

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
Гидрологические условия формирования оврагов в г. Томске и на прилегающих территориях

УДК 551.435.162:556(1-21)(571.16)

Студент

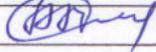
Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ВМ71	Черникова Анастасия Владимировна		5.06.2019

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОГ	Савичев О.Г.	д.г.н.		5.06.2019

### КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ОСГН	Волкова А. Л.	-		30.05.2019

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД	Атепаева Н. А.	-		30.05.2019

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОГ	Савичев О.Г.	д.г.н.		5.06.2019

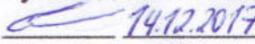
Томск – 2019 г.

### Планируемые результаты обучения

Код	Результат обучения
Общие по направлению подготовки	
P1	Демонстрировать глубокое знание правовых, социальных, экологических и культурных аспектов инновационной инженерной деятельности, осведомленность в вопросах безопасности жизнедеятельности, быть компетентным в вопросах устойчивого развития
P2	Самостоятельно приобретать с помощью новых информационных технологий знания и умения и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности
P3	Активно владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в иноязычной среде, включая разработку документации и презентацию результатов проектной и инновационной деятельности
P4	Использовать педагогически обоснованные формы, методы и приемы организации деятельности обучающихся, применять современные технические средства обучения и образовательные технологии образовательных программ «Природообустройство и водопользование» и «Прикладная геология»
P5	Проводить учебные занятия по учебным предметам, курсам, дисциплинам образовательных программ «Природообустройство и водопользование» и «Прикладная геология»
P6	Использовать знания в области водного хозяйства и природообустройства (мелиорации, рекультивации, инженерной защиты территорий) для надлежащей эксплуатации сооружений и систем природообустройства и водопользования, охраны водных объектов
P7	Разрабатывать документацию по эксплуатации мелиоративных систем, рекультивации нарушенных земель и водных объектов
P8	Проводить эксплуатацию и мониторинг сооружений и систем природообустройства и водопользования, обеспечивать выполнение требований по безопасности гидротехнических сооружений, охраны природы
P9	Использовать знания о геологических, геохимических, гидрологических, гидрогеологических, климатических процессах для определения параметров проектируемых сооружений и систем природообустройства и водопользования, выявления опасных природных и техногенных процессов
P10	Разрабатывать раздел проектной документации «Охрана окружающей среды»
P11	Проводить инженерно-геологические, инженерно-экологические, инженерно-гидрометеорологические изыскания, экологический мониторинг, руководить проведением инженерных изысканий и экологического мониторинга

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  
 14.12.2017 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
2BM71	Черниковой Анастасии Владимировне

Тема работы:

Гидрологические условия формирования оврагов в г. Томске и на прилегающих территориях

Утверждена приказом директора (дата, номер)	№ 9851/с от 14.12.2017 г.
---------------------------------------------	---------------------------

Срок сдачи студентом выполненной работы:	5.06.2019
------------------------------------------	-----------

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<p><b>Исходные данные к работе</b></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>Опубликованные и фондовые материалы ТПУ, Росгидромета и других организаций о гидрологических условиях формирования оврагов на территории г. Томска (Российская Федерация).</p>
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>  <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>1) изученность проблемы исследования и анализ изученности проблемы;  2) природные и антропогенные факторы образования овражной эрозии;  3) гидрологические условия формирования оврагов;  4) оценка потенциального смыва почв с использованием уравнения почвенной эрозии и разработка рекомендаций по организации мониторинга экзогенных геологических процессов на территории г. Томска;  5) финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение в части мониторинга экзогенных геологических процессов на территории г. Томска;  6) социальная ответственность при оценке и проведении мониторинга экзогенных геологических процессов на территории г. Томска.</p>
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

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

**Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы**  
*(с указанием разделов)*

Раздел	Консультант
<b>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</b>	Ассистент ОСГН, Волкова А. Л.
<b>Социальная ответственность</b>	Старший преподаватель ООД, Атепаева Н. А.
<b>Английский язык</b>	Доцент ОИЯ, Айкина Т. Ю.

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

Универсальное уравнение потери почвы/Universal soil loss equation (Приложение А)

<p><b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b></p>	<p>14.12.2017</p>
--------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОГ	Савичев О.Г.	д.г.н., проф.		14.12.2017

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ВМ71	Черникова А.В.		14.12.2017

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 2018/2019 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:	5.06.2019
------------------------------------------	-----------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
14.05.2018	Изученность исследуемой темы	15
15.10.2018	Природные и антропогенные факторы образования овражной эрозии	10
15.11.2018	Методика исследования	10
15.03.2019	Гидрологические условия формирования оврагов	30
30.04.2019	Оценка потенциального смыва почв с использованием уравнения почвенной эрозии и разработка рекомендаций по организации мониторинга экзогенных геологических процессов на территории г. Томска	20
20.05.2019	Часть на иностранном языке	5
30.05.2019	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	5
30.05.2019	Социальная ответственность	5

**СОСТАВИЛ:**

**Руководитель ВКР**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОГ	Савичев О.Г.	д.г.н., проф.		14.12.2017

**СОГЛАСОВАНО:**

**Руководитель ООП**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОГ	Савичев О.Г.	д.г.н., проф.		14.12.2017

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа включает 138 страниц, 27 рисунков, 52 таблицы, 223 источника, 1 приложение.

Ключевые слова: г. Томск, овражная эрозия, смыв почвы, уравнение Уишмейера – Смита, овраг, водосбор, гидрологические условия, водный и твердый сток.

Тема выпускной квалификационной работы «Гидрологические условия формирования оврагов в г. Томске и на прилегающих территориях».

Объект исследования – территория г. Томска и прилегающие территории, подверженные овражной эрозии, а также водосборы оврагов, образовавшиеся за счет нее.

Цель работы – определение гидрологических условий формирования оврагов на территории г. Томска.

В работе проведено изучение физико-географических и социально-экономических условий района исследований и на основании этого выявлены факторы образования овражной эрозии. Для г. Томска и прилегающих территорий смоделирован потенциальный ливневый смыв почвы на основе уравнения Уишмейера и выявлены гидрологические условия формирования оврагов в условиях южно-таежной зоны Западной Сибири и даны рекомендации по организации мониторинга. Для определения твердого стока (взвешенных веществ) проводился отбор проб дождевых вод.

В результате работы установлено, что физико-географические условия данной территории благоприятны для развития эрозии почв и формированию оврагов. Разработана модель на основе уравнения Уишмейера и оценены ее параметры с использованием дистанционного зондирования земли для территории исследования. А также разработана модель формирования водного и твердого стока водосборов оврагов, которые были выбраны в двух точках нашего опробования дождевых вод.

Работа выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word, при работе использовались возможности ArcGIS, Excel, PowerPoint.

## Определения, сокращения, обозначения

ЭГП – это процессы, которые обусловлены экзодинамическим преобразованием горных пород, происходящим на поверхности Земли и в приповерхностном слое - в зоне действия факторов выветривания, эрозии, склоновых и береговых деформаций, вызванные в большей части внешними по отношению к литосфере силами [39].

Мониторинг ЭГП – система регулярных наблюдений и контроля за развитием опасных природных процессов и явлений в окружающей природной среде, факторами, обуславливающими их формирование и развитие, проводимых по определенной программе, выполняемых с целью своевременной разработки и проведения мероприятий по предупреждению чрезвычайных ситуаций, связанных с опасными природными процессами и явлениями, или снижению наносимого их воздействием ущерба [38].

Эрозия – процесс разрушения горных пород водными потоками [39].

Эрозия овражная (линейная) – это процесс сосредоточенного (линейного) размыва слабоводостойких пород, сопровождающийся оврагообразованием [39].

Овраг – крутосклонная долина, часто разветвленная, образовавшаяся в результате активной деятельности временных водных потоков [39].

Водосбор – часть земной поверхности и толща почв и горных пород, откуда вода поступает к водному объекту [34].

Наносы – твердые частицы, образованные в результате эрозии водосборов и русел, а также абразии берегов водоемов, переносимые водотоками, течениями в озерах, морях и водохранилищах, и формирующие их ложе [34].

Взвешенные и влекомые вещества – наносы, переносимые водным потоком во взвешенном состоянии и наносы, перемещаемые водным потоком в придонном слое и движущиеся путем скольжения, перекатывания или сальтации [34].

ГОСТ – государственный стандарт;

СанПиН – санитарные правила и нормы;

СНиП – строительные нормы и правила;

РД – руководящий документ;

СБЦ – справочник базовых цен;

ЧС – чрезвычайная ситуация;

ГГИ – Государственный гидрологический институт;

ЕГРПР РФ – Единый государственный реестр почвенных ресурсов Российской Федерации;

ВНИИГМИ-МДЦ – Всероссийский научно исследовательский институт гидрометеорологической информации - Мировой центр данных;

ГИС – геоинформационная (географическая информационная) система;

ЦМР – цифровая модель рельефа;

ЭГП – экзогенные геологические процессы;

USLE - универсальное уравнение потери почвы;

R – фактор эродирующей способности дождей;

L и S – фактор длины и крутизны склона;

K – фактор податливости почв эрозии;

C и P – фактор растительности и севооборота и фактор эффективности противоэрозионных мероприятий.

## Оглавление

Введение.....	10
1. Изученность .....	13
2. Физико-географическая характеристика района исследований .....	19
2.1 Административно-территориальное положение .....	19
2.2 Рельеф .....	19
2.3 Климатические условия .....	22
2.4 Геологические условия.....	32
2.4.1 Стратиграфия.....	32
2.4.2 Тектоника .....	34
2.5 Растительный покров и фауна .....	35
2.6 Почвы .....	37
2.7 Гидрогеологические условия.....	39
2.8 Гидрологические условия .....	40
3 Социально-экологическая характеристика района исследований.....	45
3.1 Демографическая ситуация и экономическое развитие района.....	45
3.2 Виды и интенсивность антропогенной нагрузки.....	45
4. Методика исследования .....	48
5 Гидрологические условия формирования оврагов на территории г. Томска.....	51
5.1 Содержание взвешенных веществ в дождевых водах.....	51
5.2 Водосборы оврагов .....	53
5.2.1 Выбор аналогов .....	53
5.2.2 Определение средних значений элементов водного баланса .....	54
5.2.3 Максимальный расход воды половодья.....	55
5.2.4 Максимальный расход воды дождевого паводка.....	56
5.2.5 Минимальный расход воды.....	58
5.2.6 Твердый сток .....	59
5.2.7 Содержание взвешенных веществ в дождевых водах .....	61
5.3 Оценка потенциального ливневого смыва исследуемой территории.....	61
5.3.1 Фактор эродирующей способности дождей .....	61
5.3.2 Факторы длины и крутизны склона.....	63
5.3.3 Фактор податливости почв эрозии К.....	64
5.3.4 Фактор растительности и севооборота (С) и фактор эффективности противоэрозионных мероприятий (Р) .....	65
5.3.5 Потенциальная опасность эрозии почв под воздействием дождей.....	65
5.3.6 Оценка смыва на водосборах оврагов .....	66
6. Мониторинг ЭГП.....	67
7. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение .....	72
8. Социальная ответственность .....	97
Заключение.....	108
Список литературы.....	110
Приложение А.....	126

## **Введение**

Линейная эрозия (она же овражная) является одним из главных процессов развития современного рельефа, а овраги являются одной из форм проявления данной эрозии, характеристики которых во многом обусловлены ландшафтными особенностями.

Само оврагообразование – представляет собой сложный рельефообразующий процесс, связанный с поверхностным размывом почв временными потоками талых и дождевых вод. Процесс развития эрозии одновременно с аккумулятивным процессом создает характерные морфометрические особенности оврага, а эрозионно-русовая система в результате действия эрозионно-аккумулятивных процессов осуществляет образование, транзит и аккумуляцию наносов. Таким образом, вместе с эрозией овраги оказывают значительное влияние на изменения русла (русловой режим) и сток наносов рек – возможность возникновения и развития оврагов определяются природными особенностями склоновых водосборов, а сами овраги, являясь развивающимися врезами, формируют свои водосборы и характерный рисунок эрозионной сети.

Овражная эрозия не представляет в целом угрозы для жизни и здоровья человека, но оказывает непосредственное влияние на характеристики рельефа, нарушая его и при этом уничтожая различные коммуникации, а выносы из оврагов заносят плодородные земли, вызывают заиление малых рек и способствуют обмелению средних и больших рек, что говорит о необходимости ведения мониторинга за оврагами.

В пределах небольших водосборных бассейнов доля овражной эрозии в балансе стока наносов изменяется в больших пределах (от 10 до 98% [147]), поэтому количественная оценка интенсивности эрозии и аккумуляции в настоящее время важна для решения многих экологических проблем, в том числе гидрологических. На территории г. Томска процессы интенсивности современной эрозии и аккумуляции не особо изучены, а именно отсутствуют данные по водному и твердому стокам водосборов оврагов, что и определило цель работы.

*Цель работы* – определение гидрологических условий формирования оврагов на территории г. Томска.

*Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:*

1. Выявить природные и антропогенные факторы оврагообразования.
2. Определить взвешенные вещества в дождевых водах.
3. Разработать модель формирования водного и твердого стока водосборов оврагов – определить гидрологические условия формирования оврагов.

4. Провести количественную оценку потенциального смыва почв с использованием уравнения почвенной эрозии (уравнения Уишмейера) на территории исследования.

5. Разработка рекомендаций по организации мониторинга экзогенных геологических процессов на территории г. Томска.

*Объект исследования* – территория г. Томска и прилегающие территории, подверженные овражной эрозии, а также водосборы оврагов, образовавшиеся за счет нее(рис.1).

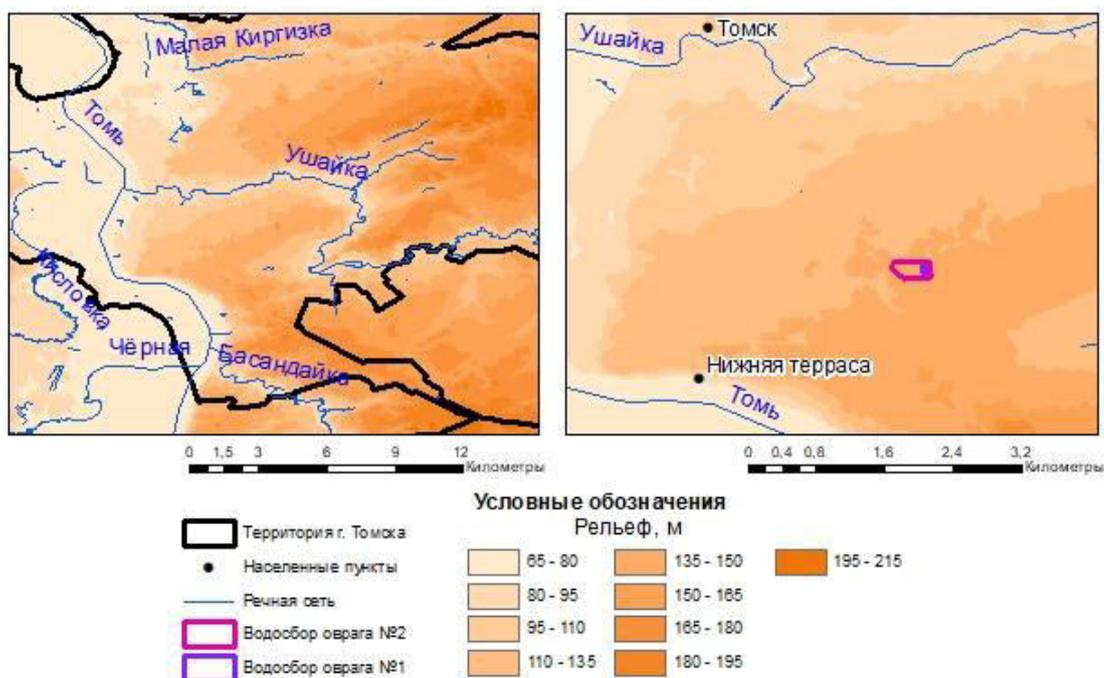


Рисунок 1 — Карта-схема объектов исследования

*Исходные данные и методика исследований.* Материалом исследований послужили климатические данные СП 131.13330.2012 [169] и специализированные массивы среднемноголетних данных ВНИИГМИ-МЦД [12], данные по стоку рек согласно [140] и материалам наблюдений Росгидромета, а также картографический материал, опубликованная литература и фондовые материалы ТПУ, Росгидромета и других организаций о гидрологических условиях формирования оврагов на территории г. Томска.

В процессе исследования использовались методы математического моделирования гидрологических процессов, географо-гидрологический, картографический, ГИС-технологии, а также метод отбора проб.

*Научная новизна и практическая значимость.* Для г. Томска и прилегающих территорий смоделирован потенциальный ливневый смыв почвы. Получена модель формирования водного и твердого стока оврага на исследуемой территории и даны рекомендации по организации мониторинга. Полученные результаты по гидрологическим

условиям формирования оврагов и ливневому смыву позволят в дальнейшем продолжить исследования в моделировании перехода от стока взвешенных и влекомых наносов к деформациям почвогрунтов в водосборах.

*Объемы работ.* Диссертация состоит из введения, 8 глав и заключения, изложенных на 138 страниц, включая 27 рисунков, 52 таблицы и список литературы из 223 источников.

## 1. Изученность

Оврагообразование, как процесс расчленения рельефа, а овраги, как интенсивно развивающаяся линейная эрозионная форма, как раньше, так и в настоящее время, привлекают внимание. Изучение развития овражной сети имеет немаловажное значение для решения научных проблем геоморфологии, гидрологии, экологии, а также для прикладных задач, представляющих интерес для различных ведомств [14, 74, 77-78, 88, 92, 96 -97, 112, 201, 206, 213].

Согласно Н.И. Маккавееву [97] всю сложнейшую поверхностную сеть потоков можно разделить на 3 главных звена: верхнее звено – склоновые не русловые потоки, среднее звено – временные русловые потоки (овражно-балочная сеть) и нижнее звено – реки. Наличие двух верхних звеньев сети является обязательным для большинства речных систем, так как через них в реку поступают поверхностный сток и продукты эрозии с междуречных пространств. На основании этого развитие реки должно рассматриваться в неразрывной связи с процессами развития потоков, составляющих верхние звенья.

Сам термин «овражная эрозия» или «линейная эрозия» вошел в научную литературу для обозначения процессов образования и развития отрицательных линейных форм рельефа под действием временных русловых потоков. Овраги представляют собой отрицательные линейные формы рельефа, образовавшиеся на малых водосборах при нарушении природных комплексов под влиянием факторов, которые приводят к усилению размывающей и транспортирующей способности временных поверхностных потоков или к ослаблению защитного влияния растительного покрова [112]. Внешний облик оврага на разных этапах существования (от первоначальной промоины до балки) значительно изменяется, по-видимому, это разнообразие морфологии оврагов привело к большому количеству трактовки термина овраг, так, в словаре флювиальных терминов [183] количество определений достигает 19, но это вряд ли это охватывает все их разнообразие, так как в этом же словаре примерно такое же количество определений типов оврагов. Так в соответствии с ГОСТ Р 22.1.06-99 [39] овражная эрозия это процесс линейного размыва с оврагообразованием, а овраг то, что образовалось в результате активной деятельности временных водных потоков.

Объединяет практически все трактовки определений 2 словосочетания: эрозионная форма и временный водоток. Это говорит о том, что при всей азональности самого оврагообразования, морфология и морфометрия оврагов, их скорость роста зависят от местных физико-географических условий – особенностей рельефа, геологического строения, климата (количества и интенсивности осадков) и т.д. [14, 49, 79, 203-205].

Первые сведения об оврагах относятся к XIV веку, где уже описываются в литературе такие формы рельефа, которые могут быть отнесены к оврагам и балкам. Так М.В. Ломоносов был одним из первых русских ученых [112], который положил начало изучению водной эрозии, выделив молодые формы рельефа, которые образовывались в результате дождей и ливней. В конце XIX – начале XX века стоит выделить работы В.В. Докучаева [45], который говорил о стадийности развития эрозионных форм, рассматривая развитие овражной эрозии, впервые высказал мысль о том, что овраги являются начальной стадией развития линейной формы, которая через балку превращается в долину реки – конечную стадию. Также работы С.Н. Никитина, П.А. Костычева, А.П. Павлова, где были разработаны основные представления об образовании и механизмах развития малых эрозионных форм, работу Э.Э. Керна [72], который ввел понятие овражной системы. Существенный этап в развитии овражной эрозии связан с работой С.С. Соболева [164], установившим географическое распространение процессов эрозии, а также факторы их определяющие, на территории Европейской части СССР, выделивший стадии формирования оврагов. Факторы формирующие овраги и их классификация, а также само развитие эрозии на сельскохозяйственных землях, были достаточно подробно изучены в работах института географии АН СССР под руководством Д.Л. Арманд, Н.И. Маккавеева [96-97], который овраги рассматривал как результат линейной эрозии в пределах водосборного бассейна, работы Б.Ф. Косова [71, 81].

Стоит отметить работы сотрудников МГУ, таких как В.П. Лидов [89], который одним из первых оценил линейные размывы на полях количественно, Г.И. Швец [198], который выявил и показал количественную связь между размерами овражных форм и природными условиями, работы А.Г. Рожкова [142-145], который выявил закономерности формирования оврагов и их типизацию-классификацию, и разработал методы борьбы с овражной эрозией. Работы Р.С. Чалова [112, 190-191], которые имеют значение для формирования взглядов на происхождение и развитие склоновых не русловых потоков, т.е. верхних звеньев эрозионной сети.

Стоит отметить работы по изучению рельефа и развитию стока в пределах водосбора, которые проводились в институте географии РАН, в которых значительное внимание уделялось исследованию именно морфометрии эрозионных форм и динамике их развития [102-103].

Работы сотрудников ГГИ И.В. Боголюбовой и А.В. Караушева [7], Н.Н. Бобровицкой [5], которые проводили анализ форм продольного профиля оврага для определения его устойчивого состояния.

С середины – второй половины XX века встречаются сведения об оврагах в городах всех природных зон, но в большей степени эти работы носят описательный характер, с точки зрения разрушительной деятельности оврагов или значительных скоростей роста оврагов. Так согласно [14] в зоне тундры овраги исследовались в районах Воркуты и Салехарда [80], порта Диксон [185]; в лесной зоне овраги исследовались в районах Брянска [2-3], Москвы [44, 175], Котласа, Ханты-Мансийска и Тобольска [80], Томска [137, 141], Хабаровске [6]; наибольшее число наблюдений за развитием оврагов проводилось в зонах лесостепи в районе Киева [67, 93, 160], Курска [184], Нижнего Новгорода [3, 9], Тюмени [115], Новосибирска [43, 80, 111, 115, 126], Красноярска [73], Улан-Удэ [132], Читы [76, 80, 165]; в степной зоне в районе Волгограда [2-3, 178-179], Ставрополя, Кустаная [87], Барнаула [186], Омска, Павлодара [80].

Стоит отметить отдельно, изучение влияния дождевых осадков на формирование эрозионных форм в Кучинской лаборатории Московского гидрометеорологического института [175] и лаборатории Института географии АН СССР [110], а также моделированием в природных условиях для изучения овражной эрозии занимались сотрудники Московского областного педагогического института им. Н.К. Крупской [98].

Из крупных работ конца XX века – начала XXI века выделяются работы Н.Н. Назарова [105], И.И. Рысина [148], Ю.Г. Симонова [159], Г.А. Ларионова [88, 101], М.Н. Заславского [58], М. С. Кузнецова [86], Ю.В. Рыжова [147], Е.Ф. Зориной [60], Л. Ф. Литвина [92, 215].

