes, concave territories make up about 50%, which, when precipitation accumulates, also affects the formation of ravines. A stronger slope (from 15 to 43.2 degrees) also affects the EGP.

Building and analyzing a susceptibility map

In the final construction of the map after assigning digital values to raster maps to their layers. After summing up the maps and obtaining the final map of

susceptibility to EGP, a classification was made using the "Natural Boundaries" method into 5 categories: very high, high, medium, low, very low (Appendix T).

The resulting map clearly demonstrates the location of areas prone to erosion, while the results obtained need possible clarification and validation. Analyzing the resulting map, it can be seen that the terrain and the laid geological rocks have a greater influence with the direct influence of the rivers, especially the main one, the Ob River. Also in the northern part of the city along the length of the riverbeds and the same deluvial layers with the presence of loams and sandy loams in the rocks, a high degree of ravine erosion is visible. When comparing the resulting map with the existing digitized EGP map, a direct relationship is visible, with the difference of a higher accuracy of these processes in relation to the terrain. In the future, it is possible to build a map on a larger scale and determine a more accurate location of formations and predisposition to EGP.

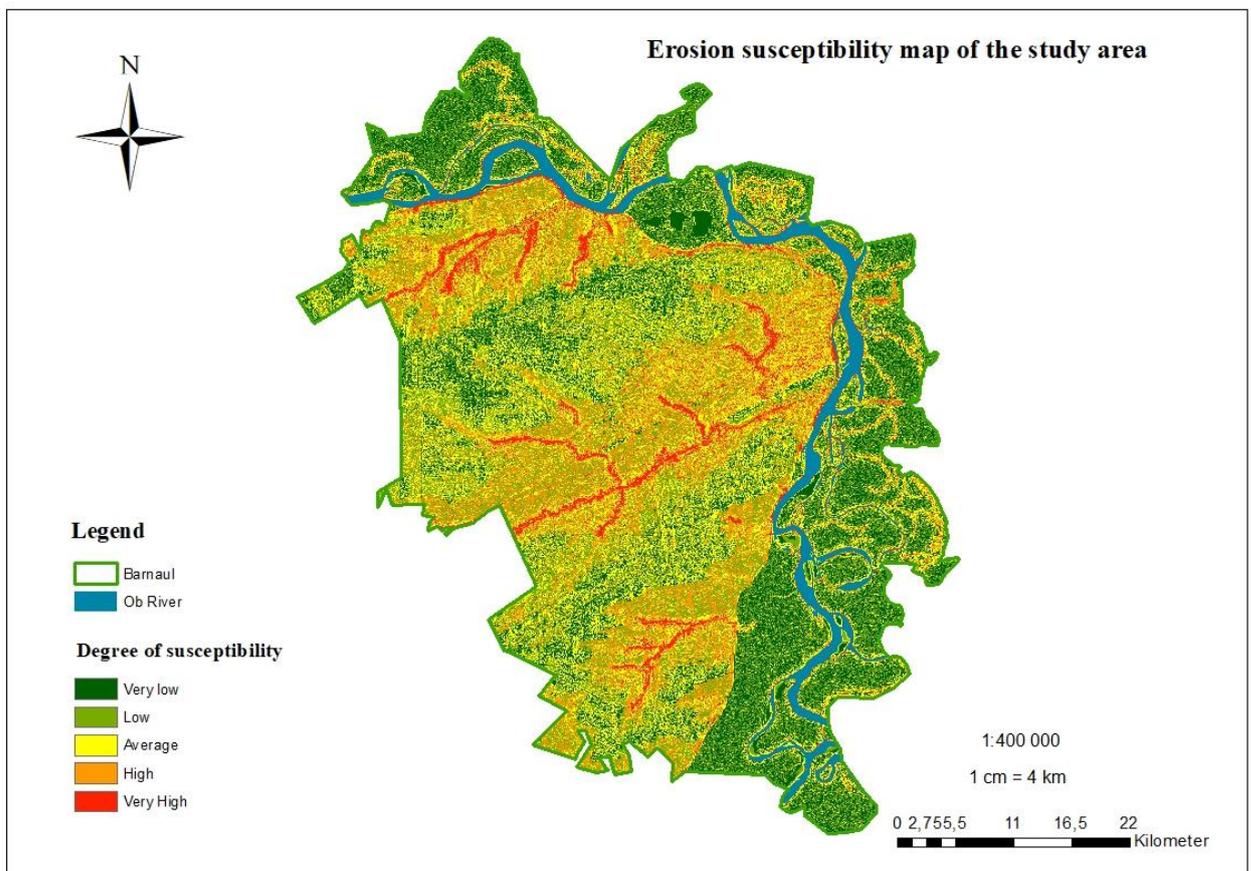


Fig. 6.4. Erosion susceptibility map of the study area using the AHP model

Findings

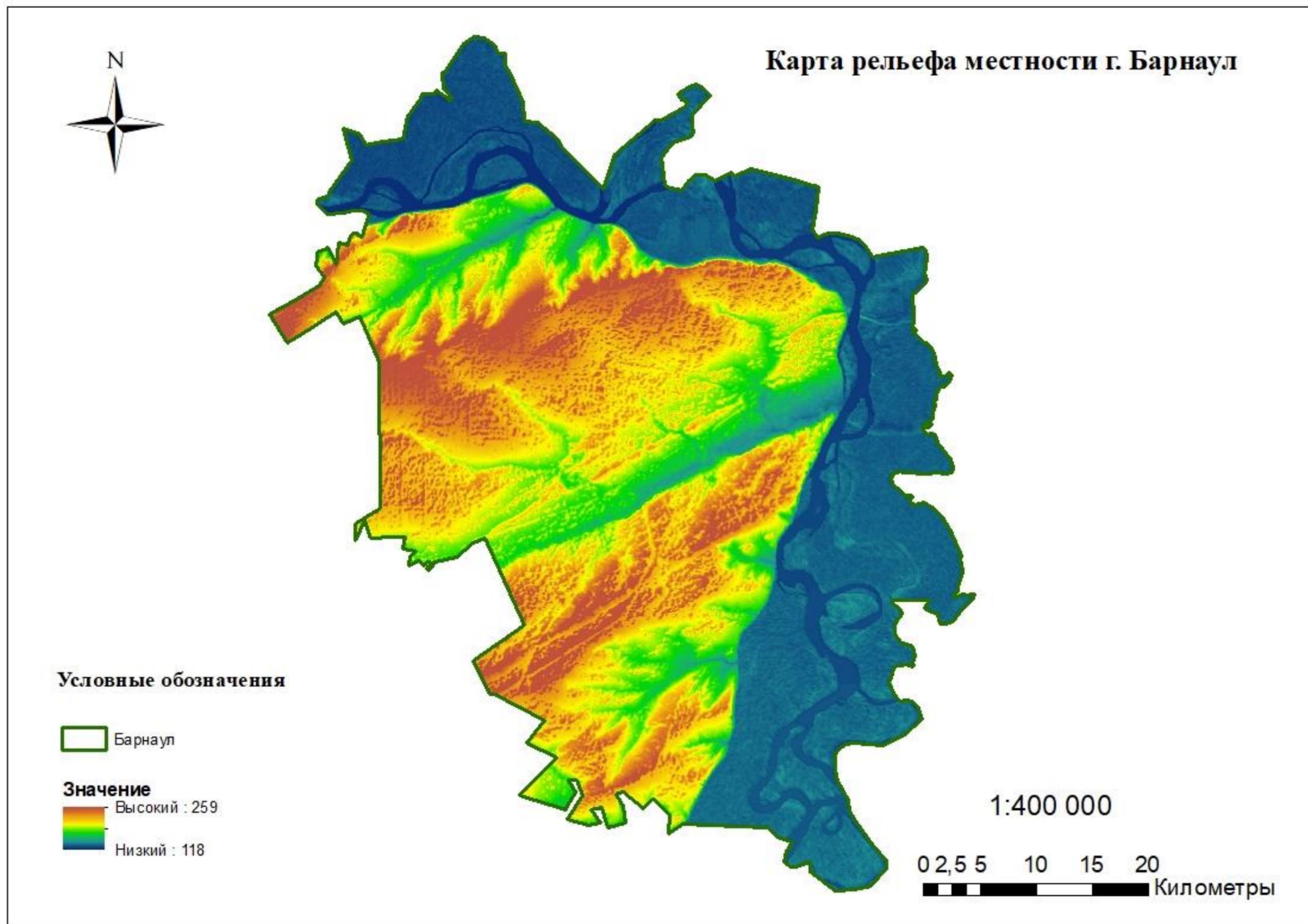
1. In the formation of ravine erosion, the structure of the relief plays an important role and is complicated by easily eroded rocks and a fairly high level of groundwater (top water). Engineering-geological conditions are diverse, the relief is heterogeneous. Loess rocks are well developed in the cover deposits. Loess loams have high porosity and subsidence. The territory of the region, including the city of Barnaul, has large areas of plowed land, which also affects the formation of the ravine-beam system.