Исследования водного и твердого стока на водосборах верхних звеньев гидрографической сети проводились многими исследователями как в полевых условиях, так и на стационарных площадках. Это работы сотрудников Воронежского Государственного аграрного университета (Иванов В.Д., В.И. Шмаков), Государственного Гидрологического института (Караушев А.В., Шамов Г.И., Чеботарев А.И., Бобровицкая Н.Н., Лисицына К. Н., Рождественский А.В., Лисицына К.Н), Одесского университета (Швебс Г. И., Белов В. В.), Института почвоведения и агрохимии им Н.А. Димо АН Молдавии (Крупеников И.А., Богданов Х.П.), факультета Почвоведения и научно-исследовательской лаборатории эрозии почв и русловых процессов МГУ (Н.И. Маккавеев, Чалов Р.С., Чалов С.Р., Зорина Е.Ф., Рожков А.Г., Заславский М.Н., Голосов В.Н., Литвин Л.Ф., Арманд Д.Л., Краснов С.Ф.), Института водных проблем Российской академии наук (Кучмент Л.С., Мотовилов Ю.Г., Гельфан А.Н.) , Казанского университета (Дедков А. П., Мозжерин В. И.) и многие другие. В результате были получены основные закономерности формирования водного и твердого стока на склоновых водосборах, особенности

гидрографов временных водных потоков, характеристики мутности, как пример работы К.Н. Лисицыной [91], Г.П. Сурмач [181], А.В. Караушева [69-70], Н.Н. Бобровицкой [5, 204], А.Г. Рожкова [142, 145], методика расчета стока воды и наносов, разработанная ГГИ и принятая в качестве нормативного документа [63], также есть пособие составленное в ГГИ [129], строительные нормы [13]. Также сейчас есть нормативный документ СП 33-101-2003 [172]. Стоит отметить работы С.Р. Чалова [192-194, 207-208], который внес большой вклад в оценку твердого стока, в частности в оценку стока воды и наносов рек бассейна р. Селенги с использованием экспедиционных, сетевых и модельных данных [192-196, 206-208].

В 30-40 гг. XX в. началась уже разработка математических моделей водной эрозии с использованием разнообразных формул расчета или прогноза. В настоящее время существует большое количество моделей, которые используются при расчетах поверхностного смыва почвы. В частности из зарубежных моделей можно отметить чаще используемые зависимости USLE, MUSLE, RUSLE, EUROSEM, EROSION 2D/3D, USPED, USLE-M, RUSLE-3D и пр. [58, 219-223]. Наиболее простым и удобным в использовании является универсальное уравнение потери почвы (USLE), разработанное Вишмайером и Смитом в 1965 году [223] или доработанное позже RUSLE [219] или MUSLE [222]. Основа зарубежной модели Вишмайера и Смита используется в для расчета смыва почв под воздействием дождей в ГОСТ 17.4.4.03-86 [32].

Отечественные модели представляют формулы Г.И. Швевса, Ц.Е. Мирцхулавы, И.К. Срибного, Г.П. Сурмача, А.А. Светличного, Х. Митасовой и Л. Митаса, Ю.П. Сухановского, А.Г. Ларионова, ГГИ и др., значительная часть которых приведена в работах Ф.Н. Лисецкого [90], Л.Ф. Литвина [92] и Г.А. Ларионова [88]. Обобщены многие используемые отечественные модели в пособии Д.А. Буракова [8]. С.Р. Чалов в свои работах использует модель, как RUSLE [195], так и MUSLE [194]. Нормативный документ по оценке потенциальной почвенной эрозии ГОСТ 17.4.4.03–86 [32].

Работы по расчету потенциального смыва в пределах водосборов средствами ГИС-технологий широко распространены как в России, так и за рубежом [57, 96, 196, 209-210, 216-217, 220] и актуальность подобных расчетов по-прежнему существует. Для территории Сибири стоит отметить работы по определению смыва почв с помощью ГИС-технологий в исследованиях Ю.В. Рыжова [147] и Р.В. Кнауца [77].

Стоит отметить, что в принципе изучение овражной эрозии в Сибири началось позже. На территории исследования (г. Томска) изучением этой проблемы в разные годы занимались Л. А. Рождественская [141], Л.С. Косова [82-83], Н.В. Крепша [84], З.И.

Ястремская [200], геологи и географы Томского государственного архитектурно-строительного университета [113], также стоит отметить, что изучением экзогенных процессов занимаются сотрудники АО «Томскгеомониторинг» и ФГБУ Гидроспецгеология [61-62, 64-65, 94], но исследования велись чаще с решением другого вопроса (к примеру оползневого), поэтому в большей степени эти работы носят описательный характер, с точки зрения разрушительной деятельности оврагов или значительных скоростей роста оврагов и их количества, в том числе с указанием их некоторых морфометрических характеристик. Работы сотрудников Томского государственного университета, а именно Н.С. Евсеевой, Н.В. Осинцевой и Р.В. Кнауца [48-54, 77, 116-121] рассматривают как раз эрозионный смыв почв, правда в большей степени пахотных земель Томь-Яйского междуречья талыми водами.

Нельзя не сказать, что для г. Томска одним из неблагоприятных геологических экзогенных процессов является оврагообразование, которое влияет на эколого-геоморфологическое состояние территории. Согласно [117-118] на территории г. Томска насчитывается около 80 оврагов суммарной площадью 165 га (0,7 % городских земель), при этом площадь зоны влияния оврагов составляет 500-800 га, а средние скорости роста оврагов изменяются от 0,01 до 11,6 м/год. Овраги распределены по территории города неравномерно (рис.2) и расположены в основном на четырех участках.

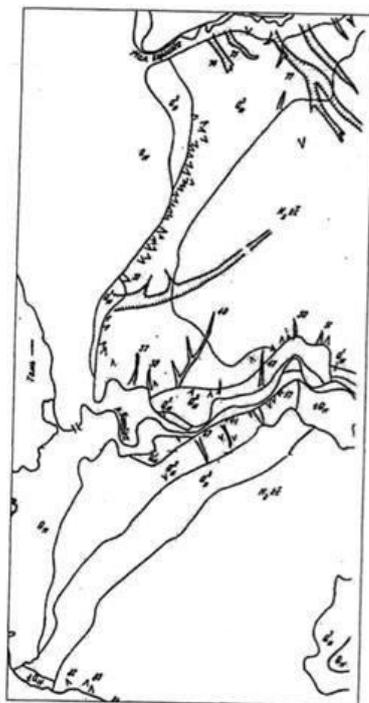


Рисунок 2 — Карта-схема распространения оврагов г. Томска [118]

Первый участок расположен полностью в пределах третьей надпойменной террасы р. Томи, включает Микрорайон Каштак - ул. Дальне-Ключевская. Всего на участке 23

оврага, включая протягивающийся вдоль ул. Говорова самый крупный в городе овраг [118]. Второй участок включает левый борт долины р. Мал. Киргизки до станции Томск - Северный. Всего на этом участке насчитывается 8 оврагов [118].

Третий участок включает долину р. Ушайки. Здесь мелкие овраги расположены на второй террасе р. Ушайки, а наиболее крупные врезаются в третью террасу р. Томи, так на правом берегу р. Ушайки насчитывается 19 оврагов, на левобережье 20 [118].

Четвертый участок занимает волнистую поверхность водораздела (коренной склон долины р. Томи) и включает район Лагерного сада - Потаповых лужков. В районе самого Лагерного сада овраги были уничтожены при террасировании оползневых склонов, но на их месте образуются новые эрозионные формы. Выше по течению реки расположено 9 оврагов средних размеров и 1 крупный [118].

В целом в расположении оврагов наблюдается отчетливая закономерность – в основном сосредоточенность вдоль уступов террас, по крутым выпуклым склонам, а особенно интенсивному размыву подвержена третья терраса р. Томи. А не наблюдаются овраги на приводораздельных пространствах, преимущественно полого-выпуклых, с небольшим углом наклона (1 - 3°).

Количество оврагов на территории города постоянно изменяется. Так как во-первых образуются новые овраги, некоторые из них засыпаются, и, при неблагоприятном сочетании природно-антропогенных условий, могут возрождаться вновь, во-вторых, площадь города также увеличивается и внутри городской территории оказываются новые оврага. Общее изменение количества оврагов направлено в сторону увеличения их числа, хотя в целом уменьшение количества оврагов связано с их засыпкой, рекультивацией и застройкой. Так весьма характерна в этом плане динамика развития оврагов, показана в работах Н.С. Евсеевой, Н.В. Осинцевой [119] за 258 лет (табл.1).

Таблица 1 – Динамика овражной сети за период с 1743-2002 гг.[119]

Год	Количество	Суммарная длина	Источник
1743	5	-	Л.С. Косова, 1993
1767	9	-	
1896	20	>5	Карта р. Томи от Томска до устья...,1896
1965	50	>30	Л.А. Рождественская, 1965
1978	109	-	З.И. Ястремская
1993	90	-	Н.В. Осинцева, Н.С. Евсеева (2000-2000)
1999	70	25	
2001	81	26,2	

## 2. Физико-географическая характеристика района исследований

### 2.1 Административно-территориальное положение

Территорией исследования является г. Томск, расположенный в Томской области (рис.3) с географическими координатами участка 56-61° с. ш. и 75-89° в. д.. В административно-территориальном отношении территория расположена на юго-востоке Западно-Сибирской равнины, на правом берегу р. Томи.

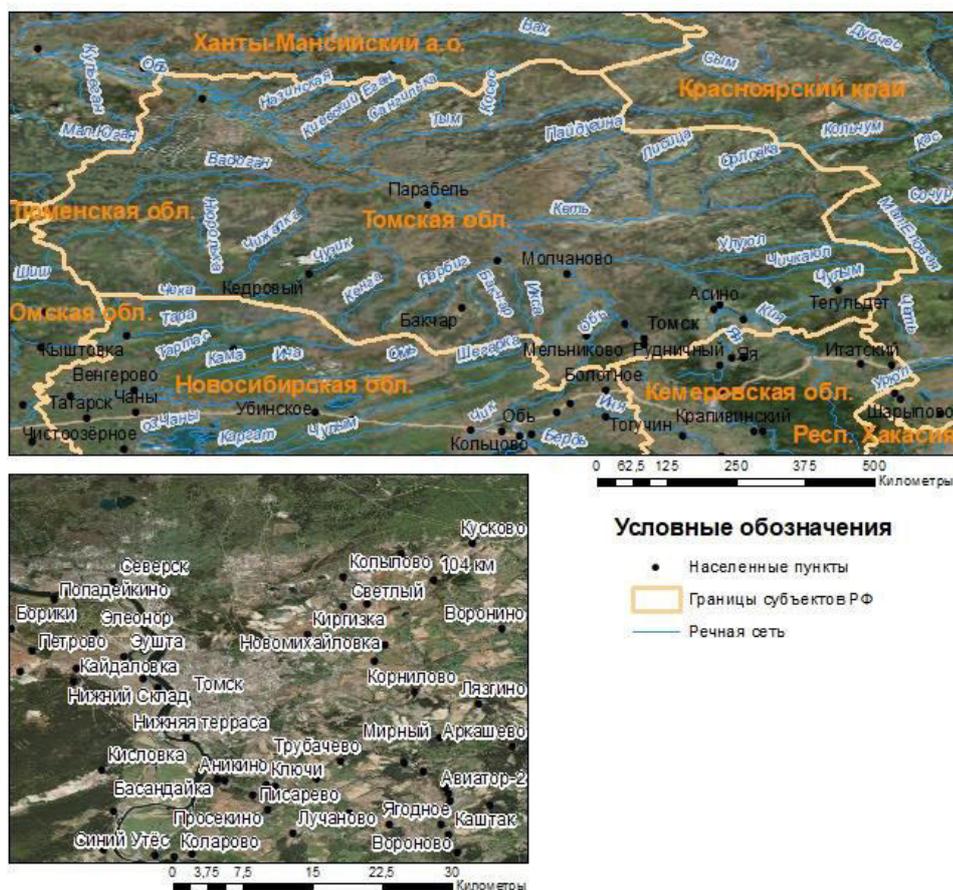


Рисунок 3 — Административно-территориальное положение г. Томска

### 2.2 Рельеф

Город Томск и его окрестности находятся на юго-востоке Западно-Сибирской равнины, на стыке её с отрогами Кузнецкого Алатау. Рельеф отличается равнинностью, более значительные абсолютные высоты приурочены к крайнему юго-востоку области, куда входят северные отроги Кузнецкого Алатау высотой до 258 м на Томь-Яйском междуречье. Рельеф водораздела расчленён сетью логов с микропонижениями, западинами и заболоченностью. В целом окрестности г. Томска характеризуются расчленённым рельефом, который сформировался в результате блоковых неотектонических движений и водной эрозии.

На основе данных ЦМР в виде растрового изображения (SRTM с перекрытием соседних растров в 1 пиксель) с пространственным разрешением в 3 угловых секунды (~90 м) [221] получена карта рельефа территории исследований, в частности Томского района (рис.4).

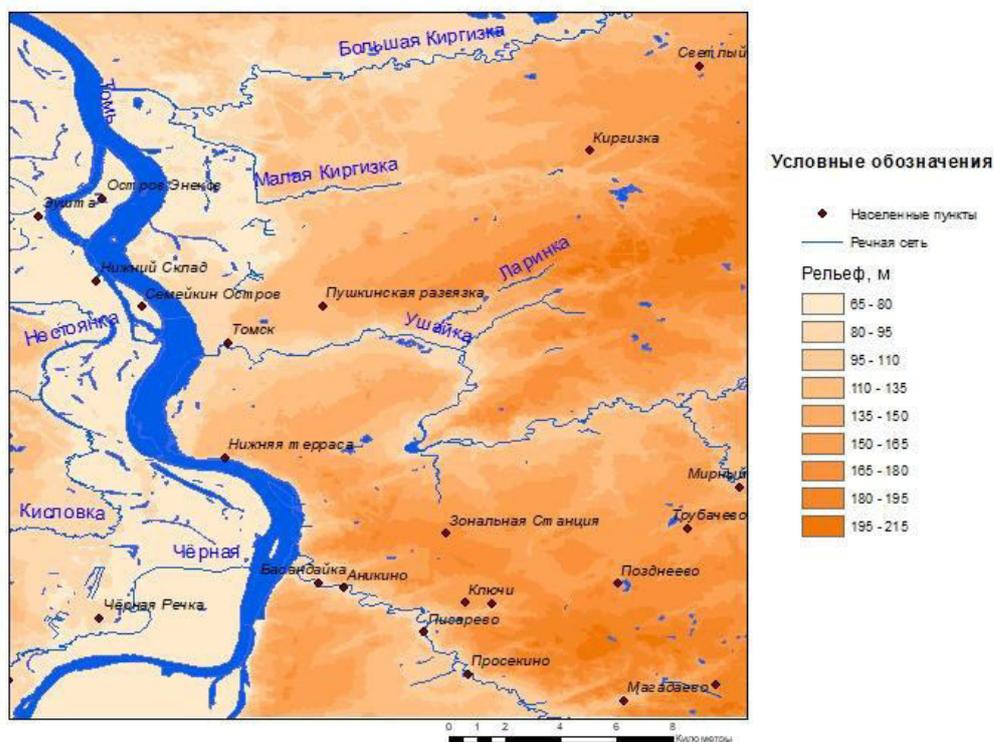


Рисунок 4 — Рельеф территории Томского района

Абсолютные отметки рельефа для территории изменяются от 65 м в западной части к 215 м в северо- и юго-восточной части. Территория исследований относится к равнинному рельефу согласно СП 33-101-2003 [172], к местами низменному (абс. высоты от 0 до 200 м) и возвышенному (более 200 м) рельефу [149].

Согласно схеме геоморфологического районирования, территория исследований расположена в пределах Томско-Каменского района Чулымо-Енисейской области Западно-Сибирской геоморфологической провинции, где развит денудационный и эрозионно-аккумулятивный рельеф [10]. Геоморфологически территория города и его окрестности (рис.5) относятся к всхолмленной равнине Томь-Яйского междуречья, в которую врезана долина р. Томи с серией надпойменных террас и долины ее притоков.

Водораздельная равнина занимает восточную и юго-восточную части города (район Спичфабрики, Каштак, Лагерный сад), характеризуется неровной поверхностью, расчлененной логами и оврагами в придолинной части с абсолютными высотами 120 - 140 м. В левобережье р. Томи она осложнена ложбинами древнего стока, в которые врезаны левые притоки реки – реки Черная и Кисловка [116].

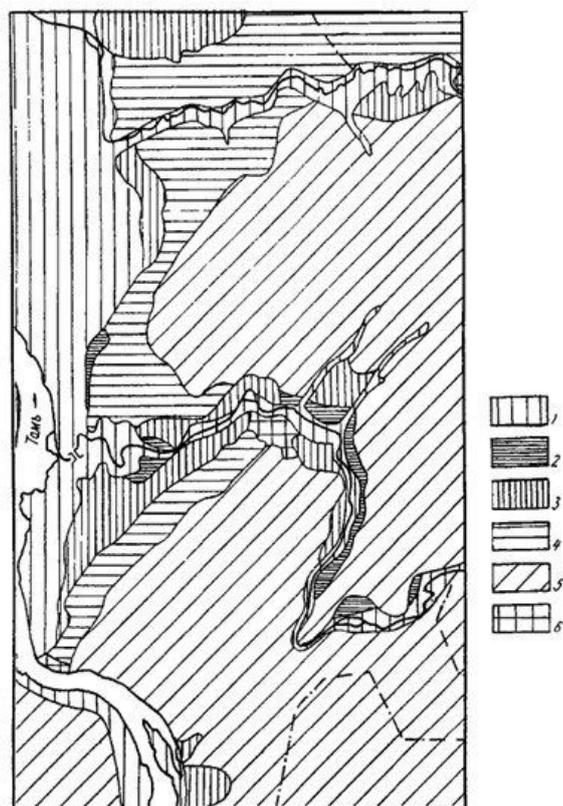


Рисунок 5 — Схематическая геоморфологическая карта г. Томска: 1 – пойма, 2 – первая надпойменная терраса, 3 – вторая надпойменная терраса, 4 – третья надпойменная терраса, 5 – водораздельная равнина, 6 – техногенные отложения [55]

Пойма р. Томи развита главным образом в левобережье (шириной 3 км), но хорошо представлена и на правобережье в северной части города (район Черемошники). Поверхность сравнительно ровная, с многочисленными старицами и протоками и выделяется по высоте: высокая (5-6 и до 9 м) и низкая (2-4 м) поймы [116]. Низкая пойма соответствует руслу р. Томи, направленным в сторону стержня р. Томи [61], высокая пойма в пределах города развита вдоль Московского тракта.

Первая надпойменная терраса с абсолютными отметками 80 - 88 м, ровной местами заболоченной, поверхностью, с останцами более древних террас, и слабым уклоном в сторону русла. Протягивается от ул. Обруб до ул. Дальне-Ключевской (пл. Ленина), в начале ул. Сибирской и по обоим берегам р Ушайки [116].

Вторая терраса р. Томи расположена с юго-запада на северо-восток по правому берегу р. Томи (от ул. Нахимова до р. Ушайки в районе ул. Льва Толстого и от Каштака до р. Мал. Киргизки), небольшие участки ее выделены также по обеим сторонам Ушайки и севернее устья р. Басандайки, а на левобережье территория пос. Тимирязевский. Абсолютные высоты террасы 80 - 100 м, над урезом воды в р. Томь – 20 - 25 м [116].

Третья терраса примыкает к водораздельной равнине (микрорайон Каштак, Соляная площадь, Воскресенская гора), но западная граница террасы хорошо выражена в рельефе на спуске к коммунальному мосту по ул. Нахимова, у главного корпуса ТПУ, на спуске к р. Ушайке. Поверхность террасы практически ровная, местами волнистая, со слабым уклоном, а края сильно изрезаны оврагами, местами развит грядово-дюнный рельеф. Абсолютные высоты 100 - 120 м, над урезом воды в р. Томь – 40-50 м [116].

Наличие террас рек, на которых преимущественно расположен город, делает поверхность его территории весьма неоднородной – это ровные с небольшим уклоном в сторону р. Томи поверхности или разной крутизны склоны от 5 - 10 ° до 55 - 60° [50]. Используя карту рельефа территории и возможности ArcGIS, получена карта крутизны склонов территории г. Томска (рис. 6). Плоские поверхности крутизной менее 1° занимают около 37% территории города.

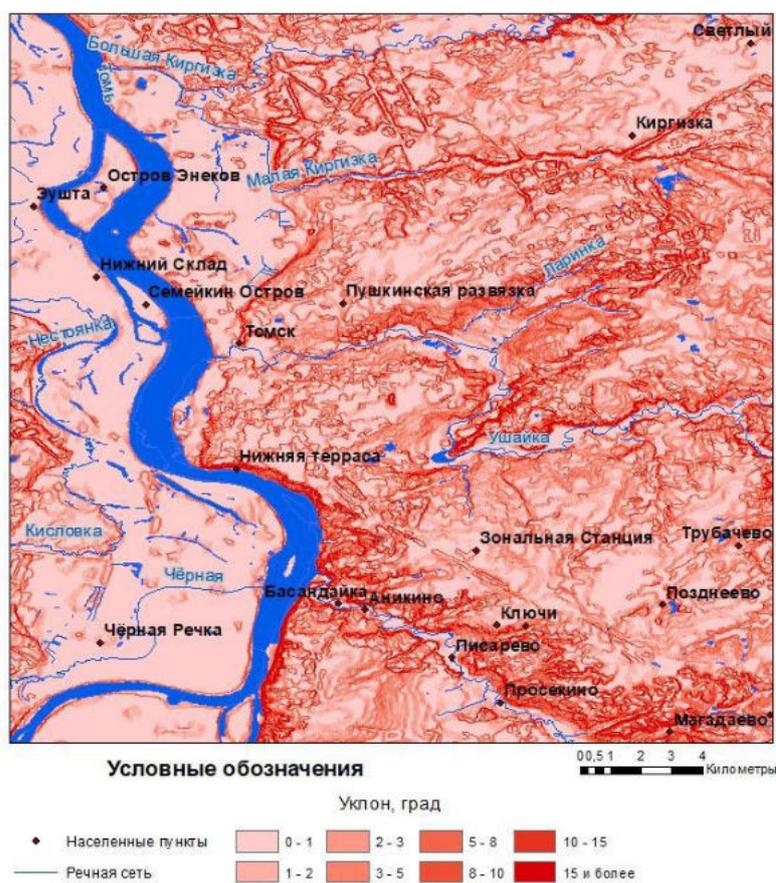


Рисунок 6 — Карта крутизны склонов территории г. Томска

### 2.3 Климатические условия

Для рассмотрения метеорологических условий исследуемой территории использованы данные метеорологической станции Томск, которая расположена в южной окраине города, с координатами 56.50°с. ш., 84.92° в.д.. Источниками данных являются СП

131.13330.2012 [169], научно-прикладной справочник по климату СССР [107] и специализированные массивы среднесезонных данных ВНИИГМИ-МЦД [12].

#### *Радиационный режим*

Годовой приход солнечной радиации при ясном небе (максимальное поступление солнечной энергии на данной широте) для территории г. Томска составляет в среднем 4100 МДж/м<sup>2</sup> [108]. Как для прямой радиации, так и для суммарной радиации характерно резкое возрастание значений от января к февралю (увеличение в 3 раза) и от февраля к марту (увеличение в 2,5 раза), а также резкое уменьшение их от августа до ноября (уменьшение в 2 раза каждый месяц). Наибольшая среднемесячная продолжительность солнечного сияния наблюдается в летние месяцы – 276-272 часа (максимум в июне-июле), а наименьшая – 21 час (в декабре) [50].

#### *Термический режим*

Расположение территории исследования в центре Евразийского континента определяет высокую континентальность климата, выражающуюся формированием режимов низких температур в холодное полугодие и высоких – в теплое. Географическое расположение территории обуславливает большую изменчивость по сезонам в притоке солнечной радиации, а также преобладание западно-восточного переноса воздушных масс. Равнинная поверхность области и открытость ее с севера и юга способствуют свободному проникновению воздушных масс, как с территории Арктики, так и из Средней Азии и является одной из причин неустойчивости погоды. В холодный период года большое влияние на атмосферную циркуляцию территории в большой степени имеет Сибирский антициклон, который при распространении на запад оказывает влияние на малое количество осадков и город оказывается в области низких (часто экстремальных) температур. Оттепели же связаны с циклонами из северной Атлантики.

#### *Годовой ход температуры почвы*

Температурный режим почвы, в большей степени, чем температура воздуха, подвержен влиянию локальных микроклиматических факторов, прежде всего – состояния поверхности почвы, ее типа, механического состава, влажности, растительного покрова. Почва на территории м/с Томск – светло-серая лесная. На рис.7 представлен годовой ход температуры почвы по среднемесячной температуре поверхности почвы и температуры почвы на глубине по вытяжным термометрам  $t_{\text{почвы}}$  за 1977-2017 гг. [12]. В табл. 2 приведены даты заморозков по показаниям минимального термометра на поверхности почвы и продолжительность безморозного периода на поверхности почвы.

Таблица 2 – Даты первого и последнего заморозка и продолжительность безморозного периода на поверхности почвы [107]

Дата заморозка						Продолжительность безморозного периода (дни)		
последнего			первого					
1*	2**	3***	1*	2**	3***	1*	2**	3***
31 V	20 V 1974	14 VI 1971	14 IX	31 VII 1975	1 X 1964	105	67	127

Примечание: \* – средняя; \*\* – самая ранняя; \*\*\* – самая поздняя

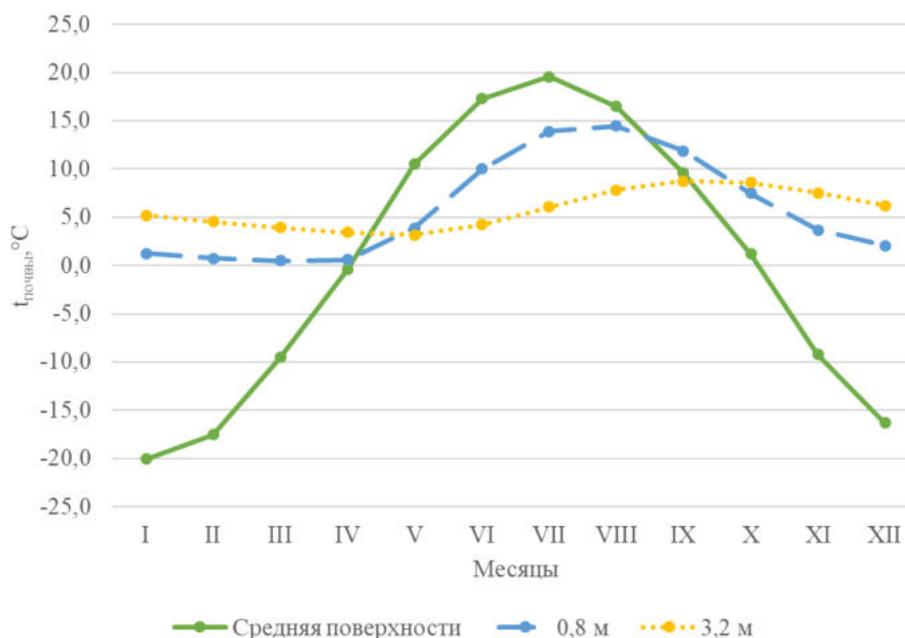


Рисунок 7 — Годовой ход температуры почвы м/с Томск

Годовой ход температуры поверхности почвы (рис.7) имеет простой вид с одним максимумом и минимумом. В целом на территории исследования температура с января по февраль изменяется незначительно, а с февраля по июль резко возрастает от -9,5 °С до 19,6 °С, затем с августа по декабрь уменьшается до -16,3 °С. Минимальная температура поверхности почвы отмечается в январе и составляет -20 °С, максимум в июле и равен 19,6 °С, при этом на глубине 0,8 м максимум наблюдается в августе и равен 14,5 °С, а минимум в марте 0,5 °С, на глубине 3,2 м максимум наблюдается в сентябре 8,8 °С, а минимум в мае 3,2 °С.

Самые низкие температуры на поверхности приходятся на январь-февраль (-20,0 – -17,5 °С), самые высокие температуры наблюдаются в июне-июле (17,3 – 19,6°С). В более глубоких слоях минимум смещается и наступает в марте-апреле, а на глубине 3,2 метра он приходится на апрель, максимум наступает в июле-августе (0,8 м) и сентябре (3,2 м), т.е. с глубиной время наступления минимумов и максимумов температуры почвы сдвигается.

Разность между наибольшей и наименьшей среднемесячными температурами за год называется амплитудой годового хода температуры почвы. Годовая амплитуда

поверхности почвы составляет 39,6 °С, на глубине 0,8 метра 14 °С, на глубине 3,2 метра 5,6°С, следовательно амплитуда с глубиной уменьшается. В целом с глубинной температура почвы зимой увеличивается, а летом уменьшается.

Переход температуры на поверхности почвы через 0 °С (табл.2) осуществляется в апреле и ноябре – продолжительность безморозного периода составляет в среднем 105 дней. Дата первого заморозка в среднем 14 сентября, последнего 31 мая. На глубинах 0,8 и 3,2 м температура положительна в течение всего года.

*Годовой ход температуры воздуха*

Согласно СП 131.13330.2012 [169] район исследований относится к I климатическому району к подрайону В, среднемесячная температура воздуха в январе составляет от -14 до -28°С, в июле от +12 до +21°С. Среднее за год число дней с переходом температуры воздуха через 0°С составляет 65. Средняя суточная амплитуда температуры воздуха наиболее холодного месяца 8,2°С, наиболее теплого месяца 11,3°С.

На рис.8 представлен годовой ход температуры воздуха на м/с Томск по данным средней многолетней температуры t за 1977-2017 гг. [12]. В табл.3 приведены абсолютные максимум и минимум температуры воздуха, даты заморозков и продолжительность безморозного периода в воздухе приведены в табл. 4.

Таблица 3 – Абсолютный максимум и минимум температуры воздуха, °С [107]

Месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Абсолютный максимум	4 1948	7 1983	14 1981	27 1972	32 1952	35 1931	35 1975	34 1931	30 1953	25 1928	11 1963	7 1975	35 1975
Абсолютный минимум	-55 1931	-51 1951	-42 1892	-31 1964	-18 1898	-4 1961	2 1945	-2 1902	-8 1955	-29 1940	-48 1952	-50 1938	-55 1931

Таблица 4 – Даты первого и последнего заморозков и продолжительность безморозного периода в воздухе [107]

Дата заморозка						Продолжительность безморозного периода (дни)		
последнего			первого					
1*	2**	3***	1*	2**	3***	1*	2**	3***
25 V	30 IV 1908	13 VI 1933	18 IX	19 VIII 1902	8 X 1948	115	86 1934	155 1908

Примечание: \* – средняя; \*\* – самая ранняя; \*\*\* - самая поздняя

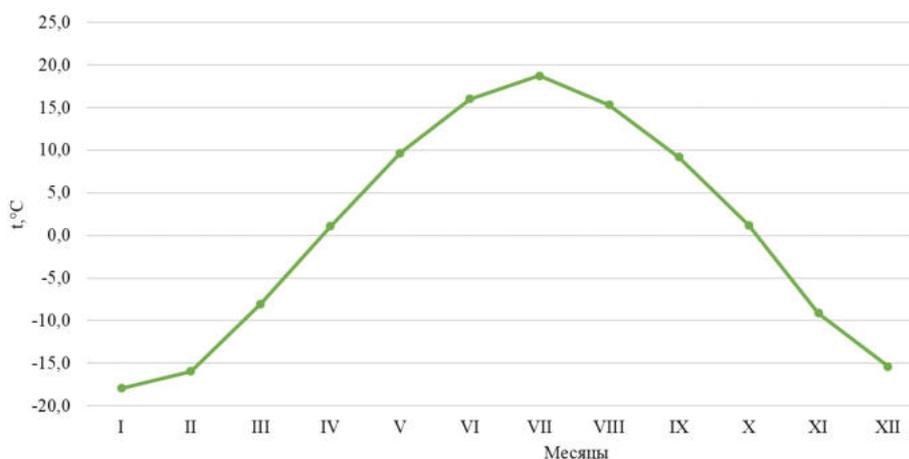


Рисунок 8 — Годовой ход температуры воздуха на м/с Томск

Кривая годового хода температуры воздуха (рис.8) имеет простой вид. Годовая амплитуда температур составляет 36,7 °С, наиболее интенсивные изменения температуры наблюдаются в периоды с февраля по июль и с августа по декабрь. Минимальная температура наблюдается в январе и составляет -17,9 °С, а максимальная в июле составляет 18,8 °С. Абсолютный минимум наблюдается в январе и составляет -55 °С, а абсолютный максимум отмечается в июне-июле и равен 35 °С.

Сравнивая годовой ход температуры воздуха (рис.8) с годовым ходом температуры почвы (рис.7) можно сказать, что годовой ход практически не отличается, но у почвы он выражен сильнее: у температуры воздуха амплитуда почти на 2,9 °С меньше амплитуды годового хода почвы. При этом максимум температуры как для воздуха, так и для почвы, приходится на июль месяц, а минимум на январь.

Дата первого заморозка в среднем 18 сентября, последнего заморозка в среднем 25 мая (табл.4). Средняя продолжительность безморозного периода составляет 115 дней.

#### *Влажностный режим*

Воздух территории исследования характеризуется в течение всего года по абсолютной влажности как сухой, за исключением летнего месяца – июля. По относительной влажности воздух характеризуется: с апреля по июнь – умеренно сухой, с июля по октябрь и февраль-март – умеренно влажный, а с ноября по январь – влажный [169]. Согласно карте зон влажности по СП 131.13330.2012 [169] в соответствии с комплексным показателем  $k=5-9$ , территория работ г. Томска относится к нормальной. На рис.9 представлен годовой ход упругости водяного пара ( $e$ ) и относительной влажности воздуха ( $\phi$ ) по среднемноголетним данным этих характеристик за период 1960-2015 г.[12].

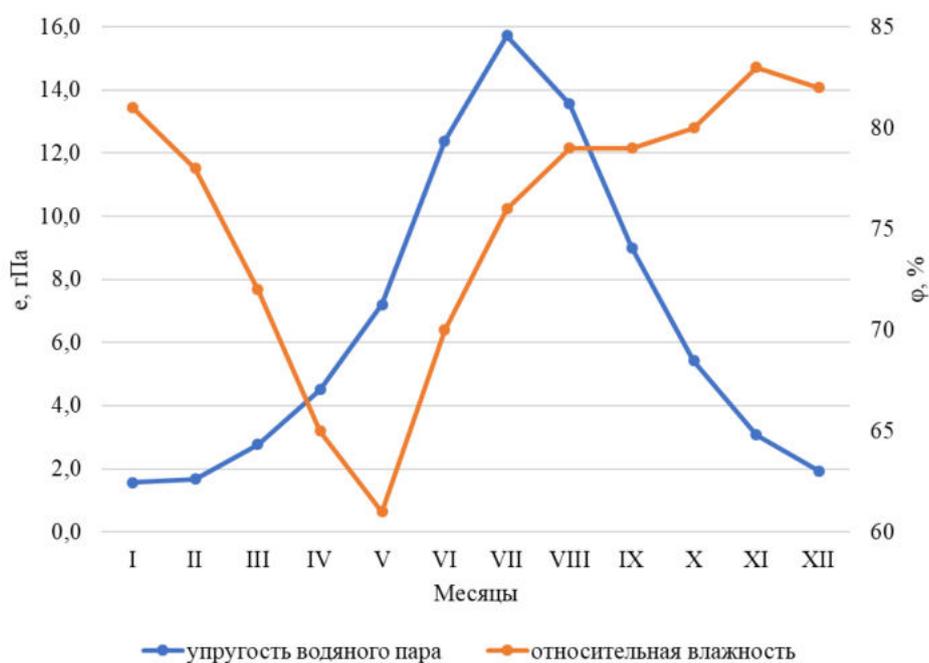


Рисунок 9 — Годовой ход упругости водяного пара и относительной влажности воздуха м/с Томск

Годовой ход для упругости водяного пара и для относительной влажности (рис.9) имеет простой вид, с одним максимумом и минимумом. Для упругости водяного пара максимум наблюдается в июле 15,7 гПа, а минимум в январе и составляет 1,6 гПа. В целом упругость водяного пара изменяется незначительно в течение года, годовая амплитуда составляет 14,2 гПа, а средняя годовая упругость водяного пара составляет 6,6 гПа. Для относительной влажности один максимум наблюдается в ноябре-декабре (83 и 82%), а минимумом в мае (61%). Амплитуда годового хода относительной влажности равна 22%, а с января по март и с августа по декабрь относительная влажность изменяется незначительно, резкое увеличение происходит с мая по август.

Сопоставляя кривые годового хода температуры (рис.8) и упругости водяного пара (рис.9), можем сделать вывод о том, что они параллельны, так как количество водяного пара в атмосфере пропорционально температуре воздуха. Сопоставляя кривые годового хода температуры (рис.8) и относительной влажности воздуха (рис.9) можем сделать вывод о том, что они имеют обратный вид.

#### *Атмосферные осадки*

По количеству осадков территория г. Томска относится к зоне достаточного увлажнения, с наибольшим количеством осадков в летнее время, при этом зимой повышается число дней с осадками, но убавляется их суточное количество. Годовой ход количества осадков представлен на рис. 10 по данным среднемесячного количества

осадков с поправками к показаниям осадкомера м/с Томск за период 1950-2015 гг. [12].

Даты по образованию снежного покрова приведены в табл.5.

Таблица 5 – Даты появления и схода снежного покрова, образования и разрушения устойчивого снежного покрова [107]

Число дней со снежным покровом	Появление снежного покрова, дата			Образование снежного покрова, дата			Разрушение снежного покрова, дата			Сход снежного покрова, дата		
	1*	2**	3***	1*	2**	3***	1*	2**	3***	1*	2**	3***
178	15 X	23 IX	19 XI	28 X	1 X	15 XI	18 IV	28 III	5 V	30 IV	12 IV	25 V

Примечание: \* – средняя; \*\* – самая ранняя; \*\*\* - самая поздняя

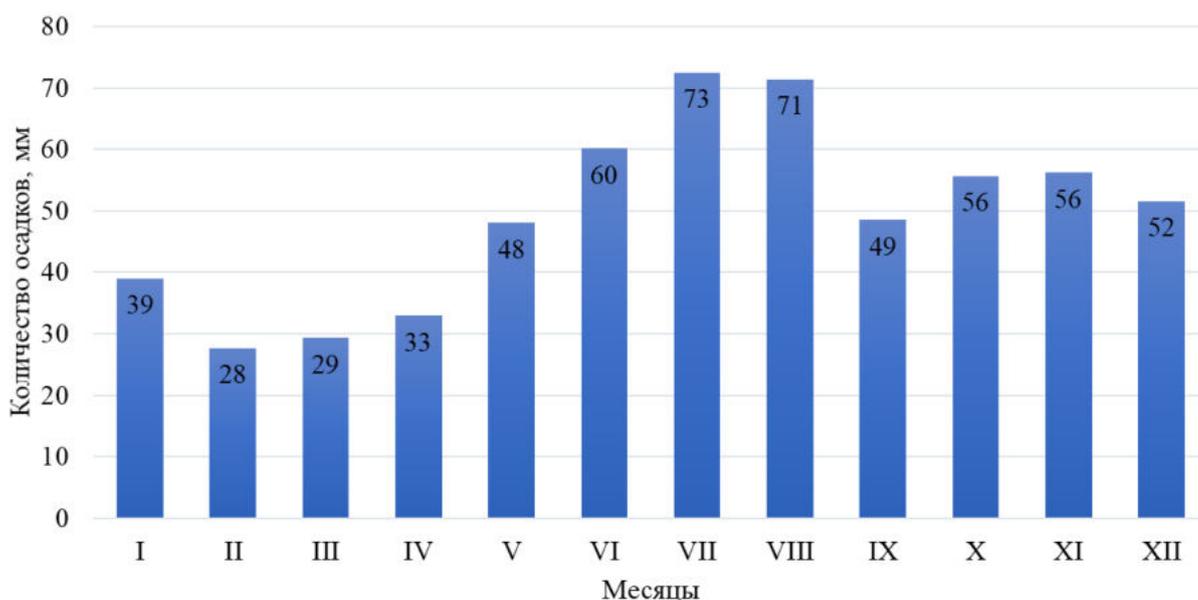


Рисунок 10 — Годовой ход осадков м/с Томск

Для территории исследования годовое количество осадков составляет 593 мм, при этом в течение года осадки выпадают неравномерно (рис.10), но основная их часть выпадает в тёплый период года. Максимальное количество осадков отмечается в июле-августе, а минимальное в январе-апреле. Среднее количество осадков за теплый период (апрель-октябрь) составляет 389 мм, за холодный (ноябрь-март) составляет 204 мм, т.е. преобладают жидкие осадки.

Первый снежный покров отмечается в среднем 15 октября, но из-за оттепелей он держится недолго, конкретное образование снежного покрова наблюдается 28 октября. Залегание снежного покрова в среднем составляет около 178 дней, при этом в среднем высота снежного покрова составляет 60 см. Разрушение же снежного покрова в среднем наступает 18 апреля.

Стоит отметить, что для эрозии почв важно не только количество осадков, но и их интенсивность. Так на территории исследования в целом продолжительность осадков летом невелика (табл.6), средняя продолжительность одного дождя около 5 часов, в переходные сезоны 8-8,7 часа [161].

Таблица 6 – Средняя продолжительность осадков [107]

Месяц	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Средняя продолжительность осадков, ч	90	78	58	41	62	72

Как правило для территории исследования в июле преобладают короткие дожди (около  $\frac{1}{2}$  которых имеют продолжительность менее 3 ч), а в августе продолжительность дождей увеличивается, при этом максимальная их повторяемость приходится на градацию 3 – 6 часов [161].

Летом осадки часто выпадают в виде ливней (часть дождя, с максимальной интенсивностью выпадения осадков), территория области исследований относится к районам сильных ливней [42] – так в Томске повторяемость числа дней с ливнями колеблется от 20 до 83, при этом максимум ливней приходится на август, средняя продолжительность ливневого дождя составляет 60 – 80 мин. Результаты наблюдений за ливнями на территории исследования представлены в табл.7 [51].

Таблица 7 – Результаты наблюдений ливней по м/с Томск [51].

Дата выпадения	Количество осадков, мм	Продолжительность ливневого дождя, мин (интервал от одного к другому числу)	
02.06.1893	76	282	534
10.08.1956	72,8	306	438
26-27.05.1978	57,2	306	438
30.06.1987	53,7	330	330
26.07.1988	37,8	258	438
05.08.1988	42,8	306	438
16.08.1994	80,5	306	438
18.09.1996	32	306	438
13.06.2002	50	10	30
10.07.2005	39,5	258	438
12-13.07.2011	47	258	438
03.06.2015	3,7	1	1

Средняя интенсивность ливней для данной территории составляет 0,18 – 0,25 мм/мин [162], а в табл. 8 представлена повторяемость возможной максимальной интенсивности ливней: чаще наблюдается интенсивность от 0,11 до 0,5 мм/мин (средняя интенсивность по [162]). Интенсивность дождя и количество осадков определяют

эрозионный потенциал дождя - эрозионный индекс осадков Уишмейера – Смита, для исследуемой территории он равен 6 [88].

Таблица 8 – Повторяемость (%) ливней максимальной интенсивности в летний период (июнь–июль) для м/с Томск [51]

Интенсивность, мм/мин				
0,11–0,5	0,51–1,0	1,01–2,0	2,01–3,0	3,01–5,0
38,4	21,7	23,3	11,6	1,7

*Ветровой режим*

Для территории г. Томска характерен западный перенос воздушных масс, который дополняется циклонической и антициклонической деятельностью на территории Западной Сибири и в совокупности влияет на ветровой режим. По повторяемости направлений ветра (табл.9) построены розы ветров территории исследования (рис.11). Годовой ход средней скорости м/с Томск по данным за период 1966-2016 гг. [12] представлен на рис.12.

Таблица 9 – Повторяемость направлений ветра и штилей м/с Томск за 1966-2016 гг., % [12]

Месяц	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ	Штиль
I	3	6	8	3	36	21	4	1	18
VI	13	15	10	6	16	6	7	5	22
Год	12	5	5	5	29	19	11	7	8

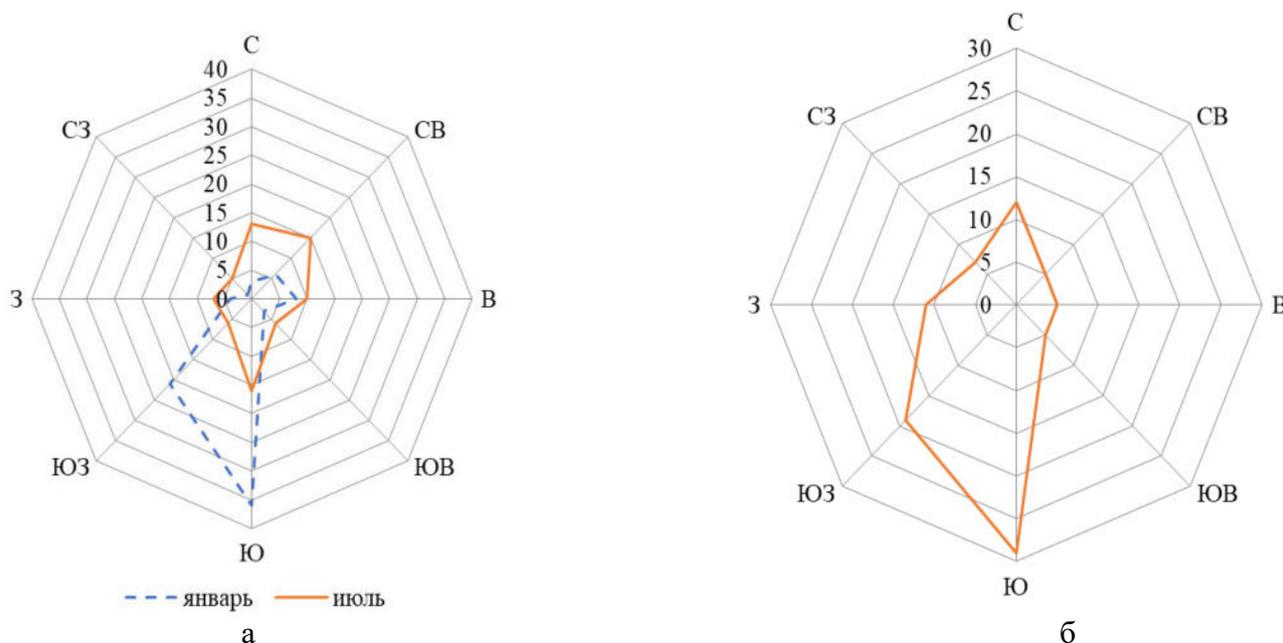


Рисунок 11 — Роза ветров для января и июля (а) и годовая роза ветров (б) для м/с Томск

Преобладающим направлением (рис.11(а)) ветра в зимний период является южное, а в летний– южное, а также северо-восточное. В годовом ходе (рис.11(б)) преобладают

ветры южного направления. Преобладание того или иного направления зависит от особенностей атмосферной циркуляции над районом. Зимние и летние месяцы отличаются наибольшими различиями в преобладающем направлении ветра из-за особенностей распределения атмосферного давления. Зимой штили наблюдаются реже, чем летом.

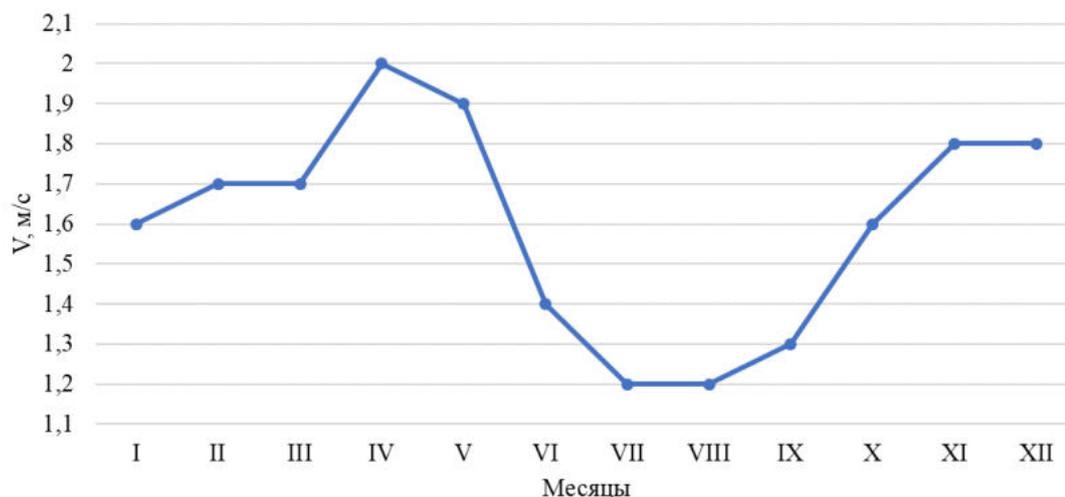


Рисунок 12 — Годовой ход средней скорости ветра м/с Томск

Максимальная скорость ветра в годовом ходе (рис.12) наблюдается в апреле (2 м/с), а минимальная в июле - августе (1,2 м/с). Среднегодовая скорость 1,6 м/с. В целом скорости ветра в течение года меняются незначительно, в переходные сезоны года скорость ветра выше, чем в теплый или холодный период. Число дней с сильным ветром (15 м/с и более) в среднем за год равно 23 [107], причем наибольшее число таких дней приходится на зимние месяца.