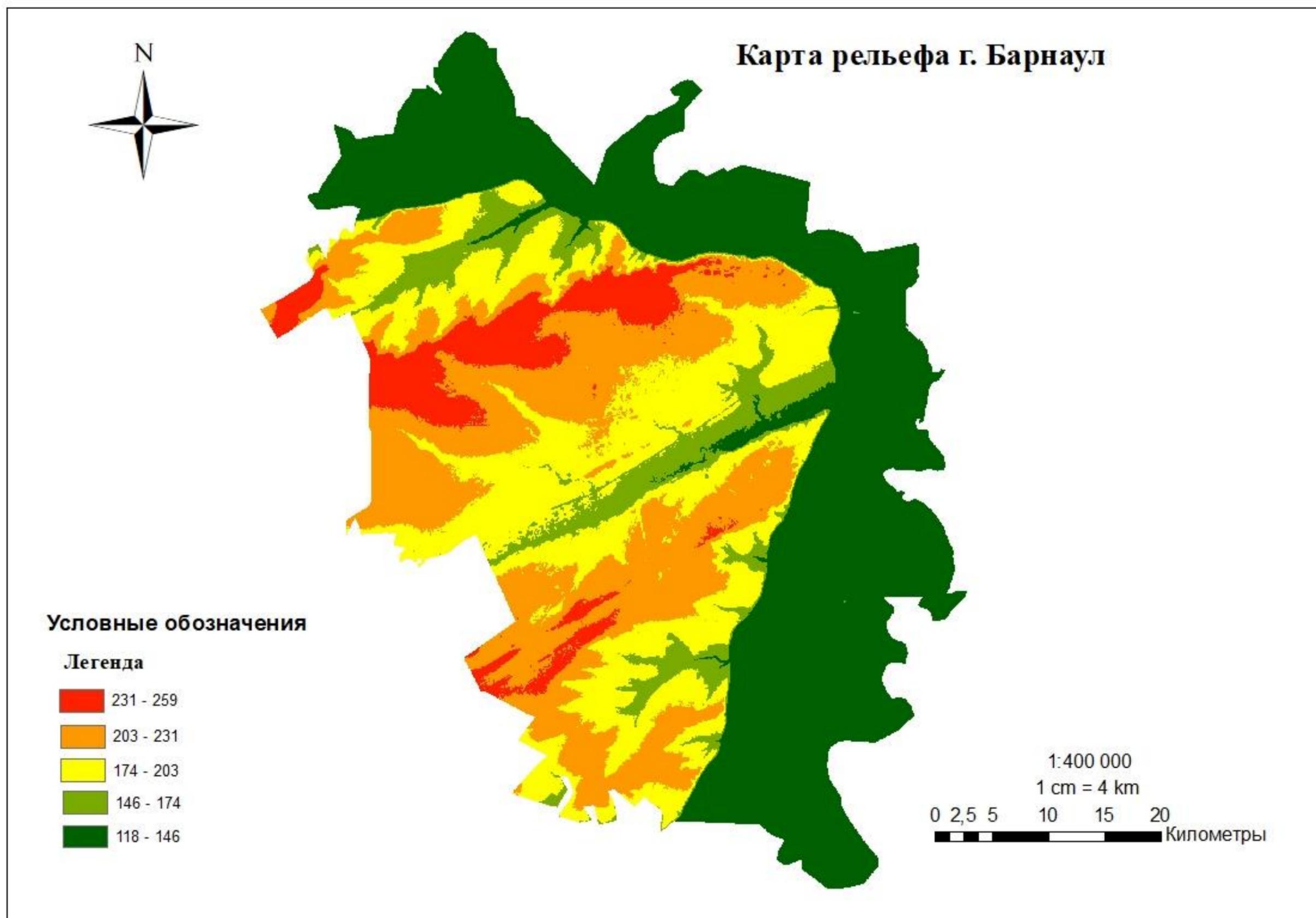
2. To highlight the patterns leading to the formation of EGP, 12 factors were identified:

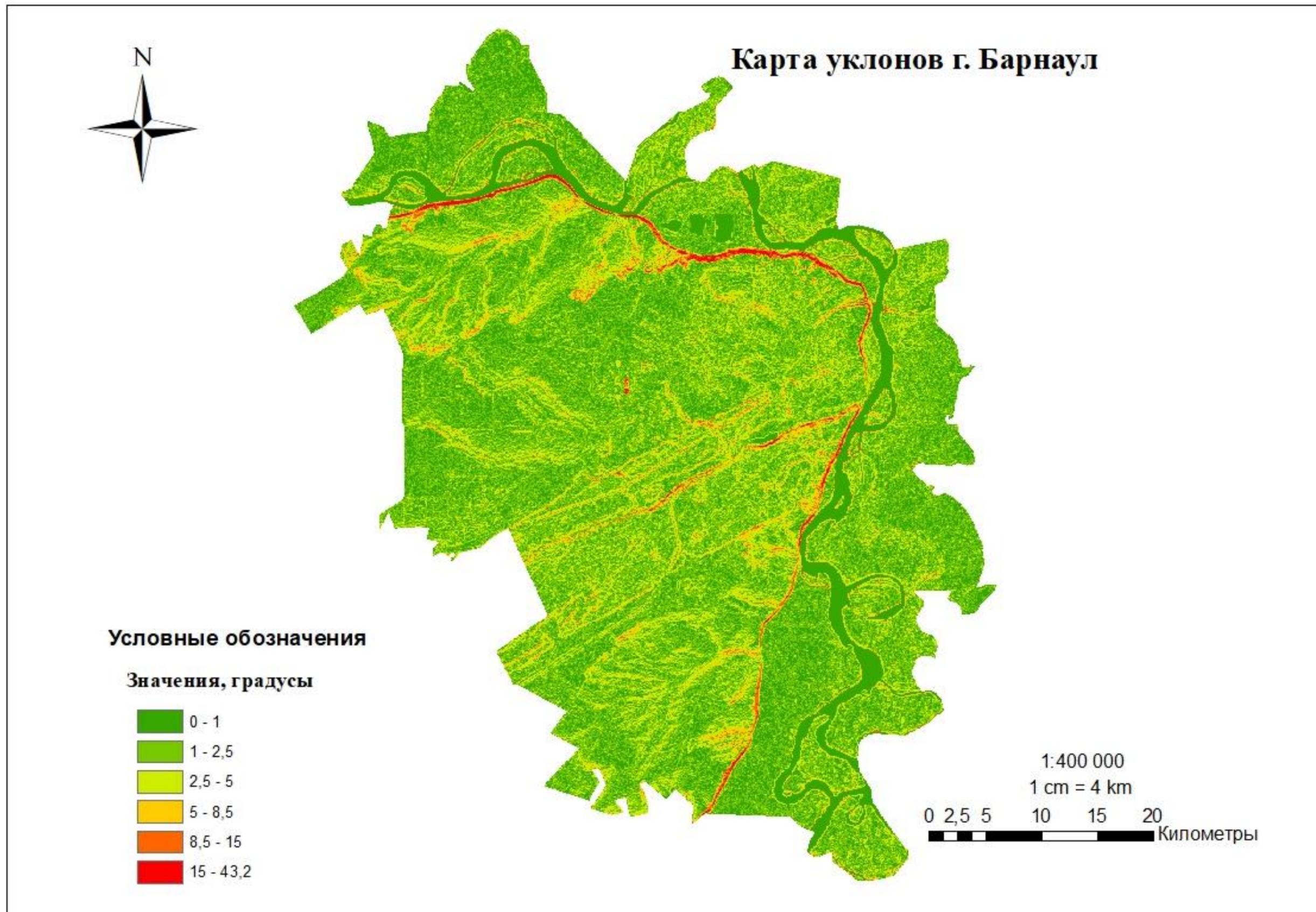
Absolute elevations, surface slope, exposure, slope curvature, precipitation, distance to rivers, geology, hydrogeology, geomorphology, Quaternary deposits, fault distances, NDVI.