Таким образом, согласно климатической классификации Б.П. Алисова, территория исследований (г. Томск) располагается в умеренном поясе с умеренно континентальным климатом, который характеризуется холодной зимой и теплым летом, равномерным увлажнением, колебаниями температур, зависящими от сложной циркуляции воздушных масс над Западно-Сибирской низменностью.

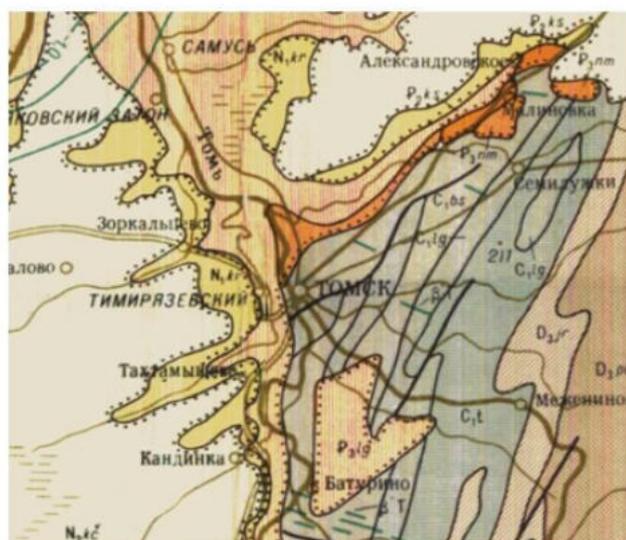
Климатические особенности района, такие как резкое колебание температуры, глубокое промерзание грунтов, осадки (особенно ливневые) и интенсивное снеготаяние, обуславливают интенсивность проявления овражной эрозии. Интенсивные ливни приводят к образованию промоин, оврагов, усиливают поверхностный смыв, особенно на антропогенных участках [61].

## 2.4 Геологические условия

Условия района определяются пограничным расположением на стыке двух разнородных геологических структур: Западно-Сибирской плиты и Кольвань - Томской складчатой зоны.

### 2.4.1 Стратиграфия

В геологическом строении выделяют 2 структурных этажа: палеозойский фундамент и рыхлый мезозойско-кайнозойский чехол. На территории г. Томска принимают участие отложения различного возраста и генезиса (рис.13): от каменноугольных (отложения фундамента) до четвертичных (от склоновых до современных отложений) [16].



#### Условные обозначения:

##### Палеогеновая система:

$P_{1g}$	Верхний олигоцен. Журавский горизонт. Лагернотомская свита – глины, алевролиты, пески, лигниты; турасская свита ( $P_{1g}t$ ) – алевролиты.
$P_{2m}$	Нижний и средний олигоцен. Новомихайловский горизонт; Новомихайловская свита – пески, глины, алевролиты, лигниты.
$P_{2t}$	Эоцен. Долгоруковский горизонт; Кусовская свита – пески.

##### Неогеновая система

$N_{4z}$	Верхний плиоцен. Кочковский горизонт; Кочковская свита – супылики, глины, пески, галечники.
$N_{2b}$	Нижний миоцен. Абросимовский горизонт; Абросимовская свита – алевролиты, пески, глины, лигниты; киреевская свита ( $N_{2b}t$ ) – пески, глины, алевролиты.

##### Каменноугольная система (нижний отдел)

$C_{1b}$	Визейский и герцуловский ярусы. Басандакская свита – песчаники, алевролиты, глинистые сланцы.
$C_{1v}$	Турнейский – визейский ярусы – известняки, песчаники, алевролиты, аргиллиты; лагернотомская свита ( $C_{1v}$ ) – глинистые сланцы, алевролиты.
$C_{1t}$	Турнейский ярус – алевролиты, глинистые сланцы, песчаники, линзы известняков.

##### Девонская система(верхний отдел):

$D_{2r}$	Фаненский ярус. Юргинская свита – песчаники, глинистые сланцы, известняки.
$D_{2f}$	Франский – фаненский ярусы. Пачинская свита – глинистые сланцы, алевролиты, песчаники.

##### Прочие обозначения:

$ST$	Трещиновые интрузии – диабазы, доломиты, базальтовые порфириты.
------	-----------------------------------------------------------------

Рисунок 13 — Фрагмент карты дочетвертичных образований, масштаб 1: 1 000 000 [71]

Отложения четвертичной системы широко развиты и охватывают стратиграфический интервал от эо-плейстоцена до голоцена (рис. 14), которые представлены тайгинской свитой, покровными отложениями, осадками трех надпойменных террас р. Томи, современными и техногенными отложениями.

*Кочковской свиты* отложения развиты повсеместно, отсутствуя лишь в долинах рек Томи. Залегает с эрозионным размывом на осадках лагернотомской, а также абросимовской и новомихайловской свит. В ее составе четко выделяются 2 подсвиты. Нижняя - песчано-гравийная, косослоистая, а верхняя подсвита выходит на дневную

поверхность в обрывах на правом берегу р. Томи, которая сложена озёрными глинами и суглинками с маломощными прослойками разнозернистого песка [124].

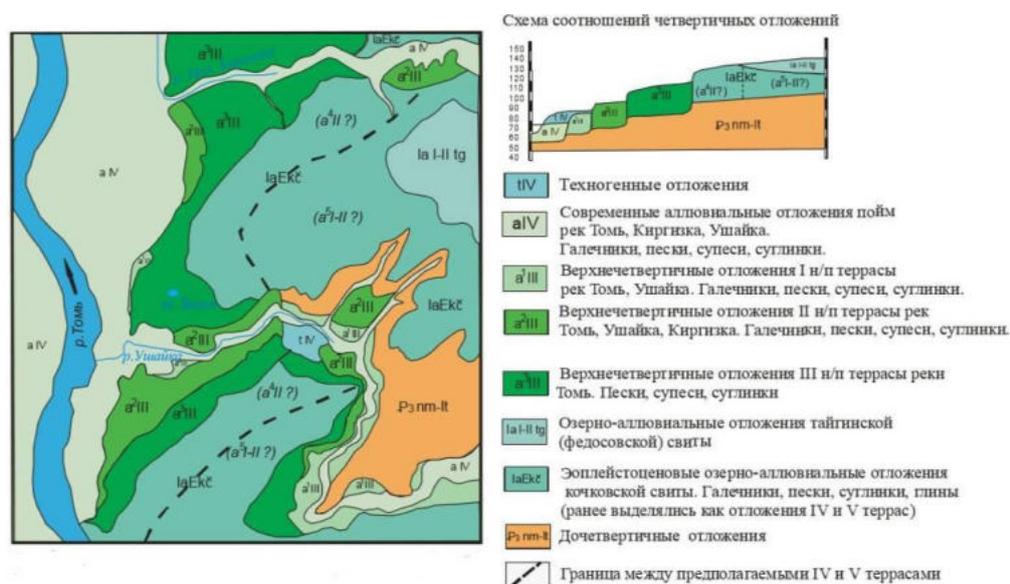


Рисунок 14 — Карта четвертичных отложений, масштаб 1:25 000 (толща покровных лессовидных суглинков с карты снята)[16]

*Тайгинской свиты* отложения распространены в восточной и южной частях в пределах города, занимая водораздельные пространства. Залегают осадки свиты на отложениях кочковской свиты и перекрыты повсеместно покровными суглинками. Мощность осадков свиты равна 5-14 м. Преобладающими в осадках свиты являются супеси и пески, ниже по разрезу они переходят в суглинки серовато-голубой окраски, илестые, пылеватые, текучие [61].

*Отложения I надпойменной террасы* представлены русловой, пойменной и старинной фациями, цоколем являются супеси или глины палеогена. Суммарная мощность аллювия составляет 14-16 м, с техногенными отложениями - до 20 м.

*Отложения II надпойменной террасы* преимущественно супесчано-песчаные, в виде отдельных прослоев и линз встречаются суглинки, глины и торф чаще мощностью не более 2 м, а в верхней части разреза широко развит «культурный слой». В южной части поверхность частично перекрыта покровными отложениями мощностью от 0 до 4 - 6 м.

*Отложения III надпойменной террасы* протягиваются широкой полосой по правому берегу р. Томи, шириной в отдельных местах более 2 км (в районе Белого Озера, Психбольницы). Терраса, как геологическое тело, с запада и северо-запада ограничивается тыловым швом второй террасы, тыловой шов собственно третьей террасы в рельефе не выражен, граница ее устанавливается довольно условно. Абсолютные отметки террасы колеблются от 97,6 м (район Белого Озера) до 100-108,3 м (район Психбольницы). В

основании террасы песчано-гравийно-галечниковые отложения, выше переслаивание супеси и суглинка или песка с супесью, еще выше залегают суглинки, местами железенные. Мощность террасовых отложений до 14 метров [61].

К *современным отложениям* относятся отложения пойм рек, которые залегают на размытой поверхности палеогеновых отложений, а также на коре выветривания палеозойских пород. Представлены отложения галечниками, песками, суглинками, илами, торфами. В районе Лагерного сада мощность колеблется от 5,5 до 12 м [61]. Абсолютные высоты 75 - 80 м.

*Покровные отложения* пользуются повсеместным распространением на всей территории города, за исключением площадей, занятых поймами рек, частично террасами. Представлены лессовидными суглинками, супесями. *Покровные субаэральные отложения* распространены повсеместно на водоразделе и представлены в основном суглинками и супесями с прослоями и линзами песков, суглинки иногда опесчаненные [61].

*Техногенные отложения* распространены в пределах городской территории в основном в районе Лагерного сада, Черемошников, по берегу р. Томи в виде дамбы, ниже устья р. Ушайки [124], также они слагают золоотвал ГРЭС-2 в пойме р. Ушайки, образуя самостоятельное геологическое тело, а также засыпанные овраги (в районе Каштака, АРЗа), склоны (район завода ТЭМЗ), насыпные грунты в местахстроек, на дорогах и др.. Наибольшее распространение насыпные отложения имеют на склоне третьей надпойменной террасы.

#### **2.4.2 Тектоника**

В геотектоническом отношении территория расположена в зоне сочленения плиты молодой Западно-Сибирской эпигерцинской платформы со структурами Алтае-Саянской складчатой горной области. В тектоническом строении отчетливо выделено 2 структурных этажа: нижний герцинский, представленный фундаментом платформы и верхний – мезозойско-кайнозойский чехол [16].

Город расположена в пределах Томь - Колыванской складчатой зоны, разбитой тектоническими нарушениями на 3 блока (Южный, Северный и Западный), входящих в состав Томского выступа данной зоны (рис.15). Расположен Томский выступ на южной окраине Западно-Сибирской плиты и в структурном плане приурочена Томский выступ к зоне сочленения Томско-Каменского выступа и Барабинско-Пихтовской моноклинали, которые относятся к внешнему поясу тектонических структур плиты. Мощность платформенных мезозойско-кайнозойских отложений варьирует от первых десятков м в

районе Томско-Каменского выступа на востоке участка до 300-500 м в северо-западной части участка в пределах Барабинско-Пихтовской моноклинали [15].



Условные обозначения:



Рисунок 15 — Фрагмент схемы тектонического районирования платформенного чехла, масштаб 1: 5 000 000 [71]

## 2.5 Растительный покров и фауна

Земельный фонд Томской области на 1 января 2018 г составляет 31 439,1 тыс. га, при этом основная часть территории области занята землями лесного фонда 91 % (28 597,9 тыс. га), а лесистость территории Томской области составляет 61,4 % [41].

Территория исследований входит в подтаежную подзону, которая является переходной от темнохвойной тайги и сосновых лесов к березовым лесам и лесным лугам [82]. Окрестности города входят в подзону вейниковой пихтовой тайги, во многих местах вместо темно-хвойных лесов вторичные березняки и осинники, а основной растительной формацией являются парковые леса с участками смешанных, в травяном покрове которых встречаются степные формы, с преобладанием пихтово-елового леса [82]. Так зональным типом растительности является равнинная полидоминантная тайга с доминированием в южных районах области пихты сибирской, а в северных – кедра сибирского с участием ели. В большинстве лесных сообществ присутствуют осина и березы. Мелколиственные леса занимают обширные площади в окрестностях города. На песчаных отложениях распространены сосновые леса (особенно на левобережье Томи), нередко с присутствием лиственницы сибирской. Интразональная растительность – торфяные болота, луга [48]. Распространённые верховые болота (из болотного варианта сосны с развитым кустарниковым ярусом и мхом сфагны) и низинные болота (в пониженных участках

поймы р. Томи и ее притоков). На переходных полосах сплошных березовых или хвойных лесов отмечаются высокотравные лесные луга, а суходольные луга расположены от открытых мест, где уровень грунтовых вод лежит глубоко, среди молодых березовых лесов. Также луговая растительность развита в пойме р. Томи [82].

Существующие типы растительности по территории исследований представлены на карте (рис.16) на основе материалов Института космических исследований Земли, по данным сервиса ВЕГА-PRO [11].

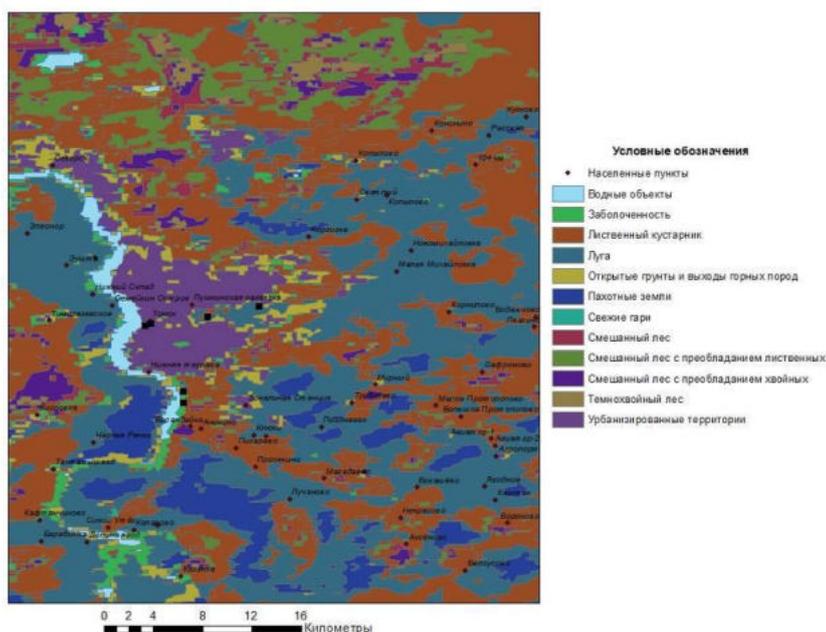


Рисунок 16 — Карта типов использования земель на территории исследования

В данном случае растительность территории определяет интенсивность овражной эрозии, так как большое влияние на интенсивность смыва и возможность его возникновения оказывают почвозащитные свойства растительности.

По антропогенным признакам согласно ГОСТ 17.8.1.02–88 [33] ландшафт территории относится по преобладающей социально-экономической функциям к водохозяйственным, промышленным, ландшафтам поселений и рекреационным, по устойчивости к антропогенным воздействиям к слабоустойчивым, а по степени измененности на среднеизмененные.

Животный мир Томской области на протяжении уже длительного времени остается неизменным и насчитывает примерно 2000 видов. Широко представлены различные группы беспозвоночных – 1500 видов, 1 вид – круглоротые, 33 вида – рыбы, 6 видов – амфибии, 4 вида – рептилий, 326 видов – птицы и 62 вида – млекопитающих. В составе фауны преобладают виды животных, связанные с лесами или их производными, а около трети всех видов тяготеет к водным и водно-болотным угодьям [41].

В окрестностях г. Томска преобладают мелкие хищники, грызуны и насекомоядные [82]. Млекопитающие на территории г. Томска встречаются не равномерно: в центральной части города, особенно в районах многоэтажной застройки, отмечается наименьшее биоразнообразие животных, по периферии урбанизированной территории видовое разнообразие млекопитающих увеличивается. Важной особенностью населения позвоночных животных в разной степени урбанизированных биоценозов является абсолютное доминирование по плотности и биомассе птиц, которое отмечается во все сезоны года, доминирующее положение занимает домовый воробей (40%) [41].

## **2.6 Почвы**

На территории г. Томска преобладают пойменные и серые лесные типы почв. Огромную роль в формирование почв на территории города играет антропогенная нагрузка, большая часть территории заасфальтирована и застроена жилыми и нежилыми зданиями. От природных почв, характерных для данного района остались лишь их антропогенные модификации [50].

В качестве исходных данных привлекалась находящаяся в открытом доступе «Почвенная карта России» (рис.17), которая создана в векторном формате (оцифрованные контуры в виде полигональных объектов) Почвенным институтом В.В. Докучаева [130], а описание данной карты получено из ЕГРПР РФ [56].

Зональным типом почв для территории г. Томска являются серые лесные [109]. Почвообразующими породами являются преимущественно карбонатные лессовидные суглинки и глины, а на третьей террасе р. Томи – супеси и легкие суглинки. В основном распространены глинистые, тяжелосуглинистые и суглинистые серые и светло - серые лесные оподзоленные почвы со значительными контурами темно – серых лесных, черноземно-луговых, лугово-черноземных оподзоленных и частично дерново-подзолистых почв [47, 50]. Пойма преимущественно представлена разнотравно-злаковыми лугами и кустарниково-березово-осиновыми лесами. На останцах первой террасы широкое участие темнохвойных пород. Почвы аллювиальные дерновые и луговые [47].

Серые лесные почвы формируются под кроном смешанных и березово-осиновых лесов, на хорошо дренированных участках. Так или иначе данные почвы оподзолены и имеют в основном суглинисто-глинистый механический состав. Мощность гумусового горизонта изменяется от 10-15 до 45 см, содержание гумуса при этом изменяется от 2,5-4,0 до 7 % [46]. Почвы имеют слабокислую реакцию.

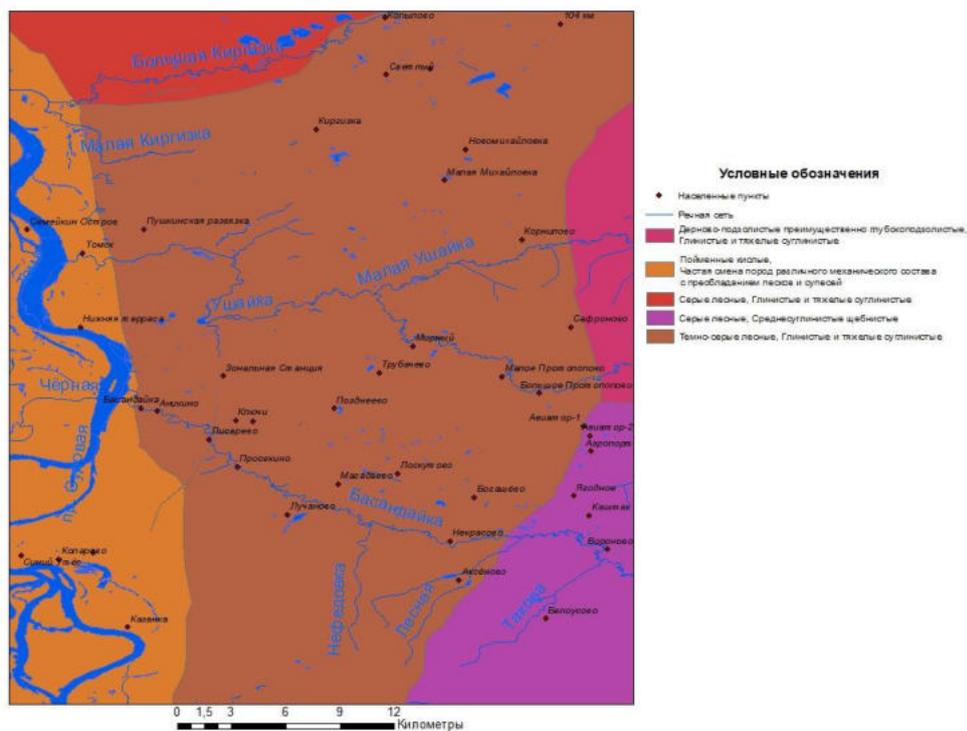


Рисунок 17 — Фрагмент карты почв для территории исследования

Дерново-подзолистые почвы формируются под покровом смешанных лесов с хорошо развитым моховотравянистым покровом, а также под березово-осиновыми лесами. Развиваются почвы преимущественно на покровных лессовидных суглинках. Среди них встречаются дерново-подзолистые или вторичноподзолистые со вторым гумусовым горизонтом. Почвы дерново-глубокоподзоленные на вершинах водораздела по склону сменяются светло-серыми, серыми и темно-серыми лесными [47].

Из всех типов почв распространенных на территории исследования наиболее подвержены эрозии подзолистые и дерново-подзолистые почвы, затем уже следуют серые лесные и черноземные почвы, при этом наиболее устойчивы к эрозии темно-серые лесные почвы и черноземы [58]. Смываемость основных типов пахотных почв Томь-Яйского междуречья [49] изменяется от 1,45 до 4,9 т/га на единицу эрозионного потенциала: у дерново-подзолистых почв от 2,05 до 4,9 т/га, у светло-серых почв от 1,45 до 3,95 т/га, у серых лесных до 3,65 т/га и у темно-серых лесных почв до 2,6 т/га. Согласно другим данным [92] смываемость для темно-серой лесной почвы 2,5 т/га, светло-серой лесной почвы 3 т/га, серой лесной почвы 2,8 т/га, дерново-подзолистой почвы 3,3 т/га. В принципе различия и разные результаты смываемости почв наблюдаются не только из-за того какая почва, но и при каких условиях определяется смываемость – при каком топографическом факторе (рельефе), при какой эродирующей способности (осадках).

## 2.7 Гидрогеологические условия

Территория города расположена на границе юго-восточной части Западно-Сибирского артезианского бассейна и Колывань-Томской складчатой зоны. В строении района принимают участие 2 гидрогеологических яруса [17]:

- нижний – представлен породами палеозойского фундамента, к верхней трещиноватой зоне которых приурочен напорный водоносный горизонт, имеющий повсеместное распространение;
- верхний – представлен мощной толщей рыхлых палеоген-четвертичных отложений с горизонтами и прослоями песков, песков с галькой и гравием, создающими благоприятные условия для накопления и циркуляции в них подземных вод.

В пределах территории г. Томска можно выделить водоносный комплекс четвертичных отложений (воды зоны аэрации (верховодка) и локально-обводнённый горизонт оползневых отложений), водоносный комплекс неоген-палеогеновых отложений и палеозойских отложений.

*Верховодка* – рассматривается как техногенный водоносный горизонт, так как он распространен вдоль всей береговой зоны, особыми условиями питания (атмосферные осадки, утечки водонесущих сетей, характером застройки города). Водовмещающие породы представлены покровными субаэральными песками с прослоями суглинков, а на отдельных участках супеси с линзами песков, а водоупорными отложениями являются глины тайгинской свиты. В целом поверхность водоупора имеет северо-западное направление, а водонасыщенных пород южное направление и мощность возрастает и меняется в этом направлении от 0,5 до 9 м [61]. Абсолютные отметки уровней подземных вод находятся в пределах 122-131 м.

*Локально-обводнённый водоносный горизонт оползневых отложений* – водовмещающие породы представлены песчаниками и супесчаными разностями в виде прослоев и линз. Основными источниками питания горизонта являются разгружающиеся воды палеоген-четвертичных отложений и атмосферные осадки, а также воды палеозойских образований через литологические окна в водоупорах [61].

*Неоген-палеогеновый водоносный горизонт* – приурочен к отложениям кочковской и лагернотомской свит. В основании свиты гравийно-галечниковый слой мощностью 1-2 м, а верхняя часть разреза сложена часто переслаивающимися суглинками, супесями и песками [61]. Воды в основном безнапорные и лишь на отдельных участках за счёт наличия в разрезе линз и прослоев водоупорных пород местный напор достигает до 7,2 м.

Питание подземных вод осуществляется за счёт инфильтрации атмосферных осадков, в основном за пределами участка исследования, а выходы подземных вод формируют источники или очаги скрытой разгрузки в оползневые отложения в пределах берегового склона р. Томь [61].

*Водоносный горизонт палеозойских образований* – воды приурочены к трещиноватым глинистым сланцам и песчаникам (глубина от 17,05 до 56 м). Воды напорные с величиной напора от 7 до 33 м, а абсолютные отметки пьезометрической поверхности изменяются от 92,01 до 109,98 м (превышение отметки кровли водоупора на 15 м) [61]. Режим подземных вод нарушенный, о чем говорит местная депрессия в пьезометрической поверхности в центральной части склона, вызванная работой эксплуатационных скважин.

Основным источником водоснабжения г. Томска и г. Северска является водоносный комплекс палеогеновых отложений. Природный химический состав вод пресный, гидрокарбонатный, преимущественно кальциевый, с азотным составом растворенных газов и повышенной концентрацией органических веществ (до 33 мг/л), железа и марганца [118]. Однако в связи с техногенной нагрузкой их состав заметно изменился в настоящее время – возросла концентрация железа и сульфатов, соответственно качество питьевой воды заметно ухудшилось.

При разгрузке подземных вод вдоль правого коренного берега р. Томи, по уступам террас, у мест их выхода нередко образуются размывы, дающие начало оврагам.

## **2.8 Гидрологические условия**

На территории г. Томска сформирована густая речная сеть, а водный режим с явно выраженной широтной зональностью пространственного распределения стока и достаточно большой долей его подземной составляющей, высокой водностью и естественной зарегулированностью стока в течение года [151].

Основной водосборной артерией района исследований является правобережный приток р. Оби – р. Томь, впадающая в 65 км ниже г. Томска в р. Обь. Так, своё начало река берёт на юго-западном склоне Кузнецкого Алатау, направление течения северо-западное, а наиболее крупными притоками являются реки: Ушайка, Басандайка, Киргизка [151]. Режим рек зависит от выпадающих атмосферных осадков и в полном соответствии с режимом грунтовых вод. Основными источниками питания рек являются зимние осадки, которые составляют 55 - 82% годового стока, при этом на долю подземных вод приходится 10 - 40%, а дождевого стока 3 - 11% [140]. По классификации Б.Д. Зайкова, реки территории исследования относятся к Западно-сибирскому типу, который

характеризуется растянутым, сравнительно невысоким половодьем, низкой зимней меженью и повышенным стоком в летне-осенний период [150]. Преобладающий тип руслового процесса в бассейнах рек – свободное меандрирование, но часто встречается незавершенное меандрирование, русловая и пойменная многорукавность, реже прочие типы русловых процессов [140].

Река Томь берет начало в горах (Абаканский хребет) и впадает в р. Обь справа на 2677-м км от устья, площадь водосбора 62000 км<sup>2</sup>, длина 827 км. В районе г. Томска норма водного стока р. Томи составляет 1031 м<sup>3</sup>/с, причем большая его часть (69 %) приходится на период весеннего половодья (апрель - июнь) [150,152]. Среднемноголетний расход воды 1080 м<sup>3</sup>/с [66], среднемноголетний уровень воды 69,49 м (Томь-Томск, пристань), максимальный расход воды составляет 13600 м<sup>3</sup>/с (14.05.1937 г.), минимальный расход открытого русла 117 м<sup>3</sup>/с (23-14.08.1974 г.), ледостава 52,6 м<sup>3</sup>/с (22.11.1934 г.), по среднемесячным расходам наибольший расход наблюдается в мае (4406 м<sup>3</sup>/с), наименьший в марте (155 м<sup>3</sup>/с) [150]. На рис. 18 приведены гидрографы стока за различные по водности годы [66].

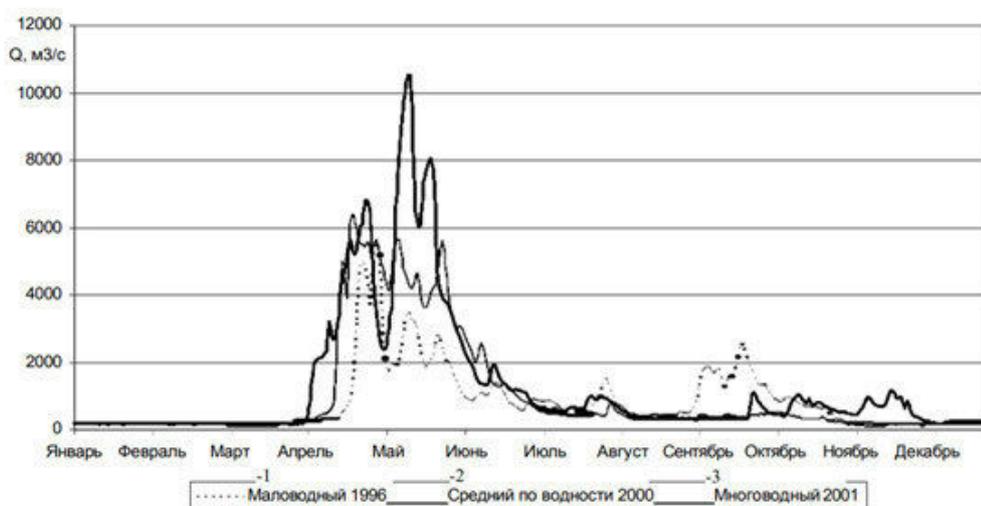


Рисунок 18 — Характерные гидрографы стока р. Томь – г. Томск-гидроствор: 1 – маловодный, 1996 г.; 2 – средний по водности, 2000г.; 3 – многоводный, 2001 г. [66]

На равнинной территории вдоль реки по обоим берегам прослеживаются хорошо выраженные надпойменные террасы. Русло здесь имеет много перекатов, ширина которых достигает 500 м [140]. Воды пресные мало- и среднеминерализованные, гидрокарбонатные кальциевые, преимущественно нейтральные или слабощелочные [151]. По классификации П.С. Кузина р. Томь относится к рекам горно-лесной зоны, с весенне-летним половодьем, летними и осенними паводками, относительно высокой летней меженью и ледоставом средней продолжительности. Доля весеннего половодья в

среднегодовом стоке составляет 69%, доля летне-осенней межени в среднегодовом стоке составляет 25,3%, доля стока за зимнюю межень в среднегодовом стоке составляет 5,7% [104].

Максимальные расходы воды наблюдаются в конце апреля – середине мая, в среднем 5-15 мая. Средний максимальный расход воды за период 1918-2010 гг. составляет 8340 м<sup>3</sup>/с [66]. Руслоформирующий расход на р. Томи по данным до 1972 г. [190] равен 4400 м<sup>3</sup>/с, по уточненным расчетам до 2000 г. [75] составляет 4960 м<sup>3</sup>/с.

Половодье на р. Томи сменяется периодом пониженного стока, когда питание рек осуществляется в основном за счет подземных вод. Наблюдается летне-осенняя и зимняя межени, в летне-осеннюю играет существенную роль дождевой сток. Летне-осенняя наступает в конце июля, по притокам Томи к концу июля, продолжительностью 54-56 дней. Зимняя межень с 10 ноября и продолжается в среднем 155 дней, среднемноголетний минимальный среднемесячный зимний сток в г. Томске 87 м<sup>3</sup>/с [4].

Продолжительность ледостава, в среднем, составляет 160-170 суток, устанавливается в среднем в конце октября-начале ноября, средняя толщина льда в марте р. Томи у г. Томска 76-83 см. Вскрытие и очищение р. Томи ото льда происходит в среднем в конце апреля - начале мая, вскрытие и очищение ото льда притоков – в середине - конце апреля [95]. Стоит отметить, что для р. Томи в нижнем течении характерны ледовые заторы, который образуются на следующих участках: от с. Ярского до д. Курлек; от с. Вершинино до с. Коларово; от г. Томска до с. Белобородово; от д. Чернильщикова до д. Орловки и от устья р. Томи до д. Карнаухова на р. Оби. Изменение уровней воды при заторных явлениях колеблется от 1 до 10 м, продолжительность стояния затора от первых часов до 10 суток [66].

Режим взвешенных наносов р. Томи определяется многолетними колебаниями водного стока, его внутригодовым распределением и пространственно-временными изменениями интенсивности развития эрозионных процессов на водосборе и в долине реки. Среднемноголетнее значение мутности Томи в створе г. Томск составляет 100 г/м<sup>3</sup>, расход взвешенных наносов – около 110 кг/с, объем стока наносов – 3600 тыс. т/год [104], модуль стока наносов 61 т/км<sup>2</sup> в год [140]. В целом сток наносов согласно невелик [66], так по данным Ю.И. Каменскова [68] он составляет 350 тыс. т, по данным Р.С. Чалова [191] – 430 тыс. т только влекомых наносов, а сток взвешенных наносов (среднемноголетний) равен 3,39 млн. т. Суммарный твердый сток (взвешенных и влекомых наносов) р. Томи в гидростворе г. Томска согласно О.Г. Савичеву [152] в среднем за 1986-2005 гг. составляет 1510179±55630 т/год (47,89±1,76 кг/с), в том числе

сток влекомых наносов – 522519 т/год (16,57 кг/с). Средняя многолетняя мутность рек колеблется в пределах 10-50 г/м<sup>3</sup>, на юго-востоке достигает 100 г/м<sup>3</sup>, наибольшая мутность наблюдается во время половодья [59].

Притоки р. Томи имеют западное и северо-западное направление. Долины рек слабо выражены в верховьях, но в среднем течении реки протекают уже по хорошо разработанным долинам, а в руслах рек имеются небольшие пороги и перекаты. Расходы рек в межень в пределах 1,2 - 1,8 м<sup>3</sup>/с, при скорости течения 0,1 - 0,6 м<sup>3</sup>/с, ширина русла до 20 – 30 м, глубина не превышает 2 м [125]. Водный и стоковый режим рек аналогичен режиму р. Томь. Характеристики притоков р. Томи, протекающих на территории города, представлены в табл.10 [18].

Таблица 10 – Характеристики рек [18]

Название реки	L*, км	F*, км <sup>2</sup>	B*, м	h*, м	Стоковые характеристики, м <sup>3</sup> /с		
					Q <sub>1</sub> *	Q <sub>2</sub> *	M*
Ушайка	78	744	7-15 в межень, 30-50 в паводок	0,2-0,3 на порогах, 0,7 - 1,2 на перекатах	4,35 п. Степановка	0,10 – 0,02	5,9
Кисловка	49	200		0,3-0,15	1,20	0,10-0,02	6
Мал. Киргизка	16	52,0			0,15	0,02	2,9
Басандайка	57	400		0,5-0,7	2,34	0,10 – 0,02	5,9

Примечание: L\* – длина реки, км; F\* – площадь водосбора, км<sup>2</sup>; B\* – средняя ширина русла реки, м; h\* – средняя глубина, м; Q<sub>1</sub>\* – среднегодовой расход 95% обеспеченности м<sup>3</sup>/с; Q<sub>2</sub>\* – минимальный среднемесячный 95% обеспеченности м<sup>3</sup>/с; M\* – среднегодовой модуль стока л/(с·км<sup>2</sup>), равный отношению среднегодового расхода на площадь водосбора (рассчитан автором).

Долина р. Басандайка хорошо разработанная корытообразная асимметричная, дно долины плоское, ширина долины 2-3 км. Склоны крутые, правый склон на всем протяжении реки более крутой (до 100 м), чем левый (40-50 м).Пойма двухсторонняя, местами отсутствует, шириной 100-200 м, на отдельных участках до 500 м. Русло извилистое, в верховьях песчаное, шириной 2–4 м, сложено в основном песком и камнем, у берегов заилено, не зарастает. Дно реки на перекатах сложено галечными породами, на плесах илистое, слабдеформирующееся. Глубины на перекатах 10–40 см, на плесах до 1,5 м. Степень заболоченности до 5% (в основном заболочены долины реки в верхнем течении и долины некоторых притоков), лесистости 75%, озерности 0%, средняя высота водосбора 180 м [19, 139, 140]. Норма стока р. Басандайка- п. Басандайка 2, 69 м<sup>3</sup>/с, среднемноголетний уровень воды 81,44 м, максимальный расход воды составляет 91,9

м<sup>3</sup>/с (12.05.1998 г.), минимальный расход открытого русла 0,20 м<sup>3</sup>/с (09-10.08.1977 г.), ледостава 0,20 м<sup>3</sup>/с (10.02.1984 г.) [150]. Всего в р. Басандайка впадает 87 притоков, общей длиной 168 км, долины притоков ящикообразные асимметричные, заросшие лесом.

Долина р. Ушайки корытообразной формы, хорошо разработанные с асимметричными профилями, в верховьях долины узкие, выположенные, часто заболоченные. Первая и вторая террасы отмечены в виде узких полос или отдельных фрагментов, шириной от 10–20 до 200 м и хорошо выражены на местности. В р. Ушайку впадает 54 притока с суммарной длиной 118 км, длиной более 10 км - 4. Ширина поймы р. Ушайки 75–100 м, в низовьях до 400 м. В верховьях русло реки шириной 2–5 м с крутыми, часто обрывистыми берегами, заросшими лесом и кустарником. В районе п. Степановка долина р. Ушайки выходит в долину р. Томь, а ширина реки у Степановки до 20 м и более. Берега реки заросли тальником, прилегающая местность к реке застроена. Высота берегов до 3-х м, глубины на перекатах 0,3–0,8 м, на плесах до 1,5 м и более. Русло песчано-галечное. Ниже п. Степановка р. Ушайка протекает по территории г. Томска. Степень заболоченности 0%, лесистости 80%, озерности 0%, средняя высота водосбора 180 м [19, 139, 140].

Долина реки большая Киргизка и её притоков (кроме р. Черной - долина правого притока на местности неясно выраженная) глубокие, корытообразные асимметричные с отчетливо выраженными террасами. Река впадает справа в р. Томь в 58 км от устья, общая длина реки 85 км, густота речной сети 0,54 км/км<sup>2</sup>, площадь водосбора 825 км<sup>2</sup>, залесенность 80%. Берет начало на Томь – Яйском водоразделе, бассейн представляет собой равнину, пересеченную густой гидрографической сетью. Долина Русло сложено из галечника, диаметром до 8-10 см, с отложением ила на плесовых участках. Поймы р. Киргизки и её основных притоков (Каменки, Мутной) большей частью односторонние, ширина пойм от 50 до 200 м. В бассейне реки прослеживаются 3 надпойменные террасы. Третья терраса генетически связана с одноименной террасой р. Томи, относительная высота над уровнем реки 15–20 м., на некоторых участках терраса образует обрывистые уступы. Наиболее широко распространены I (высота 5–10 м над уровнем рек) и II (высота 10–18 м над уровнем рек) надпойменные террасы. Ледостав образуется в результате увеличения и смерзания заберегов [19, 139, 140].

### **3 Социально-экологическая характеристика района исследований**

#### **3.1 Демографическая ситуация и экономическое развитие района**

Демографическая ситуация в январе 2019 г. в Томской области характеризовалась процессом естественной убыли населения, обусловленным превышением числа умерших над числом родившихся. Национальный состав территории представлен: русские – 88.1%, татары – 1.6%, украинцы – 1.1%, немцы – 8%, чувашаи – 0.4%, узбеки – 0.4%, азербайджанцы – 0.4%, белорусы – 0.3%, и др.[182]. По данным Росстата [182] на 1 января 2019 г в г. Томске проживает 596446 человек. Площадь города составляет – 294,6 км<sup>2</sup>, который характеризуется диверсифицированной экономической структурой. За последние 20 лет доля занятых в промышленности существенно сократилась, при этом доля занятых в исконно городских сферах экономики (торговля, образование и др.) растет.

В сфере строительства, энергетики, промышленности и добывающих отраслях на данный момент эксплуатируется около 300 инновационных предприятий. Предприятия города представлены следующими отраслями: нефтегазовая, пищевая, машиностроительная, строительство и производство строительных материалов, фармацевтическая, производство медицинской техники и другие. Также в городе представлены многие российские торговые сети, торговые центры и комплексы, большое количество розничной торговли [122]. Известно, что в конкурентной борьбе решающее значение имеет уровень образования и накопленных знаний. В этом смысле Томск имеет хорошие перспективы социально-экономического развития.

#### **3.2 Виды и интенсивность антропогенной нагрузки**

К основным экологическим проблемам территории г. Томска можно отнести загрязнение воздуха выбросами от автотранспорта и промышленных предприятий, сложное экологическое состояние городских водотоков, неблагоустроенность прибрежных территорий, сброс в городские водотоки неочищенных стоков [135], а также эксплуатация Томского водозабора и различное строительство.

Во всех районах города есть санитарно-защитные зоны промышленных предприятий, и во многие из них попадают жилые дома. Так, в санитарно-защитные зоны попадают ряд домов Соснового Бора, Заозёрья, Каштака-III, Телецентра, Высотного, Иркутского тракта, Сибирской улицы, проспекта Кирова, улицы Нахимова[135].

Загрязнение воздушной среды обусловлено функционирование промышленных предприятий, жилищно-коммунальных комплексов и автотранспорта. Наблюдения за качеством атмосферного воздуха в г. Томске проводятся на 7 стационарных постах

Государственной службы наблюдений за состоянием окружающей среды комплексной лабораторией по мониторингу загрязнения окружающей среды Томского ЦГМС – филиал ФГБУ «Западно-Сибирское УГМС». Так по данным наблюдений мониторинга Томского ЦГМС загрязнения атмосферного воздуха в городе отмечалось повышенного уровня. За период с 2013-2017 гг. отмечена тенденция повышения уровня загрязнения атмосферы города диоксидом-оксидом азота, метиловым спиртом, аммиаком, формальдегидом. Основной «вклад» в загрязнение города вносят следующие вещества: бенз(а)пирен, формальдегид, хлорид водорода, взвешенные вещества, диоксид азота [41].

Наблюдение за состоянием поверхностных вод на территории Томской области в 2017 г. осуществлялось Томский Центром по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды – филиалом ФГБУ «Западно-Сибирское Управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды» (в 23 створах) и ОГБУ «Облкомприрода» (в 40 створах). Значение коэффициента комплексности загрязненности воды в наблюдаемых водных объектах свидетельствует о загрязненности воды по нескольким ингредиентам и показателям качества в течение года: вода большинства рек загрязнена нефтепродуктами, железом, ХПК, фенолами и азотистыми соединениями. Из-за естественных и антропогенных загрязнений поверхностные водоемы в городе Томске можно отнести к 3 (р. Томь) – 4 (р. Ушайка) классам качества [41]. В 2017 г. в поверхностные водные объекты было сброшено примерно 277,9 млн. м<sup>3</sup> сточных вод, преобладают нормативно-чистые и нормативно-очищенные воды [41].

Согласно собранным данным за 2017 г. предприятиями, организациями и учреждениями в Томской области образовано примерно 1130 тыс. т. отходов производств и потребления. Основной вклад в объем образованных отходов по Томской области, по-прежнему, принадлежит полигону ТБО г. Томска [41].

Территория города характеризуется сложными инженерно-строительными условиями, из-за проявления опасных геологических процессов. По данным регионального центра государственного мониторинга состояния недр «Гидроспецгеология» [64-65] территория Томской области в значительной степени заболочена, берега рек подвергаются интенсивному воздействию гравитационно-эрозионных процессов, овражной эрозии. В самом г. Томске широкое распространение имеют оползневые процессы, создающие угрозу разрушения зданий, инженерных коммуникаций, а также процессы овражной эрозии и подтопления.

1. Подтопление – обусловлено как естественными, так и техногенными факторами. Техногенный фактор, который преобладает, связан с подъемом уровня грунтовых вод

вследствие утечек из водонесущих коммуникаций, засыпки оврагов и логов, барражного эффекта при строительстве на свайных фундаментах. Среди естественных факторов выделяется разгрузка подземных вод Томь-Яйского водораздела и паводковые периоды р. Томи и ее притоков (ул. Московский тракт, Черемошники).

2. Оползни – имеют широкое развитие на территории г. Томска. Распространены по склонам Томь-Яйского водораздела по берегам рек Томи, Ушайки, Ларинки и бортам глубоких оврагов. Особую опасность представляют оползни, развивающиеся в Лагерном Саду, мкр. Солнечном, в районе Спичечной фабрики. Развитие оползней в условиях г. Томска является естественным геодинамическим процессом, обусловленным геолого-гидрогеологическим строением территории. Степень развития данного процесса зависит, помимо геолого-гидрогеологических причин, от техногенных факторов: подрезка склонов при строительстве, пригрузка склонов различными объектами (статическая и динамическая нагрузки), утечки из водонесущих коммуникаций, недостаточная организация водоотведения поверхностных и подземных вод, неполное осуществление противооползневых мероприятий.

3. Речная эрозия – отмечается по берегам рек Томи, Ушайки и их притоков. Интенсивность процесса возрастает в период паводков, а также по причине антропогенного воздействия на уровенный и гидрологический режим рек. Также наблюдается интенсификация процесса *плоскостного смыва* в условиях сильно расчлененного рельефа территории, что выражается в склоновой эрозии, смещении грунта, техногенном подтоплении.

4. Оврагообразование – распространено на участках легко размываемых грунтов (лесовидные суглинки, супеси, пылеватые пески) в результате эрозии, а также в результате антропогенного влияния, вырезающегося в нарушение растительного покрова, утечки вод и т.д.. Интенсивное оврагообразование наблюдалось по берегам рек Киргизки и Ушайки, в районе Каштачной горы, по улицам Большеовражная, съезды на ул. Московский тракт по ул. Учебной, Нахимова, А. Иванова и др.

5. Заболачивание – отмечается в поймах рек в условиях переувлажненности грунтов и затрудненного стока поверхностных вод, при этом участки имеют локальное распространение (разгрузка подземных вод Томь-Яйского водораздела, по долине р. Ушайки, Киргизки) [199].

#### **4. Методика исследования**

*Объект исследования* – территория г. Томска и прилегающие территории, подверженные овражной эрозии, а также водосборы оврагов, образовавшиеся за счет нее. Предмет исследования гидрологические условия формирования линейной эрозии в пределах города.

*В процессе исследования использовались следующие методы* – математическое моделирование гидрологических процессов, географо-гидрологический, картографический, ГИС-технологии, а также метод отбора проб.

Гидрологические характеристики рассчитывались при отсутствии данных наблюдений согласно СП 33-101-2003 [172] и рекомендаций ГГИ [100], а также Пособию по определению расчетных гидрологических характеристик [129].

Построение водного баланса основывалось на расчете слоя водного стока, общего увлажнения водосборной территории, потерь водного стока (испарения), без антропогенного влияния на водный сток.

Максимальный сток рассчитывался разными методами. Расход воды половодья был рассчитан по редуцированной формуле согласно [129]. Расходы вод дождевых паводков были рассчитаны с использованием двух методов расчета: редуцированный метод, согласно Пособию к СНиП 2.05.03-84 [128] и метод предельных интенсивностей, согласно СП 32.13330.2012 [171].

Минимальный сток рассчитывался согласно СП 33-101-2003 [172].

Суммарный сток взвешенных и влекомых наносов водосборов, рассчитывался по А.В. Карашеву и Г.И. Шамову [69-70, 197].

Морфометрические характеристики водосборов определялись [146] на основе тематического дешифрирования были получены границы водосборов выбранных оврагов, средняя высота водосбора и уклон используя ArcGIS.

Географо-гидрологический метод – предполагает выявление географических закономерностей гидрологического режима и связей между гидрологическими характеристиками, экстраполяцию данных зависимостей на неизученные объекты [85], то есть практическое применение метода основывается на подборе рек-аналогов.