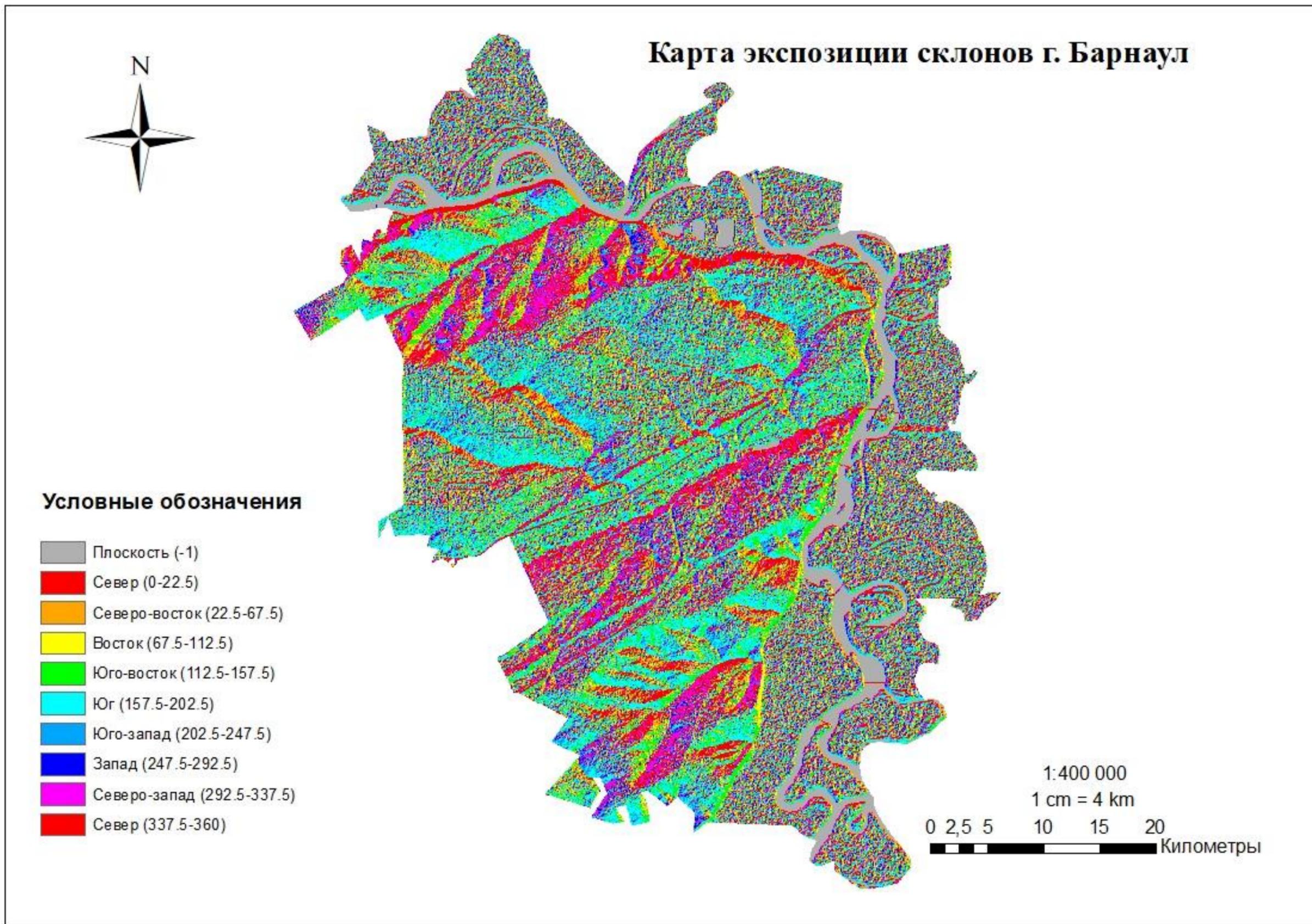
3. An analysis of the factors influencing the formation of ravine erosion and other EGPs was made. The significance of the factors was determined by the analytical hierarchical process (AHP) method.