Для определения взвешенных веществ в водном потоке согласно РД 52.24.468-2005 [138] используется гравиметрический метод определения массовой концентрации взвешенных веществ. Отбор проб для выполнения измерений массовой концентрации взвешенных веществ производится в соответствии с ГОСТ 31861 [37] и ГОСТ 17.1.5.05

[31]. Оборудование для отбора проб дополнительно должно соответствовать ГОСТ 17.1.5.04-81 [30].

Расчет смыва почв под воздействием дождей проводится с использованием модели в ГОСТ 17.4.4.03-86 [32]. Модель организована на создании специализированной геоинформационной базы данных с использованием ГИС-средств [101], где интегрированы факторы эрозии, представленные в виде растров, с атрибутивной таблицей параметров. Для оценки факторов эрозии использован набор картографо-геоинформационных инструментов и все операции производились с использованием ArcGIS 10 [202]. Так потенциальная опасность эрозии почв под воздействием дождей ( $A$ , т/га) вычисляется по формуле (1):

$$A=R \times K \times L \times S \times C \times P, \quad (1)$$

где

- Топографический фактор – параметры  $L$  и  $S$ . В качестве исходных данных ЦМР исследуемой территории SRTM в виде растрового изображения (с перекрытием соседних растров в 1 пиксель) с пространственным разрешением в 3 угловых секунды (~90м) [221]. Рассчитывается согласно ГОСТ 17.4.4.03-86 [32] по формуле (2):

$$LS=L^{0,5} \times (0,0011S^2 + 0,0078 + 0,0111), \quad (2)$$

где  $L$  – фактор длины склона;  $S$  – фактор крутизны склона.

- Фактор податливости почв эрозии – параметр  $K$ . В качестве исходных данных «Почвенная карта России», которая создана в векторном формате (оцифрованные контуры в виде полигональных объектов) Почвенным институтом В.В. Докучаева [130]. И так как отсутствуют данные по смыву то данный параметр вычисляют при наличии данных черного пара, но в разных топографических условиях, согласно ГОСТ 17.4.4.03-86 [32] по формуле (3):

$$K=A_2 \times (R \times L \times S)^{-1}, \quad (3)$$

где  $A_2$  – установленное экспериментом количество смывой почвы на стоковой площадке под черным паром, т/га;

- Фактор эродирующей способности дождей – параметр  $R$  (эрозионный индекс осадков Уишмейера – Смита). В качестве исходных данных использовались специализированные массивы среднесезонных данных ВНИИГМИ-МЦД [12] и Научно-прикладной справочник по климату СССР [107], а также [88, 51]. Расчет проводится согласно ГОСТ 17.4.4.03-86 [32] по Вишмайеру и Смиру по формуле (4):

$$R = \sum_{i=1}^n I_{V,i} \times E_i, \quad (4)$$

где  $I_{V,i}$  – 30-минутные максимальные интенсивности отдельных дождей, мм/мин,

определяемая согласно СП 32.13330.2012 [171] по формуле (5):

$$I_v=A/t^n, \quad (5)$$

где  $A$  и  $n$  – параметры, характеризующие соответственно интенсивность и продолжительность дождя для конкретной местности;  $t$  – время дождя = 30 мин;

$E_i$  – энергия осадков, вычисляемая по следующему уравнению (формуле (6)):

$$E=2795+898 \times \lg I, \quad (6)$$

где  $I$  – интенсивность дождя, мм/мин;  $i$  – порядковый номер дождя;  $n$  - количество лет наблюдений.

- Фактор растительности и севооборота и фактор эффективности противоэрозионных мероприятий – параметры  $C$  и  $P$ . В качестве исходных данных используются типы растительности и геобазаданных по ним [11]. Задаются в виде таблиц безразмерных коэффициентов [219] с учетом их зависимости от типа растительности и площади покрова – значения варьируют от 0 до 1 для конкретного типа использования.

Значения потенциального ливневого смыва почвы были установлены путем перемножения значений факторов, входящих в уравнение с использованием модуля ArcGis Spatial Analyst – Калькулятор растра.

Расчет площадей водосборов оврагов производился с использованием ArcGIS «Калькулятор геометрии», а средние значения ливневого смыва в них с использованием «Зональная статистика в таблицу».

Для рекомендаций по мониторингу овражной эрозии было проведено изучение научной и нормативной литературы – СП 116.13330.2012 [167] и ГОСТ Р 22.1.06-99 [39].

## 5 Гидрологические условия формирования оврагов на территории г. Томска

### 5.1 Содержание взвешенных веществ в дождевых водах

Был произведен отбор проб для выполнения измерений массовой концентрации взвешенных веществ в водном потоке гравиметрическим методом согласно РД 52.24.468-2005 [138]. Пробы не консервировались и непосредственные измерения производились в этот же день после отбора.

Пробы воды отбирали в углублении водного потока с помощью бутылки, а объем проб воды выбирали в соответствии с необходимостью получения на фильтре навески массой не менее 0,1 г. Так был произведен отбор 3 проб в период прохождения на территории исследования ливня 31.04.2019 в 3х точках (рис.19): №1 - объем фильтрата составил 0,4 л, №2 - объем 0,4 л, №3 - объем 1 л. Все 3 точки расположены в серых лесных почвах, причем почва №2 расположена в насыпном грунте, который представлен гравием и песком.



Рисунок 19 — Схема расположения точек отбора (№1 и №3- в районе ул. Киевской, №2 в районе Усть-Киргизки)

Прежде чем проводить измерения, в бумажный фильтр помещают воронку (предварительно взвесив его), смачивают небольшим количеством дистиллированной воды для хорошего прилипания и фильтруют отмеренный объем тщательно перемешанной анализируемой воды (рис.20).



Рисунок 20 — Процесс фильтрации отобранной воды

После фильтрации дают воде полностью стечь, затем фильтр с осадком трижды промывают охлажденной дистиллированной водой порциями не более 10 см<sup>3</sup>, осторожно вынимают пинцетом, затем высушивают (рис.21) и взвешивают на аналитических весах.



Рисунок 21 — Высушенный фильтр с осадком после фильтрации

Массовая концентрация взвешенных веществ в воде  $X$  (мг/дм<sup>3</sup>) рассчитывается по формуле (7):

$$X = \frac{(m_1 - m_2) \times 1000}{V}, \quad (7)$$

где  $m_1$  – масса фильтра с осадком взвешенных веществ, г;  $m_2$  – масса фильтра без осадка, г;  $V$  – объем профильтрованной пробы воды, дм<sup>3</sup>.

Результаты исследования сведены в табл. 11.

Таблица 11 – Содержание взвешенных веществ в дождевых водах

Проба	V, л	m <sub>1</sub> , г	m <sub>2</sub> , г	X, мг/дм <sup>3</sup>
№1	0,4	1,48	1,26	550±7
№2	0,4	1,37	1,32	125±7
№3	1	2,05	1,32	730 ±7

## 5.2 Водосборы оврагов

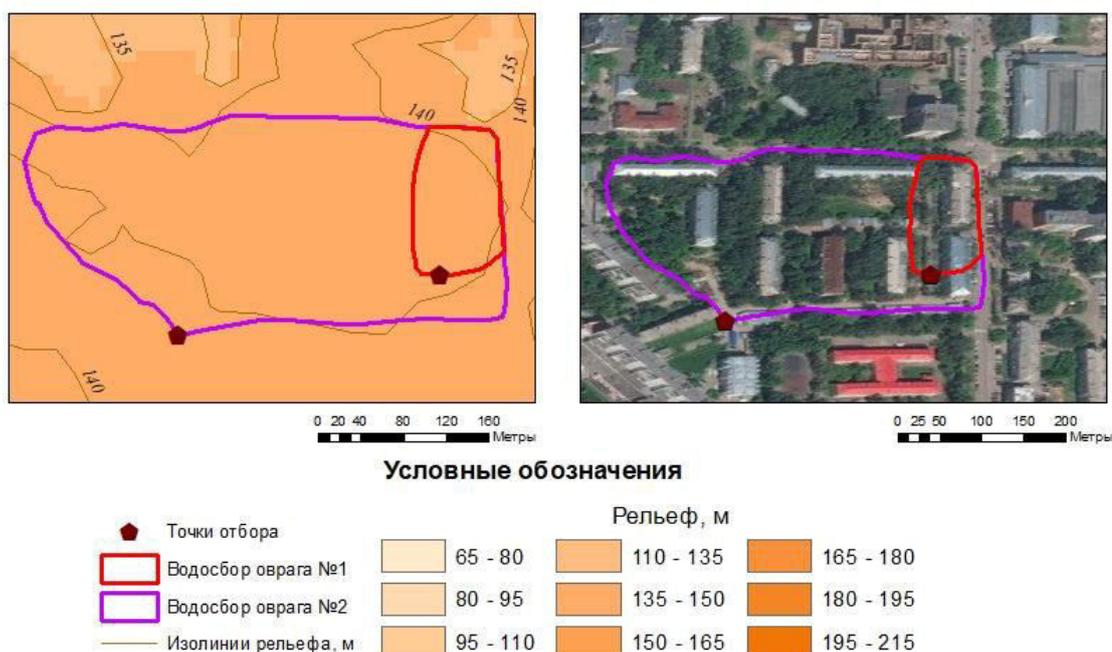


Рисунок 22 — Водосборы оврагов в местах точек отбора - в районе ул. Киевской

Для моделирования гидрологических условий формирования оврагов были выбраны водосборы оврагов в двух точках нашего опробования (рис.22), границы которых были получены на основе тематического дешифрирования. Стоит отметить, что в данном случае для оценки пространственного распределения стока предполагаемых водосборов, было выбрано что сток водосбора №2 включает сток водосбора №1.

Были определены следующие морфометрические характеристики водосборов, с помощью ArcGIS:

- водосбор №1 0,006 км<sup>2</sup>, средняя высота водосбора 140 м, средний уклон 1,1 град=19,2‰=0,0019 м/м,
- водосбор №2 0,04 км<sup>2</sup>, средняя высота водосбора 140 м, средний уклон 0,15 град=2,6‰=0,00026 м/м.

### 5.2.1 Выбор аналогов

В данном случае определение гидрологических характеристик водосборов будет произведено при отсутствии данных наблюдений, при помощи гидрологической аналогии. В качестве аналога была выбрана р. Ушайка, при выборе аналога учтены условия, согласно СП 33-101-2003 [172]: во-первых, синхронность колебаний водного стока, во-вторых, географическая близость расположения водосборов и сходные условия формирования водного стока, в-третьих, отсутствие факторов, существенно искажающих естественный речной сток.

## 5.2.2 Определение средних значений элементов водного баланса

Построение водного баланса основывалось на расчете слоя водного стока, общего увлажнения водосборной территории, потерь водного стока(испарения), без антропогенного влияния на водный сток.

Уравнение водного баланса, с учетом того что изменение суммарных влагозапасов в пределах бассейнов приблизительно равно  $W=0$  рассчитывается по формуле (8):

$$X = Y + E, \quad (8)$$

где  $X$  – атмосферные осадки, мм;  $Y$  общий речной сток, мм;  $E$  – суммарное испарение с поверхности речных бассейнов, мм.

Слой стока  $Y$  (мм/год) определяется по формуле (9):

$$Y = V / (A_B * 10^3), \quad (9)$$

где  $V$  – объем стока ( $\text{м}^3/\text{период}$ , тыс.  $\text{м}^3/\text{период}$ , млн.  $\text{м}^3/\text{период}$ ,  $\text{км}^3/\text{период}$ ) равный  $V = \bar{Q} * T$ ;  $A_B$  – площадь водосбора ( $\text{км}^2$ ).

Общий речной сток будет рассчитан по формуле (10):

$$Y = X_{\text{ТВ}} + X_{\text{жид}} - E_{\text{снег}} - E_{\text{бс}}, \quad (10)$$

где  $X_{\text{ТВ}}$  и  $X_{\text{жид}}$  – сумма твердых (при  $t < 0$ ) и жидких атмосферных осадков;  $E_{\text{снег}}$  и  $E_{\text{бс}}$  – среднее многолетнее месячное испарение с поверхности снежного покрова и в бесснежный период, мм.

Расчет испарения с поверхности речных водосборов для месяцев холодного периода (при  $t < 0$ ) выполнен по формуле (11) П.С. Кузьмина [85]:

$$E_{\text{снег}} = 0,34 * N * D, \quad (11)$$

где  $E_{\text{снег}}$  – среднее многолетнее месячное испарение с поверхности снежного покрова, мм;  $N$  – число дней в месяце; 0,34 – числовой коэффициент;  $D$  – средний многолетний месячный недостаток насыщения воздуха, мб.

Для ноября:  $E_{\text{снег}} = 0,34 * N * D = 0,34 * 30 * 3,1 = 32$  мм

Для декабря:  $E_{\text{снег}} = 0,34 * N * D = 0,34 * 31 * 1,9 = 41$  мм

Для января:  $E_{\text{снег}} = 0,34 * N * D = 0,34 * 31 * 1,6 = 17$  мм

Для февраля:  $E_{\text{снег}} = 0,34 * N * D = 0,34 * 28 * 1,7 = 16$  мм

Для марта:  $E_{\text{снег}} = 0,34 * N * D = 0,34 * 31 * 2,8 = 30$  мм.

Величина испарения за весь холодный период  $E_{\text{снег}} = 136$  мм.

Для полученных водосборов оврагов среднее количество осадков за теплый период (апрель-октябрь)  $X_{\text{жид}}$  составляет 389 мм, за холодный (ноябрь-март)  $X_{\text{ТВ}}$  – 204 мм. То есть среднемноголетнее значение годовой суммы атмосферных осадков 593 мм/год.

Модуль водного стока выбранной реки-аналога Ушайки составляет 5,9 л/(с·км<sup>2</sup>).

Зная площади водосборов оврагов, определим среднегодовой расход воды  $\bar{Q} = M \times A_B / 10^3$ .

Среднее многолетнее значение годового суммарного испарения с поверхности водосбора равно разнице атмосферного увлажнения и водного стока.

Результаты расчетов сведены в табл. 12.

Таблица 12 – Гидрологические характеристики водосборов оврагов

Овраг	A <sub>B</sub> , км <sup>2</sup>	$\bar{Q}$ , м <sup>3</sup> /с	V, м <sup>3</sup> /год	Y, мм/год	X, мм/год	E, мм/год
№1	0,006	0,00004	1262	210	593	383
№2	0,04	0,0002	6308	158	593	435

Таким образом водное питание, без учета подземного: снеговое  $W_{\text{снет}} = X_{\text{тв}} - E_{\text{сн}}$ , дождевое составляет  $W_{\text{бс}} = X_{\text{жид}} - E_{\text{бс}}$ , то есть  $W_{\text{снет}} = 204 - 136 = 68$  мм, а  $W_{\text{бс}}$  различное для двух водосборов:  $W_{\text{бс1}} = 142$  мм,  $W_{\text{бс2}} = 90$  мм.

Таким образом, для водосбора оврага №1 снеговое питание составляет  $(68/210) \times 100 = 32\%$ , дождевое питание  $(142/210) \times 100 = 68\%$ , для водосбора №2 снеговое 43%, дождевое 57%. Все это без учета подземного питания.

### 5.2.3 Максимальный расход воды половодья

Максимальный расход воды половодья  $Q_{\text{max,p}\%}$  (м<sup>3</sup>/с) заданной вероятности превышения P определяется по формуле (12) [129]:

$$Q_{\text{max,p}} = \frac{K_0 \cdot Y_{\text{max,p}} \cdot \mu_{fl} \cdot \delta_{fl} \cdot \delta_{fl1} \cdot \delta_{fl2} \cdot F_b}{(F_b + F_{b1})^{r_c}}, \quad (12)$$

где  $K_0$  – параметр, характеризующий дружность весеннего половодья;  $Y_{\text{max,p}}$  – расчетный слой суммарного весеннего стока (без срезки грунтового питания) ежегодной вероятности превышения, мм;  $\mu_{fl}$  – коэффициент, учитывающий неравенство статистических параметров кривых распределения слоев стока и максимальных расходов воды - для 5% обеспеченности равен 0,96;  $\delta_{fl}$ ,  $\delta_{fl1}$ ,  $\delta_{fl2}$  – коэффициенты, учитывающие влияние водохранилищ, прудов и проточных озер ( $\delta_{fl}$ ), залесенности ( $\delta_{fl1}$ ) и заболоченности речных водосборов ( $\delta_{fl2}$ ) на максимальные расходы воды;  $F_b$  – площадь водосбора исследуемой реки до расчетного створа, км<sup>2</sup>;  $F_{b1}$  – дополнительная площадь, учитывающая снижение интенсивности редукиции модуля максимального стока с уменьшением площади водосбора, км<sup>2</sup> - при отсутствии уменьшения редукиции в зоне малых площадей водосборов параметр  $F_{b1}$  принимается равным 1;  $r_c$  – показатель степени редукиции – 0,17.

Для выполнения расчетов необходимы данные по водосборам: площадь водосбора оврага №1  $F = 0,006$  км<sup>2</sup>, лесистость составляет 50%, заболоченность 0%, озерность 0%;

площадь водосбора оврага №2  $F=0,04 \text{ км}^2$ , лесистость составляет 70%, заболоченность 0%, озерность 0%.

1) Для начала выполнение расчетов начинаем с определения слоя стока весеннего половодья с вероятностью превышения 5% по кривой распределения, статистические параметры которой устанавливаются по карте среднемноголетнего слоя стока половодья рек СССР и по коэффициентам вариации и асимметрии, а также по модульному коэффициенту [129]: средний слой стока  $y_0$  100 мм, коэффициент изменчивости (вариации) слоя  $C_v$  0,4, коэффициент асимметрии по С.Н. Крицкому и М.Ф. Менкелю при  $C_s=2C_v$  для 5% обеспеченности 1,74, модульный коэффициент слоя стока  $k_{1\%}$  1,75.

Получен слой стока весеннего половодья с вероятностью превышения 5%:  $Y_{\max,p}=1,75 \times 100=175 \text{ мм}$ .

2) Далее рассчитываем параметр  $K_0$ , характеризующий дружность весеннего половодья – как среднее из значений, определенных по данным нескольких рек-аналогов обратным путем из формулы для определения максимального расхода воды половодья. Аналогом является р. Ушайка и была взята р. Басандайка – получено  $K_0=0,0115$ .

3) Рассчитываем коэффициенты. Коэффициент, учитывающий влияние водохранилищ, прудов и проточных озер  $\delta_{fl}$  составляет 1, учитывающий влияние заболоченности речных водосборов ( $\delta_{fl2}$ ) равен 1. Коэффициент, учитывающий влияние залесенности  $\delta_{fl1}$ , рассчитывается по формуле (13):

$$\delta_{fl1} = \frac{\alpha'_{fl}}{(f_{fr} + 1)^{rc'}}, \quad (13)$$

где  $rc'$  – коэффициент редукции =0,22;  $\alpha'_{fl}$  – эмпирический коэффициент=0,75;  $f_{fr}$  – лесистость.

Для 1го:  $\delta_{fl1}=0,75/(50+1)^{0,22}=0,31$ ; для 2го  $\delta_{fl1} = 0,29$ .

4) Таким образом, максимальные расходы воды половодья с обеспеченностью 5% для водосборов оврагов составляют:

- Для оврага №1  $Q_{\max,5\%}=0,0115 \times 175 \times 1 \times 0,31 \times 1 \times 1 \times 0,006 / (0,004+1)^{0,17}=0,004 \text{ м}^3/\text{с}$ .
- Для оврага №2  $Q_{\max,5\%}=0,0115 \times 175 \times 1 \times 0,29 \times 1 \times 1 \times 0,04 / (0,04+1)^{0,17}=0,02 \text{ м}^3/\text{с}$ .

#### **5.2.4 Максимальный расход воды дождевого паводка**

Расходы вод дождевых паводков будут рассчитаны с использованием двух методов расчета: редукционный метод, согласно Пособию к СНиП 2.05.03-84 [128], и метод предельных интенсивностей, согласно СП 32.13330.2012 [171].

1) Расходы воды дождевых паводков согласно [128] определяют по формуле (14):

$$Q_p = 16,7 \times a_p \times \alpha_p \times F \times \varphi \times K_1 \times K_\phi, \quad (14)$$

где  $a_p$  – расчетная интенсивность осадков, мм/мин;  $\alpha_p$  – расчетный коэффициент склонового стока для 5% - 0,37;  $\varphi$  – коэффициент редукции максимального дождевого стока, определяемый в зависимости от площади водосборного бассейна - до 30 км<sup>2</sup> составляет 0,272;  $K_1$  – коэффициент учета влияния уклона главного русла – 1,135;  $K_\phi$  – коэффициент, учитывающий форму водосборного бассейна, принимают при  $F \geq 50$  км<sup>2</sup> равным 1, в данном случае принимаем 0,5.

Расчетную интенсивность осадков, соответствующую заданной вероятности превышения, определяют по формуле (15):

$$a_p = a_{\text{час}} \times K_t \times K_F, \quad (15)$$

где  $a_{\text{час}}$  – часовая интенсивность дождевых осадков для 5% - 0,65 мм/мин;  $K_t$  – коэффициент редукции расчетной часовой интенсивности осадков по площади водосбора до 10 км<sup>2</sup> - 1;  $K_F$  – коэффициент учета неравномерности распределения расчетных осадков по площади водосбора до 10 км<sup>2</sup> - 1.

Получаем  $a_{p5\%} = 0,65 \times 1 \times 1 = 0,65$  мм/мин. Тогда расходы дождевых вод водосборов оврагов:

- Для №1:  $Q_{p5\%} = 16,7 \times 0,65 \times 0,37 \times 0,272 \times 1,135 \times 0,006 \times 1 = 0,008$  м<sup>3</sup>/с;
- Для №2:  $Q_{p5\%} = 16,7 \times 0,65 \times 0,37 \times 0,272 \times 1,135 \times 0,04 \times 1 = 0,05$  м<sup>3</sup>/с;

2) Расходы дождевых вод в коллекторах дождевой канализации определяют по формуле (16) [171]:

$$Q = \frac{z_{\text{mid}} \times A^{1,2} \times F}{t_r^{1,2n-0,1}}, \quad (16)$$

где  $A$ ,  $n$  – параметры, характеризующие соответственно интенсивность и продолжительность дождя для конкретной местности; При отсутствии обработанных данных параметр  $A$  допускается определять по формуле (17):

$$A = q_{20} \times 20^n \times \left(1 + \frac{\lg P}{\lg m_r}\right)^y, \quad (17)$$

где  $q_{20}$  – интенсивность дождя для данной местности продолжительностью 20 мин при  $P=1$  год (определяют по рисунку Б.1 СП 32.13330.2012[171]) - 50;  $n$  – показатель степени - 0,69;  $m_r$  – среднее количество дождей за год - 130;  $P$  – период однократного превышения расчетной интенсивности дождя, годы - 1;  $y$  – показатель степени - 1,54;  $z_{\text{mid}}$  – среднее значение коэффициента покрова, характеризующего поверхность бассейна стока - 0,18;  $F$  – расчётная площадь стока, га - овраг № 1 = 0,6 га, овраг № 2 = 4 га;  $t_r$  – расчётная продолжительность дождя, равная продолжительности протекания дождевых

вод по поверхности и трубам до расчетного участка.

Тогда  $A=65 \times 20^{0,69} \times (1 + \lg 1 / \lg 130)^{1,54} = 65 \times 7,9 \times 1 = 513,6$  л/с. И расход дождевого паводка с обеспеченностью 5% для расчётной продолжительности стекания дождевых вод 30 мин, будет равен:

- Для №1:  $Q_{5\%} = (0,18 \times 513,6^{1,2} \times 0,6) / 30^{1,2 \times 0,69 - 0,1} = 193 / 12 = 16$  л/с = 0,02 м<sup>3</sup>/с.
- Для №2:  $Q_{5\%} = (0,18 \times 513,6^{1,2} \times 4) / 30^{1,2 \times 0,69 - 0,1} = 1289 / 12 = 108$  л/с = 0,11 м<sup>3</sup>/с.

Получено, что при различных методах расчета получаются относительно близкие, но различные результаты. Такое расхождение может быть связано с тем, что при расчете по методу предельных интенсивностей учитывается значение коэффициента покрова, характеризующего поверхность бассейна стока.

### 5.2.5 Минимальный расход воды

Минимальный сток  $Q_{\min,p}$  согласно СП 33-101-2003 [172] рассчитывается при относительной (средневзвешенной) озерности менее 2 % и отсутствии ежегодного пересыхания или перемерзания по формуле (18):

$$Q_{\min,p} = c_{m,1} \times F_b^{mc_0} \times \delta_{lf2} \times \lambda_{lfp}, \quad (18)$$

где  $\delta_{lf2}$  – коэффициент, учитывающий увеличение минимальных расходов воды заболоченных водосборов;  $\lambda_{lfp}$  – переходный коэффициент от минимального 30-суточного расхода воды 80 %-й обеспеченности к расходу воды расчетной обеспеченности 95% ;  $c_{m,1}$  и  $mc_0$  – районные параметры, определяемые по рекам-аналогам или как средние районные значения согласно [129];  $F_b$  – площадь водосбора, км<sup>2</sup>.

Согласно [129] для данной территории летне-осеннему периоду соответствует район 88, зимнему периоду соответствует район 95, сами коэффициенты  $c_{m,1}$  и  $mc_0$  представлены в табл.13, а  $\lambda_{lfp} = 0,87$ .

Таблица 13 – Значения  $c_{m,1}$ ,  $mc_0$  для определения минимального 30-суточного расхода воды [129]

Зимний период		Летне-осенний период	
$c_{m,1} \cdot 10^{-3}$	$mc_0$	$c_{m,1} \cdot 10^{-3}$	$mc_0$
0,13	1,06	1,12	1

Получен минимальный расход воды зимней межени:

- Для оврага №1:  $Q_{95\%} = 0,13 \times 10^{-3} \times (0,006)^{1,06} \times 0,87 = 0,0005 \times 10^{-3}$  м<sup>3</sup>/с;
- Для оврага №2:  $Q_{95\%} = 0,13 \times 10^{-3} \times (0,04)^{1,06} \times 0,87 = 0,004 \times 10^{-3}$  м<sup>3</sup>/с;

Получен минимальный расход воды летне-осенней межени:

- Для оврага №1:  $Q_{95\%} = 1,12 \times 10^{-3} \times (0,006)^1 \times 0,87 = 0,006 \times 10^{-3}$  м<sup>3</sup>/с;
- Для оврага №2:  $Q_{95\%} = 1,12 \times 10^{-3} \times (0,04)^1 \times 0,87 = 0,04 \times 10^{-3}$  м<sup>3</sup>/с;

## 5.2.6 Твердый сток

Твердый сток складывается из стока взвешенных и влекомых наносов.

При отсутствии данных наблюдений оценка расхода взвешенных наносов определяется по методу А.В. Караушева [69] по формуле (19):

$$q_{\text{взв}} = (U + K_U) \times S_{\text{кон}} - K_U \times S_{\text{взм}}, \quad (19)$$

где  $U$  – гидравлическая крупность наносов, м/с;  $K_U$  – коэффициент, определяемый из условия равновесия русла;  $S_{\text{взм}}$  – мутность взмыва, вычисленная для элемента транзитной струи, г/м<sup>3</sup>;  $S_{\text{кон}}$  – средняя мутность воды в конце элемента  $\Delta x$ , г/м<sup>3</sup>.

Мутность взмыва  $S_{\text{взм}}$  находится по формуле (20) [69]:

$$S_{\text{взм}} = 150 \times a \times N \times \eta^2 \times \frac{\bar{V}^2}{\bar{h}}, \quad (20)$$

где  $C_{\text{Ш}}$  – коэффициент Шези, м<sup>0.5</sup>/с;  $M$  – коэффициент, который зависит от величины  $C_{\text{Ш}}$  (при  $C_{\text{Ш}}$  до 60 рассчитывается согласно:  $M = 0,7 \times C_{\text{Ш}} + 6$ );  $\bar{V}$  – средняя скорость течения, м/с;  $\bar{h}$  – средняя глубина водотока, м;  $a$  – поправочный коэффициент ( $a = S_{\text{ср.изм}}/S_{\text{тр}}$ ) при отсутствии данных наблюдений равен 1;  $g$  – ускорение свободного падения, м<sup>2</sup>/с;  $\eta$  – коэффициент перехода от средней скорости потока к донной скорости, вычисляемый согласно:  $\eta = \frac{0,53 \times C_{\text{Ш}} - 4,1}{C_{\text{Ш}} - 2}$ ;  $N = \frac{M \times C_{\text{Ш}}}{g}$ .

Средняя мутность воды  $S_{\text{кон}}$  в конце элемента  $\Delta x$  определяется по формуле (21) [69]:

$$S_{\text{кон}} = S_{\text{тр}} + (S_{\text{нач}} - S_{\text{тр}}) \times \exp\left(-\frac{B \times (U + K_U)}{Q} \times \Delta x\right), \quad (21)$$

где  $S_{\text{нач}}$  – средняя мутность воды в начале элемента  $\Delta x$ , г/м<sup>3</sup>;  $S_{\text{тр}}$  – транспортирующая способность потока, г/м<sup>3</sup>;  $Q$  – расход воды, м<sup>3</sup>/с;  $B$  – ширина потока, м.

Транспортирующая способность потока  $S_{\text{тр}}$  вычисляется по формуле (22) [69]:

$$S_{\text{тр}} = \Gamma \times S_{\text{взм}}, \quad (22)$$

Коэффициент, определяемый из условия равновесия русла рассчитывается по формуле (23) [69]:

$$K_U = \frac{U \times \Gamma}{1 - \Gamma}, \quad (23)$$

где  $\Gamma$  – гидромеханический параметр наносов, вычисляемый для  $i$ -й фракции наносов в зависимости от функций  $B_i (U_i / V; C_{\text{Ш}})$  и  $\Phi_i (U_i / V_z)$  по формуле:  $\Gamma_i = B_i \times \Phi_i$ , то есть функции  $B_i$  и  $\Phi_i$  определяются интерполяцией по соответствующим графикам из работы [69] в зависимости от гидравлической крупности наносов  $U$ , вертикальных пульсаций  $V_z$ , средней скорости течения  $V$  и значений коэффициента Шези  $C_{\text{Ш}}$ .

Скорость течения определяется по уравнению Шези-Маннинга (24) [69]:

$$\bar{V} = \frac{\bar{h}^{\frac{2}{3}} \cdot \sqrt{J}}{n}, \quad (24)$$

где  $\bar{V}$  – средняя скорость течения, м/с;  $\bar{h}$  – средняя глубина, м;  $J$  – уклон водной поверхности, м/м;  $n$  – коэффициент шероховатости.

Коэффициент Шези  $C_{Ch}$  определяется по формуле (25) Штриклера [69]:

$$C_{Ch} = 33 \times \left( \frac{\bar{h}}{D_s} \right)^{\frac{1}{6}}, \quad (25)$$

где  $\bar{D_s}$  – среднее значение диаметра частиц донных отложений, мм.

Для выполнения расчетов сделано допущение для среднего диаметра частиц наносов ( $\bar{D_s}$ ), которое принят усреднено для водосборов по данным [114,140,180] частицы размером  $\bar{D_s} = 0,06$  мм.

Гидравлическая крупность наносов для среднего диаметра наносов  $D_s$ , определяемая по [129]  $U = 0,01$  м/с.

Коэффициент шероховатости может быть определен по таблице. Срибного [172] по шкале шероховатости  $n=0,025$ .

Средняя глубина водного потока равна  $\frac{1}{2}$  суточного максимума осадков равному 81 мм согласно СП 131.13330.2012 [169], то есть  $h = 0,04$  м.

Средняя мутность воды в начале элемента принята по среднесуточным данным [140] 90 г/м<sup>3</sup>.

Остальные характеристики рассчитываются по формулам представленным выше и представлены в табл.14.

Таблица 14 – Расчет расходов взвешенных наносов  $Q_{взв}$

Овраг	$A_B$ , км <sup>2</sup>	$Q$ , м <sup>3</sup> /с	$C_{Ch}$ , м <sup>0,5</sup> /с	$\bar{V}$ , м/с	$U$ , м/с	$\Gamma$ ,	$K_U$	$S_{взм}$ , г/м <sup>3</sup>	$S_{кон}$ , г/м <sup>3</sup>	$Q_{взв}$ , г/м <sup>3</sup>
№1	0,006	0,008	0,9	0,2	0,01	0,55	0,01	997	548	1
№2	0,04	0,05	0,9	0,07	0,01	0,4	0,007	122	49	-0,02

Расход влекомых наносов может быть определен по методу Г.И. Шамова [197] по формуле (26):

$$G_{вл} = k \times B \times \left( \frac{\bar{V}}{V_{нш}} \right)^3 \times (\bar{V} - V_{нш}) \times \left( \frac{\bar{D_s}}{\bar{h}} \right)^{\frac{1}{4}}, \quad (26)$$

где  $k$  – коэффициент, учитывающий неоднородность состава влекомых наносов (для однородного состава наносов равный  $0,95 \times \sqrt{\bar{D_s}}$ ;  $B$  – ширина той части русла, в пределах которой происходит донное влечение (по Г.В. Лопатину [69] равна 0,6 полной ширины реки); параметр  $V_{нш}$  – определяется по формуле (27) [129]:

$$V_{\text{нш}} = 3,7 \times \overline{Ds}^{\frac{1}{3}} \times \overline{h}^{\frac{1}{6}} \quad (27)$$

Результаты расчетов представлены ниже в табл.15.

Таблица 15 – Расчет расходов влекомых наносов  $G_{\text{вл}}$

Овраг	$A_{\text{в}}, \text{км}^2$	$Q, \text{м}^3/\text{с}$	$\overline{V}, \text{м}/\text{с}$	$B, \text{м}$	$\overline{Ds}, \text{мм}$	$\overline{h}, \text{м}$	$V_{\text{нш}}, \text{м}/\text{с}$	$G_{\text{вл}}, \text{кг}/\text{с}$
№1	0,006	0,008	0,2	35	0,06	0,04	0,01	1,2
№2	0,04	0,05	0,07	200	0,06	0,04	0,01	0,1

Таким образом, суммарный сток взвешенных и влекомых наносов водосборов оврагов, рассчитанный по А.В. Караушеву и Г.И. Шамову, составляет от 54 до 557,6 г/м<sup>3</sup> или 1,08 до 69,7 кг/с, при этом сток влекомых наносов от 0,1 до 1,2 кг/с. Удельный расход взвешенных наносов, оседающих на дно или поднимающихся вверх для водосбора оврага №1 составляет 1 г/м<sup>3</sup>, для водосбора оврага №2 -0,02 г/м<sup>3</sup>, что в принципе соответствует пространственному распределению стока: так как в водосборе №2 происходит непосредственно размыв (эрозия) почвы с возрастанием мутности по длине водного потока, а в водосборе №1 наблюдается уже аккумуляция осадка.

### 5.2.7 Содержание взвешенных веществ в дождевых водах

В опытных условиях при отборе дождевых вод получено следующее содержание взвешенных веществ в водном потоке для водосбора оврага №1 при объеме фильтрата 1 л  $730 \pm 7$  г/м<sup>3</sup>, для водосбора оврага №2 при объеме 0,4 л получено  $550 \pm 7$  г/м<sup>3</sup>. В данном случае, наибольшее содержание взвешенных веществ в водном потоке водосбора №1 связано с наибольшим объемом отобранной воды, в целом же, при соотношении проб 1:2,5 содержание взвешенных веществ наибольшее для водосбора №2. Что подтверждает расчеты – так как выявлено, что в водосборе №2 происходит эрозия почвы, поэтому взвеси «в начале» наблюдается больше. Однако данное сравнение не совсем корректно, так как было бы правильнее сравнивать результаты одинаковых объемов проб.

## 5.3 Оценка потенциального ливневого смыва исследуемой территории

### 5.3.1 Фактор эродирующей способности дождей

Фактор эродирующей способности дождей  $R$  (эрозионный индекс осадков Уишмейера – Смита) рассчитывается по формулам (4-6).

Интенсивность дождя определяется согласно СП 32.13330.2012 [171] по параметрам  $A$  и  $n$ , характеризующим соответственно интенсивность и продолжительность дождя для конкретной местности – по формуле (17).

Получено  $A = 65 \times 20^{0,69} \times (1 + \lg 1/\lg 130)^{1,54} = 513,6$  л/с = 3,08 мм/мин. Так как необходима интенсивность дождя продолжительностью 30 минут, то

$I_{30}=A/t^n=3,08/30^{0,69}=0,28$  мм/мин, таким образом  $I_v=0,28$  мм/мин.

Для расчета энергии осадков необходима интенсивность за различные наблюдения – в целом интенсивность дождя зависит от количества осадков и времени выпадения осадков, т.е. рассчитывается по формуле(27):

$$I= X/t, \quad (27)$$

где X – количество осадков, мм, t – продолжительность осадков, мин.

По имеющимся данным рассчитаем энергию осадков и расчеты сведем в табл. 16.

Таблица 16 – Расчеты для энергии осадков

Месяц	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Осадки, мм [12]	33	48	60	73	71	49
Средняя продолжительность осадков, ч (мин) [107]	90 (5400)	78 (4680)	58 (3480)	41 (2460)	62 (3720)	72 (4320)
Средняя интенсивность дождя, мм/мин	0,006	0,01	0,02	0,03	0,02	0,01
Энергия осадков	799,78	999,00	1269,32	1427,45	1269,32	999,00

Общая энергия осадков  $E=6763$ , тогда фактор эродирующей способности дождей  $R_{30}=(0,28 \times 6763)/6=316 \times 0,01$  – коэффициент 0,01 вводится для того чтобы эрозионный потенциал не представлялся большими числами [58], соответственно получаем  $R_{30}=3,2$ .

По материалам исследований Г. А. Ларионова [88], рассчитавшего эрозионный потенциал осадков  $R_{30}$  для исследуемой территории он равен  $R_{30}=6$ . Возможно не совпадение чисел  $R_{30}$  связано с тем, что за основу взяты среднегодовые месячные осадки, а не данные с наблюдавшимися ливнями на территории г. Томска (табл. 7) – результаты расчетов сведены в табл.17.

Таблица 17 – Расчеты для энергии осадков

X, мм	t <sub>1</sub> , мин	t <sub>2</sub> ,мин	I <sub>1</sub> , мм/мин	I <sub>2</sub> , мм/мин	E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>
76	282	534	0,27	0,14	2283,647	2034,639
72,8	306	438	0,24	0,17	2235,016	2095,15
57,2	306	438	0,19	0,13	2140,964	2001,098
53,7	330	330	0,16	0,16	2086,891	2086,891
37,8	258	438	0,15	0,09	2045,953	1839,544
42,8	306	438	0,14	0,10	2027,859	1887,993
80,5	306	438	0,26	0,18	2274,227	2134,361
32	306	438	0,10	0,07	1914,447	1774,581
50	10	30	5,00	1,67	3422,675	2994,22
39,5	258	438	0,15	0,09	2063,11	1856,7
47	258	438	0,18	0,11	2130,909	1924,5
3,7	1	1	3,70	3,70	3305,245	3305,245
					27930,94	25934,92
					Сумма E=53865,87	

Получена общая энергия осадков  $E=53865,87$ , тогда фактор эродирующей способности дождей  $R_{30}=6,3$ .

Таким образом, выбрано среднее число эродирующей способности дождя для территории г. Томска равное  $R_{30}=5$ .

### 5.3.2 Факторы длины и крутизны склона

Значения топографического фактора LS для каждой ячейки матрицы высот рассчитаны в модуле ArcGis – Spatial Analyst – калькулятор растра по формуле (2) и результат представлен на рис.23.

Отмечу, что на основе используемой ЦМР исследуемой территории были подготовлены мной сначала растровые слои морфометрических характеристик рельефа: крутизна и длина линий стока. Операции проводились с использованием программного комплекса ArcGIS, инструменты Spatial Analyst. Отметим, что прежде чем рассчитывать показатель длины стока, проводилась гидрологическая коррекция модели рельефа с целью удаления всех локальных западин – заполнение и локальное понижение функции.

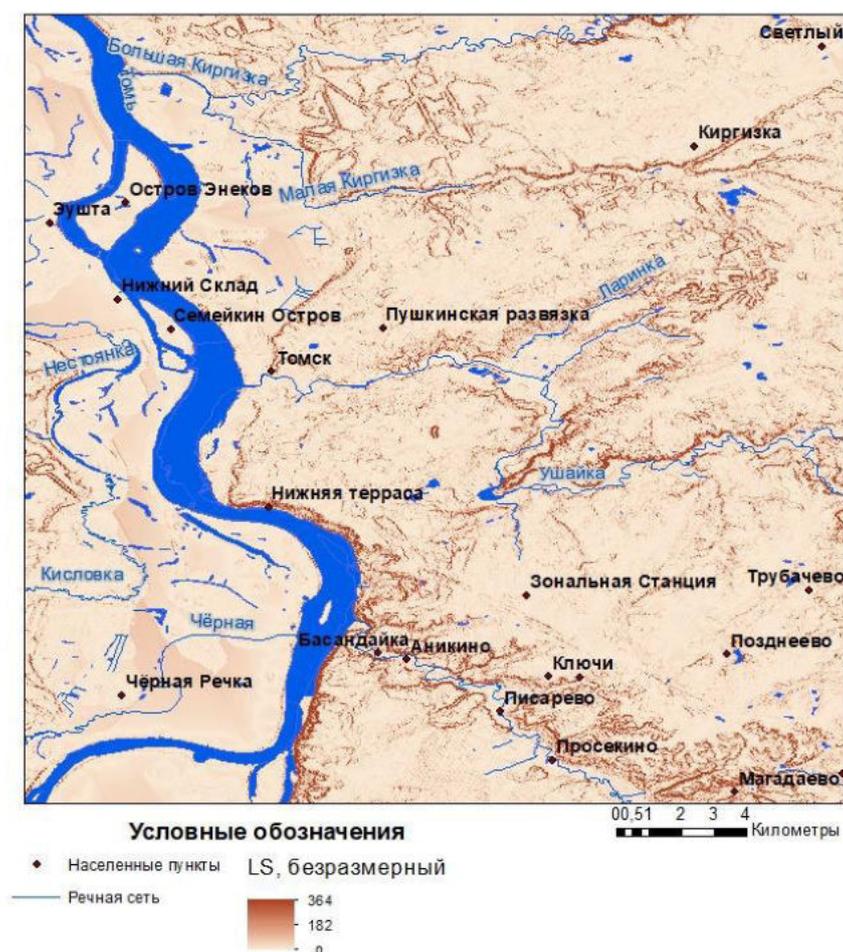


Рисунок 23 — Растровый слой топографического фактора эрозии LS территории исследования

По вычисленному топографическому фактору (рис.23), который показывает эрозионный потенциал рельефа, выявлено, что на территории исследования эрозионный потенциал рельефа изменяется от 0 до 364, при среднем значении всего 0,8. Стоит отметить, что чем выше потенциал рельефа, тем сильнее эрозионная опасность.

### 5.3.3 Фактор податливости почв эрозии К

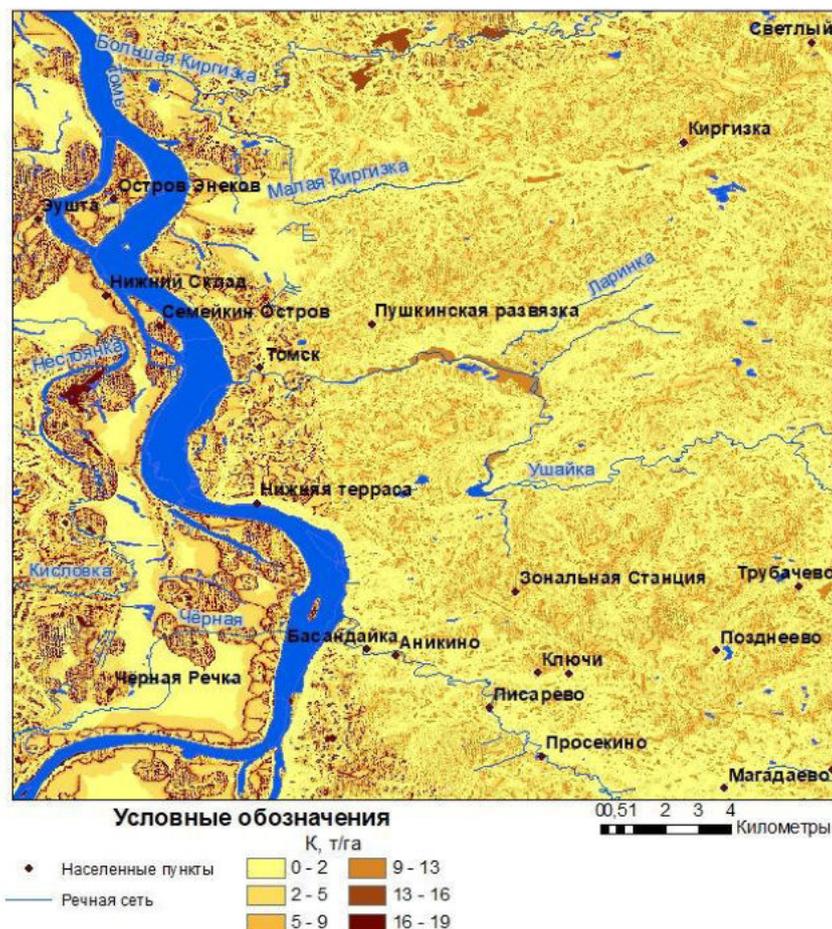


Рисунок 24 — Растровый слой фактора податливости почв К для территории исследования

Фактор К вычисляют по формуле (3), используя Калькулятор раstra ArcGis (рис. 24), при этом так как отсутствуют данные измерений, то для расчета воспользовались литературными источниками [49,77,92] по количеству смытой почвы на стоковой площадке под черным паром ( $A_2$ ), но в разных топографических условиях: для территории г. Томска взяты следующие  $A_2$  – темно-серые лесные 2,5 т/га, серые лесные 3,3 т/га, пойменные (аллювиальные дерновые) 4 т/га.

Средняя эродируемость почв изучаемой территории от стока дождевых осадков составляет 4,4 т/га на единицу эрозионного индекса осадков.

### 5.3.4 Фактор растительности и севооборота (С) и фактор эффективности противоэрозионных мероприятий (Р)

Большое влияние на интенсивность смыва и возможность его возникновения оказывают почвозащитные свойства растительности. Значения факторов С и Р задаются в виде таблиц безразмерных коэффициентов [219], на основе карт землепользования, с учетом их зависимости от типа растительности и площади покрова в таблице атрибутов слоя растительности – значения факторов варьируют от 0 до 1 для конкретного типа использования (табл. 18). Типы растительности и геобазанных по ним создана на основе материалов Института космических исследований Земли по данным сервиса ВЕГА-PRO [11] и представлена на карте (рис.16).

Таблица 18 – Значения факторов С и Р [57]

Тип использования земель	С	Р
Темнохвойные	0,003	0,2
Смешанные леса с преобладанием хвойных	0,003	0,2
Смешанные леса	0,003	0,2
Смешанные леса с преобладанием лиственных	0,003	0,2
Луга	0,02	0,25
Лиственные кустарники	0,01	0,2
Болота	0,01	0,2
Свежие гари	0,01	0,04
Пахотные земли	0,5	0,4
Открытые грунты и выходы горных пород	0,01	0,01
Реки и водоемы	0,001	0,001
Урбанизированные территории	0,001	0,001
Отсутствие данных	0,001	0,001

### 5.3.5 Потенциальная опасность эрозии почв под воздействием дождей

Для расчета потенциальных потерь почвы на территории г. Томска в калькуляторе раstra ArcGIS перемножили все слои факторов по формуле (1) и получили карту потенциальной ливневой эрозии почв территории исследования. На карте ливневой эрозии почв (смыва почв) произвели районирование (рис. 25) в соответствии с значением интенсивности потенциальной эрозии, согласно ГОСТ 17.4.4.03-86 [32]:

- первый класс до 0,5 т/га (незначительная опасность эрозии);
- второй класс 0,5 – 1 т/га (слабая);
- третий класс 1–5 т/га (средняя);
- четвертый класс 5 – 10 т/га (сильная);
- пятый класс 10 – 50 и более т/га (очень сильная).