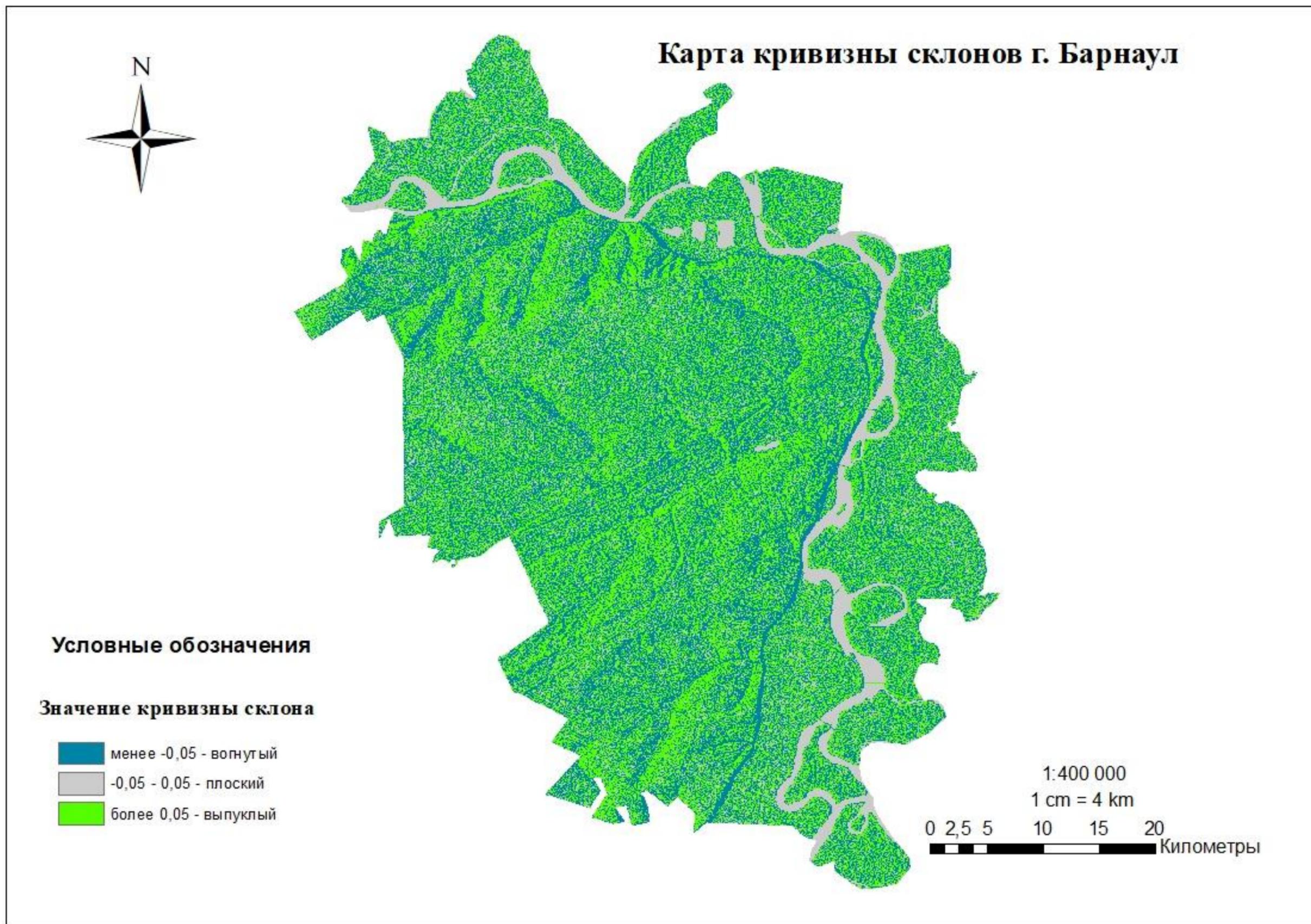
4. In the course of the master's work, a map of the engineering-geological zoning of the territory was obtained according to the values of the susceptibility of the surveyed territory to ravine erosion. The map is recommended to be used to determine the existing and possible development of the EGP and to develop anti-erosion measures.

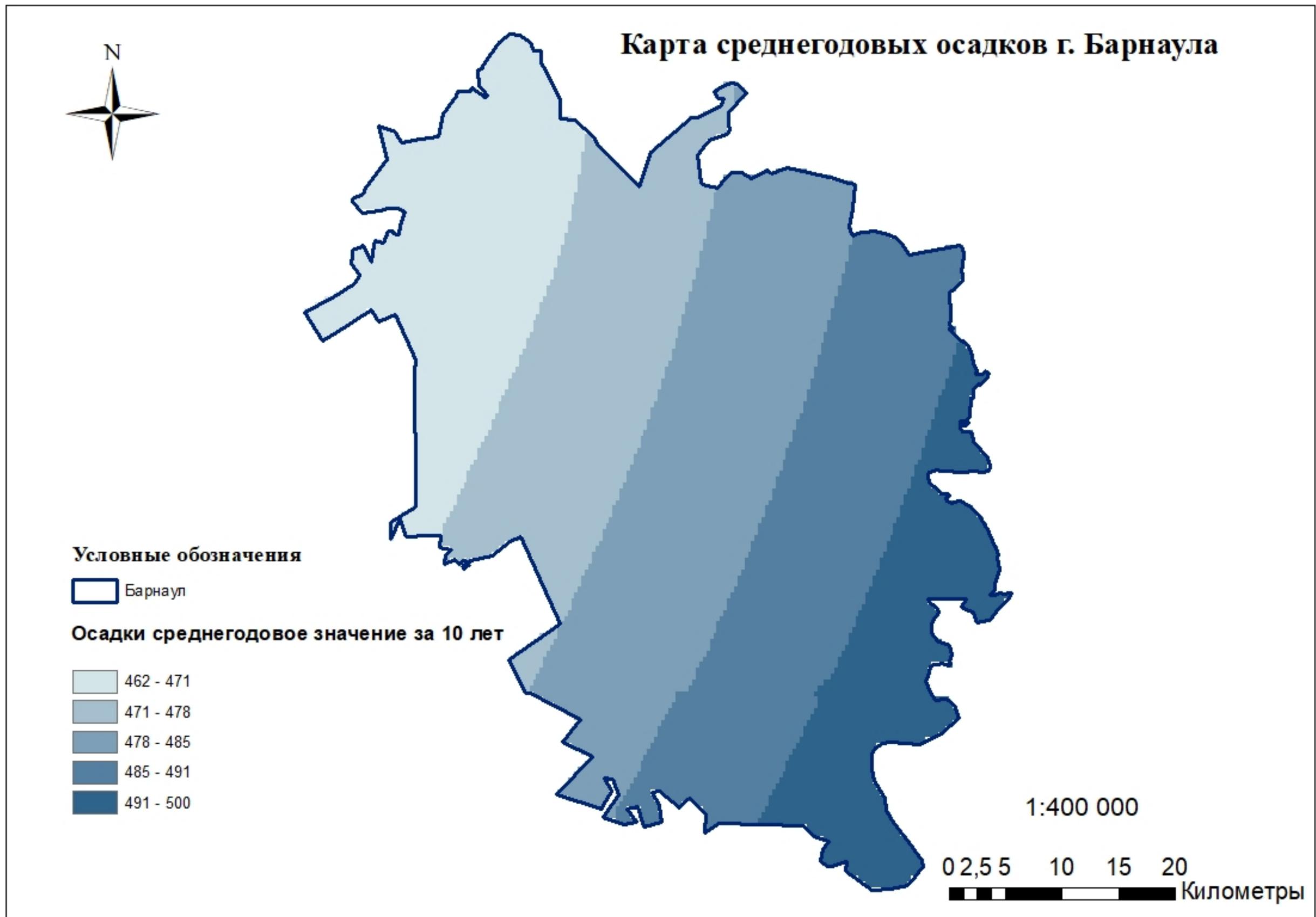


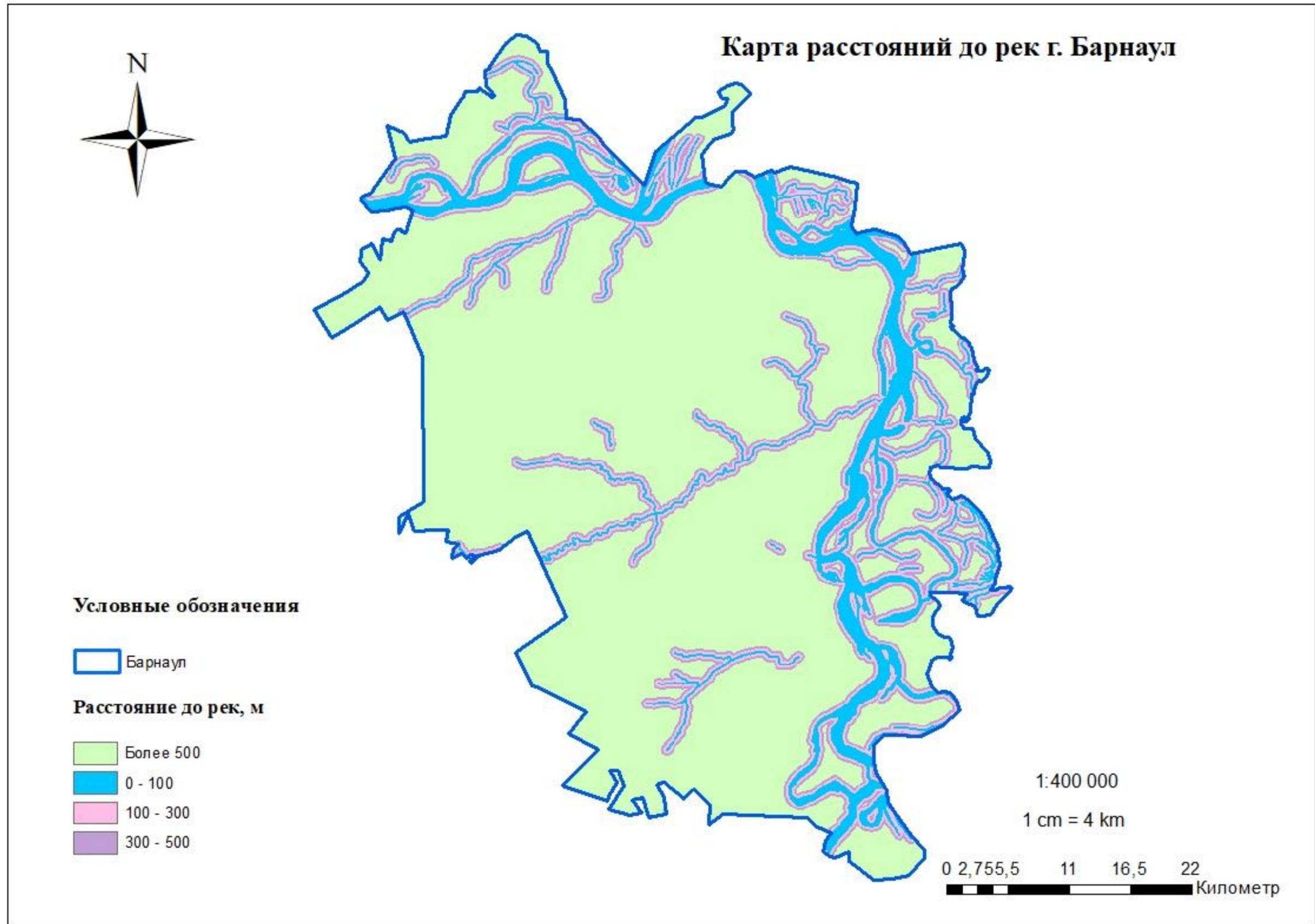




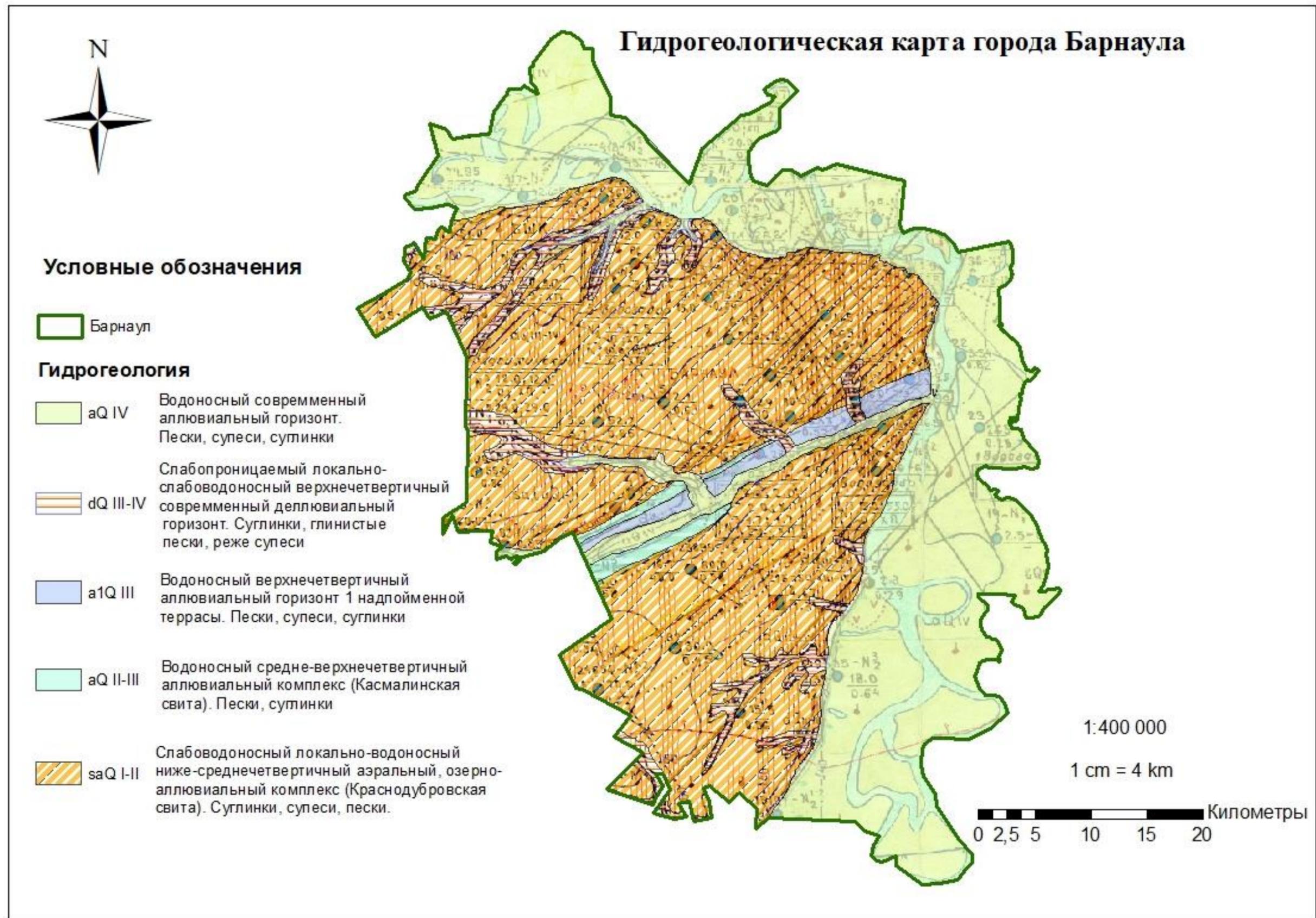


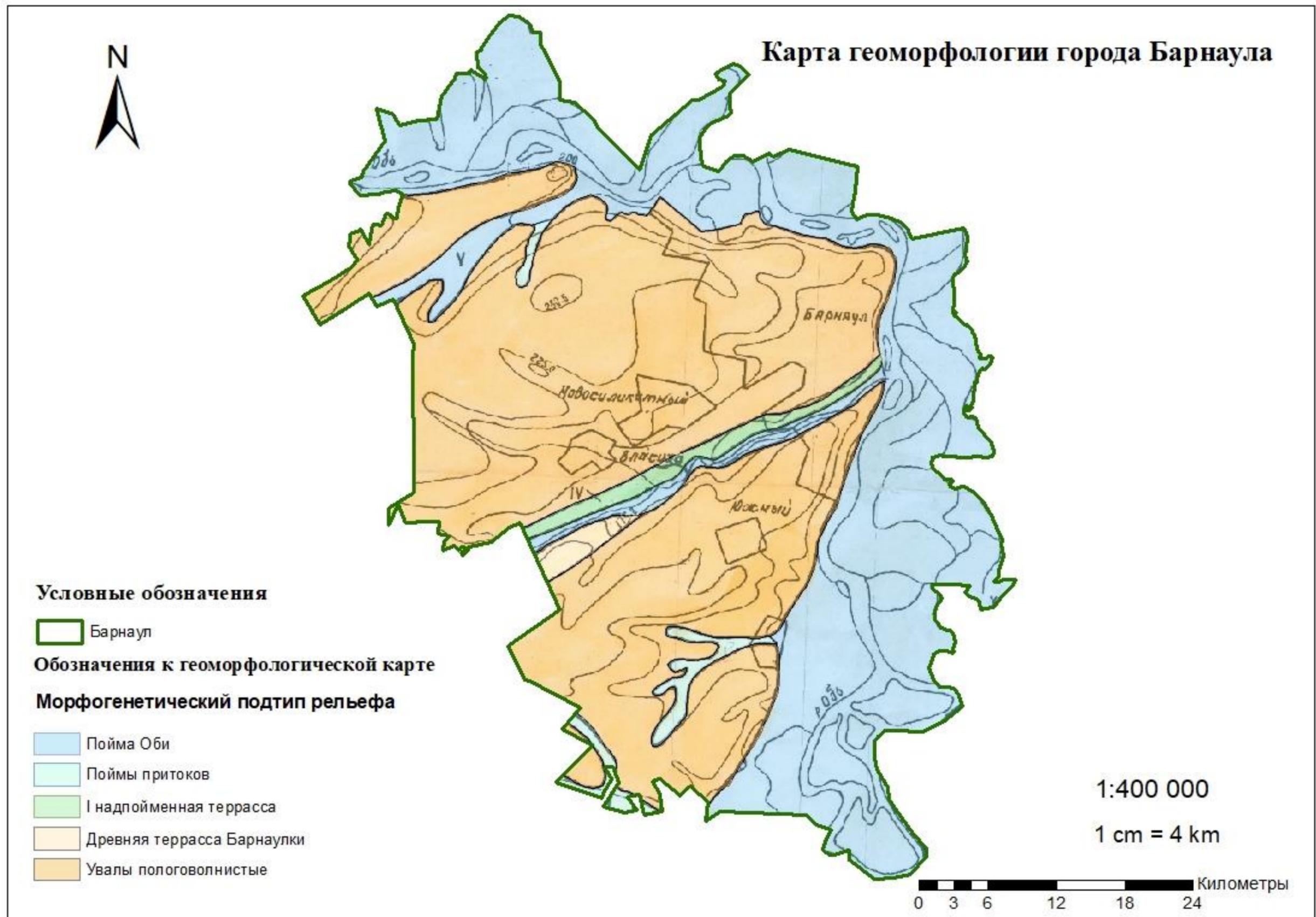












Приложение II Карта четвертичных отложений города Барнаула