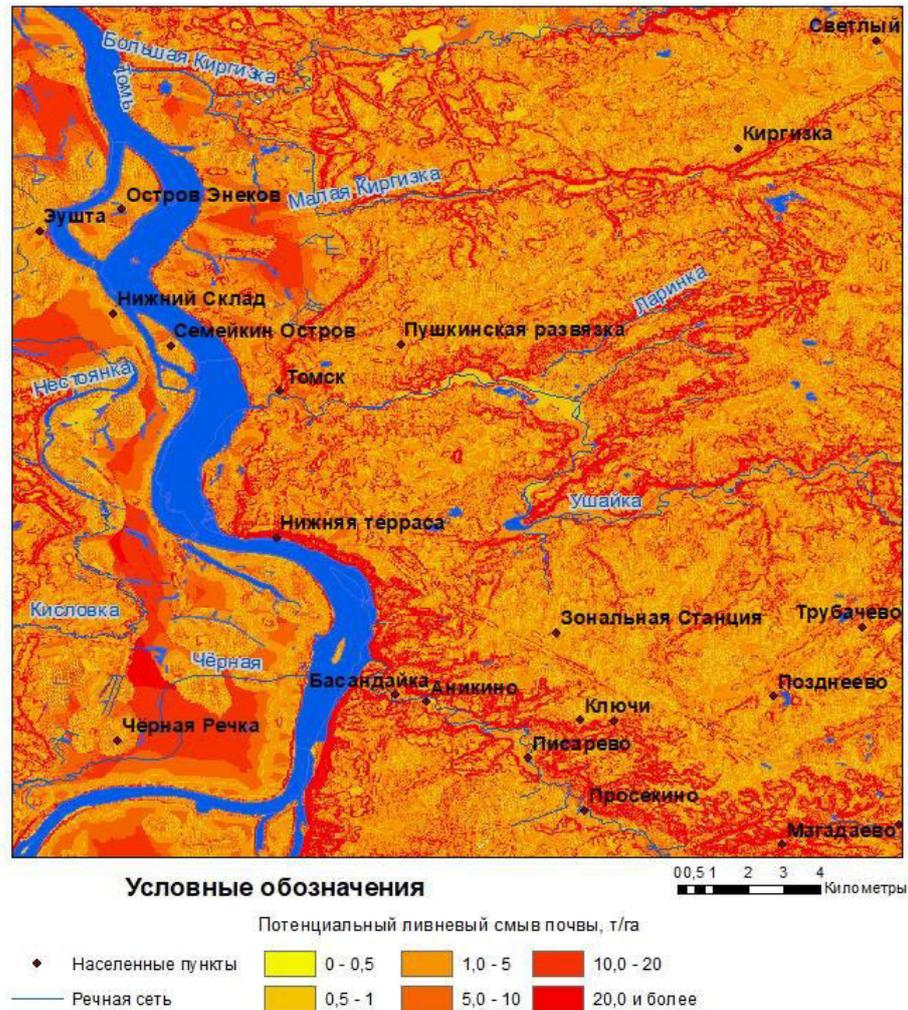


Рисунок 25 — Карта потенциального ливневого смыва почв г. Томска и на прилегающих территориях

Установлено, что интенсивность потенциального ливневого смыва на территории города (рис. 25) изменяется от менее 0,5 до 10 и более т/га в год. В целом интенсивность эрозии на большей части не превышает 5 т/га, но, это означает, что на большей части территории сильная интенсивность эрозии. Стоит отметить, что наблюдаются участки с очень сильным потенциальным ливневым смывом (более 10 т/га). Средний смыв ливневыми водами достигает 15,1 т/га в год.

### 5.3.6 Оценка смыва на водосборах оврагов

Выбранные овраги расположены в зоне незначительной интенсивности опасности эрозии. Для выбранных водосборов оврагов рассчитали средний по растру потенциальный ливневый смыв, так для водосбора №1 – 0,000003 т/га в год, №2 – 0,000001 т/га.

## 6. Мониторинг ЭГП

Так как экзогенные геологические процессы, в частности овражная эрозия и овраги, разрушительно воздействуют на экологическое состояние населенных пунктов, а именно, сокращая полезные площади, химическим загрязнением территории за счет нерационального использования овражно-балочных систем или недооценки потенциала роста оврагов, то за ними ведутся и необходимо вести наблюдения. Это обуславливает необходимость режимных наблюдений за их активностью – проведение мониторинга, с целью изучения условий и активности их проявления для своевременного выявления и прогнозирования их развития, влияющего на безопасное состояние геологической среды.

Мониторинг осуществляется визуальными и инструментальными методами, аэрофотосъемкой, а так же гидрологическим, геологическим, гидрогеологическим, морфометрическим, геодезическим, геофизическим методами и методом ландшафтной индикации [39]. Наблюдения, как правило [39], проводят с периодичностью, определяемой активностью овражной эрозии и интенсивностью воздействия метеорологических, гидрологических и техногенных факторов

К наблюдаемым показателям, согласно ГОСТ Р 22.1.06-99 [39] за овражной эрозией относятся: площадная пораженность территории и глубина, скорость развития эрозии, угол наклона тальвега, уровень грунтовых вод, коэффициент фильтрации, продолжительность проявления, водно-физические и прочностные свойства грунтов и др. При мониторинге крупных эрозионных форм возможны прямые измерения при разбивке гидрологических створов и расчетов объема нарушенного грунта, интенсивности размыва и др.

Помимо обязательного маршрутного обследования, при котором выясняется общее количество овражных форм, а также проводится осмотр зданий и сооружений, расположенных в пределах водосборов оврагов, и сопровождается фотосъемкой. Одним из главных видов контроля линейного прироста оврагов является мониторинг, осуществляемый посредством системы реперов, которые позволяют отследить линейный прирост оврагов в ширину и длину [142].

Как правило, на поверхности склона в 5-10 м от вершины устанавливаются постоянные репера. Конкретное расположение и конструкцию реперов должна определять организация, выполняющая измерения, по согласованию с проектной организацией. Реперы должны размещаться в стороне от проездов и пр., где возможно разрушение или изменение положения репера; вне пределов влияния неблагоприятных инженерно-

геологических и гидрогеологических условий (к примеру оползневых склонов); в местах, где в течение всего периода наблюдений возможен беспрепятственный и удобный подход к реперам для установки геодезических инструментов.

Для определения роста оврага в ширину репера устанавливаются на расстоянии 5-10 м друг от друга, при этом в 2-3 м от бровок. Если в глубину определять, то путем периодического нивелирования, для этого в тальвеге устанавливаются постоянные пикеты. Для определения прироста оврага по объему или объему именно вынесенного грунта проводят замеры поперечников и расстояний между ними [142].

Замеры (наблюдения) оврагов производят 2 раза в год: весной, после прохождения стока талых вод, и осенью, после окончания ливневого периода. На летний период на территории исследования приходится максимальное количество осадков, снежный покров обычно устанавливается в конце октября, ему предшествует период дождей, поэтому на мой взгляд необходимо проводить мониторинг каждый месяц, а в дождливые месяцы дважды. Необходимо организовать стационарные наблюдения, и проводить фиксацию линейного и площадного прироста оврагов, увеличения их в глубину.

На территориях, подверженных проявлению опасных геологических процессов, проводят мероприятия инженерной защиты территорий - регламентируются СП 116.13330.2012 [167]. При организации борьбы с оврагами следует исходить из того, что образование и рост оврагов вызывается концентрированными потоками воды, поступающей с водосборной площади. Все противоэрозионные мероприятия должны быть подчинены решению двух задач: во-первых, стабилизация оврагов и предостережение территории города от возникновения новых очагов эрозии, во-вторых, ликвидация существующих оврагов и освоение данных территорий. В качестве защитных мероприятия предложено множество приемов [8, 14, 92, 118, 142, 181]. Мероприятиями управления процессом овражной эрозии для ограничения или предотвращения развития оврагов при освоении заовраженных территорий может быть создание водозадерживающих, водоотводящих валов или ступенчатых перепадов и быстотоков, укрепление бортов и вершин оврагов путем их террасирования, уположение склонов, посадки растительности. Обязательно рекомендуется тщательная организация поверхностного стока – с учетом устройства водоотводящих и водосборных сооружений для отвода поступающего в овраг ливневого и талого стока.

К сожалению бывают случаи, когда недооценивается роль одних приемов в борьбе с эрозией и переоценивается других, так основным приемом борьбы с оврагами на территории исследования является засыпка их вершин, но если она не сопровождается

отведением от них концентрированного потока, то рост вершины неизбежно возобновится. Поэтому при проектировании и создании противоэрозионных мероприятий необходим комплексный географический подход, основанный на определении причин и факторов оврагообразования на территории, установление происхождения и масштабов процесса овражной эрозии, влияния морфологии и динамики овражных форм на выбор типа систем противоовражных мероприятий.

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
2BM71	Черниковой Анастасии Владимировне

<b>Школа</b>	Инженерная школа природных ресурсов	<b>Отделение школы (НОЦ)</b>	Отделение геологии
<b>Уровень образования</b>	Магистр	<b>Направление/специальность</b>	20.04.02 Природообустройство и водопользование/ Инженерные изыскания в области природообустройства

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Оценка стоимости материально-технических и человеческих ресурсов полевых и камеральных работ при проведении мониторинга овражной эрозии. Стоимость сырья и материалов принять среднерыночными для г. Томска, стоимость специального оборудования (нивелира) принять 19200 руб.
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	Норма амортизации 20%, надбавки 20%, премии 30%, доп. заработная плата 10%, накладные расходы 80%, районный коэффициент для территории г. Томска 1,3. Себестоимость работ определить на основании планируемых затрат. Сметный расчет стоимости работ выполнить согласно справочнику базовых цен на инженерно-гидрологические изыскания, а также инженерно-геологические и инженерно-экологические изыскания для строительства за 1999 год (СБЦ -99) с учетом индекса изменения сметной стоимости на I квартал 2019 г. – 47,12, согласно Письма Минстроя России от 05.03.2019 N 7581-ДВ/09 . Расходы по внешнему транспорту – 11,5 % от сметной стоимости полевых работ.
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Упрощенная; коэффициент отчислений во внебюджетные фонды – 30% согласно: Налоговому кодексу РФ и Закону от 24.07.1998г. №125-ФЗ «Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний».
<b>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</b>	
1. <i>Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ</i>	Провести предпроектный анализ. Выполнить анализ конкурентных технических решений.

2. <i>Разработка устава научно-технического проекта</i>	Определить цели и результаты проекта, составить организационную структуру проекта.
3. <i>Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок</i>	Определить этапы выполнения работ, трудоемкость этапов работ, затраты на выполнение работ (себестоимость); капиталовложения по этапам работ; рентабельность. Разработать график Ганта (календарного план-графика проекта).
4. <i>Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности</i>	Выполнить расчёты интегрального финансового показателя, интегрального показателя ресурсоэффективности, интегрального показателя эффективности, сравнительной эффективности вариантов исполнения.

**Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):**

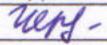
1. «Портрет» потребителя НТИ;
2. Карта сегментирования рынка;
3. Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений;
4. Диаграмма FAST
5. Матрица SWOT
6. Степень готовности научного проекта к коммерциализации
7. Контрольные события проекта;
8. Календарный план проекта и график Ганта;
9. Бюджет исследования;
10. Сметная стоимость работ
11. Группировка затрат по статьям;
12. Рентабельность проекта;
13. Капиталовложения по видам работ;
14. Матрица ответственности;
15. Реестр рисков;
16. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности исследования.

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

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ОСГН ШБИП	Волкова А.Л.	-		14.12.2017

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ВМ71	Черникова А.В.		14.12.2017

## 7. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

### 7.1 Устав научно-технического проекта

#### 7.1.1 Цели и результат

Оврагообразование - представляет собой сложный рельефообразующий процесс, связанный с поверхностным размывом почв временными потоками талых и дождевых вод. Процесс развития эрозии одновременно с аккумулятивным процессом создает характерные морфометрические особенности оврага, а эрозионно-русовая система является саморегулируемой и осуществляет образование, транзит и аккумуляцию наносов в результате действия эрозионно-аккумулятивных процессов. В целом, овражная эрозия, не представляет непосредственной угрозы для жизни и здоровья человека, но наносит огромный экономический ущерб, что говорит о необходимости и актуальности ведения мониторинга овражной эрозии.

Так одна из целей работы – мониторинг формирования оврагов на территории г. Томска. Результат – рекомендации по выполнению мониторинга, а также выявление экологических аспектов, которые вытекают при овражной эрозии.

Область применения относится как к инженерно-геологическим, так и к инженерно-гидрологическим и инженерно-экологическим изысканиям. Целевая аудитория результата исследования представлена юридическими лицами, ведущими свою деятельность в сфере инженерных изысканий, в частности мониторинга экзогенных геологических процессов (оврагов) (табл. 19).

Таблица 19 – «Портрет» потребителя НТИ

Параметры	Краткое описание
Организационно-правовая форма	Юридические лица
Географическое местоположение	Сибирский федеральный округ (СФО)
Отрасль экономики	Инженерные изыскания
Вид деятельности	Выполнение комплекса работ по ведению мониторинга геологической среды, водных объектов и геологических исследований

Ведение мониторинга геологической среды на региональном уровне на территории СФО осуществляется филиалом ФГБУ «Гидроспецгеологии» Сибирский региональный центр государственного мониторинга состояния недр (ГМСН), который обобщает и систематизирует полученную с территориального уровня информацию, а мониторинговые исследования территориального уровня в пределах субъектов Федерации выполняются, как отделениями филиала, так и подрядчиками - Территориальными центрами ГМСН (в г. Томске АО «Томскгеомониторинг») с использованием государственной опорной наблюдательной сети. Мониторинг состояния недр на локальном (объектном) уровне

осуществляется недропользователями и иными субъектами хозяйственной деятельности, оказывающими влияние на состояние недр, в соответствии с государственными лицензиями на недро- и/или природопользование [123].

Реальные пользователи исследования представлены филиалы и центры по мониторингу состояния недр (опасных экзогенных геологических процессов (ЭГП)), к потенциальным пользователям можно отнести инженеров-проектировщиков, представлены в табл.20. Цели и результаты проекта в области ресурсоэффективности представлены в табл. 21.

Таблица 20 – Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
Филиалы по мониторингу состояния недр (опасных ЭГП)	Рекомендации по выполнению мониторинга, а также выявление экологических аспектов, которые вытекают при овражной эрозии на территории г. Томска, плюс при каких гидрологических условиях происходит формирование оврагов
Инженеры-проектировщики	Тоже что и для филиалов
Недропользователи	Ознакомление с рекомендациями по мониторингу, выявленными аспектами

Таблица 21 – Цели и результат проекта

Цели проекта:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Для выявления, учета, оценки состояния и прогнозирования развития овражной эрозии.</li> <li>2. Оценка воздействия на населенные пункты, объекты инфраструктуры и экономики.</li> <li>3. Информационное обеспечение об овражной эрозии на территории г. Томска и об экологических аспектах, а также о прогнозах развития ЭГП.</li> </ol>
Ожидаемые результаты проекта:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Повышение экологической и социальной безопасности, а также предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций.</li> <li>2. Повышение рентабельности проектно-изыскательских работ.</li> <li>3. Повышения информирования не только филиалов по мониторингу, но и населения об овражной эрозии.</li> </ol>
Критерии приемки результата проекта:	Соответствие результатов целям проекта.
Требования к результату проекта:	<i>Требование:</i>
	Сокращение случаев негативных экологических и социальных последствий от оврагов
	Повышение рентабельности проектно-изыскательских работ на 5%
	Повышение информационного материала об оврагах.

### 7.1.2 Организационная структура проекта

Состав рабочей группы и роль каждого представим в табл. 22.

Таблица 22 – Рабочая группа проекта

№ п/п	ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции	Трудозатраты, час.
1.	Савичев О.Г., ТПУ, ИШПР, процессор	Руководитель проекта	Отвечает за реализацию проекта, координирует деятельность участников проекта	60
2.	Волкова А.Л., ТПУ, ОСГН ШБИП, ассистент	Эксперт проекта	Консультация по вопросам ресурсоэффективности и ресурсосбережения при реализации проекта	10
3.	Атепаева Н.А., ТПУ, ООД ШБИП, ст. преподаватель	Эксперт проекта	Консультация по вопросам охраны труда и экологической безопасности при реализации проекта	10
4.	Черникова А. В., ТПУ, магистрант	Исполнитель проекта	Реализация проекта	600

### 7.1.3 Ограничения и допущения проекта

Ограничения проекта – это факторы, которые могут послужить ограничением степени свободы участников команды проекта, а также «границы проекта» - параметры проекта или его продукта, которые не будут реализованы в рамках проекта. Эта информация представлена в табл.23.

Таблица 23 – Ограничения проекта

Фактор	Ограничения
Источник финансирования	НИТПУ
Бюджет проекта	150 000 - 200 000 рублей
Сроки проекта	01.10.2018-15.05.2019

### 7.2 Потенциальные потребители результатов исследования

Сегментирование рынка – разделение покупателей (потребителей) на однородные группы, для каждой из которых может потребоваться определенный товар (услуга). Потребителями данного исследования могут быть филиалы по мониторингу состояния недр (опасных ЭГП), инженеры-проектировщики и недропользователи.

В табл.24 приведена карта сегментации рынка услуг по проведению мониторинга. Для сравнения и проведения анализа были выбраны различные потребители (филиал по мониторингу, проектная организация или недропользователь) и виды услуг (комплексный продукт, инженерные изыскания, мониторинг). По результату сегментирования рынка можно сказать, что сегмент по предложению комплексных услуг (изыскания+ мониторинг) менее развит, поэтому целесообразно рассмотреть возможность разработки комплексного продукта, который будет востребован.

Таблица 24 – Карта сегментирования рынка услуг

		Услуга		
		Изыскания+ мониторинг	Инженерные изыскания	Мониторинг
Заказчики	Филиал мониторинга			
	Проектные организации			
	Недропользователи			

Условные обозначения:

	-работает в сфере инженерных изысканий
	-работает в сфере мониторинга ЭГП

По результату сегментирования рынка можно сказать, что сегмент по предложению комплексных услуг (изыскания+ мониторинг) менее развит, поэтому целесообразно рассмотреть возможность разработки комплексного продукта, который будет востребован.

### 7.3. Анализ конкурентных технических решений

Для того чтобы вовремя вносить коррективы и изменения в работу и оставаться конкурентно способными заказчикам необходимо проведение детального анализа конкурирующих фирм и разработок, а так же нововведений в законодательство необходимо проводить систематически. Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности потребителей. Проведем данный анализ с помощью оценочной карты, представленной в табл.25.

Для этого отобрали организацию, осуществляющую деятельность по мониторингу (Бк1) и в сфере инженерных изысканий (Бф), еще есть недропользователи (Бк2), которые осуществляют локальный мониторинг по лицензии недропользователя. 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.

Конкурентоспособность конкурента К

$$K = \sum V_i * B_i,$$

где  $V_i$  – вес показателя (в долях единицы);  $B_i$  – балл  $i$ -го показателя.

В строке «Итого» указана сумма всех конкурентоспособностей по каждой организации.

Таблица 25 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Бф	Бк1	Бк2	Кф	Кк1	Кк2
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Технические критерии оценки ресурсоэффективности</b>							
1. Повышение производительности труда пользователя	0,10	4,00	5,00	5,00	0,40	0,50	0,50
2. Удобство в эксплуатации	0,10	5,00	3,00	3,00	0,50	0,30	0,30
3. Энергоэкономичность	0,10	5,00	4,00	4,00	0,50	0,40	0,40
4. Надежность	0,15	4,5	5,00	5,00	0,68	0,75	0,75
5. Достоверность	0,15	4,5	4,5	3	0,68	0,68	0,45
6. Экологическая безопасность при проведении работ	0,15	3	3	3	0,45	0,45	0,45
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Экономические критерии оценки эффективности</b>							
1. Конкурентоспособность продукта	0,10	5,00	4,00	2	0,5	0,4	0,2
2. Цена	0,1	4	3	3	0,4	0,3	0,3
3. Срок выполнения работ	0,05	5,00	4,00	4,00	0,25	0,2	0,2
<i>Итого</i>	1				4,36	3,98	3,55

Анализ технических и экономических критериев показал, что организация, предлагающая инженерные изыскания и мониторинг обладает преимуществом по сравнению с конкурентами. Но такой критерий, как повышение производительности труда, меньше у компании выполняющей комплексные услуги, так как специализация увеличивает производительность. Также надежность больше у других организаций, так как при комплексности может снизиться данный критерий. Такие критерии как удобство в эксплуатации, энергоэкономичность, цена, конкурентоспособность, срок выполнения работ больше у комплексной организации по понятным причинам – предпочтительнее, экономичнее. Экологическая безопасность одинакова у всех компаний, так как это зависит в большей степени не только от компании. Достоверность тоже спорный критерий, который предположительно самый низкий у обычных недропользователей.

#### 7.4 FAST-анализ

Суть FAST-анализа базируется на том, что затраты, связанные с созданием и использованием любого объекта, выполняющего заданные функции, состоят из необходимых для его изготовления и эксплуатации, и дополнительных, функционально неоправданных, излишних затрат. Объектом FAST-анализа выступают гидрологические

условия формирования оврагов и их мониторинг. Определим главную, основную и вспомогательную функции, представим в табл. 26.

Таблица 26 – Классификация функций

Наименование этапа работ	Выполняемая функция	Ранг функции		
		Главная	Основная	Вспомогательная
Мониторинг оврагов	1 -Экологическая безопасность			
Прогноз и рекомендации по дальнейшему мониторингу и использованию территории	2 - Обеспечение заказчика необходимой информацией			
Определение гидрологических условий формирования оврагов	3 -Направляющая			

Далее, для построения функционально-стоимостной диаграммы (FAST) необходимо определить и рассчитать значимость выделенных на различных этапах функций. Для расчета этих значений была составлена матрица смежности функций и количественных соотношений этих функций - результат представлен в табл.27 и 28. Также для каждой из выделенной нами функций была рассчитана значимость (табл.28) относительно ранга функции.

Таблица 27 – Матрица смежности функций

	1	2	3
1	=	>	>
2	<	=	>
3	<	=	=

Примечание:< - менее значимая, > - более значимая, = - одинаковые.

Таблица 28 – Матрица количественных соотношений функций

	1	2	3	Итого	Относительная значимость
1	1	1,5	1,5	4	0,42
2	0,5	1	1,5	3	0,32
3	0,5	1	1	2,5	0,26
			$\Sigma$	9,5	1

Затем выполним анализ стоимости функций с применением нормативного метода – по трудозатратам.

Затраты труда (в чел.-сменах) исполнителя работы – численно равны нормам длительности соответствующих работ. Показатель трудозатрат рассчитывается по формуле:  $T = L * t$ ,

где T – трудозатраты на создание определенного объема продукции, в человеко-смены рабочего времени; L – численность работников, занятых в производственном процессе; t – среднее количество фактически отработанных, нормативных или плановых часов рабочего времени в расчете на одного работника.

Всего количество времени составляет 37 дней: среднее количество времени для мониторинга 3 суток, для обработки результатов двух других этапов 31 день (во второй 16, в третий 17). Расчет стоимости функций представим в табл.30.

Таблица 29 – Определение стоимости функций, выполняемых объектом исследования

Наименование этапа работ	Выполняемая функция	Кол-во рабочих	Трудозатраты, чел/см	Стоимость сырья и материалов, руб.	Заработная плата, руб.	Себестоимость, руб.	Относительные затраты
Мониторинг оврагов	1	4,0	12,0	600,0	42037,9	42637,9	0,5
Прогноз и рекомендации по мониторингу и использованию территории	2	1,0	15,0	750,0	16421,1	17171,1	0,2
Наименование этапа работ	Выполняемая функция	Кол-во рабочих	Трудозатраты, чел/см	Стоимость сырья и материалов, руб.	Заработная плата, руб.	Себестоимость, руб.	Относительные затраты
Определение гидрологических условий формирования оврагов	Направляющая	2,0	32,0	940,0	30652,6	31592,6	0,3
Итого						91401,6	1,0

Для графического отображения полученных результатов применяют построение функционально-стоимостной диаграммы (рис. 26) , где отображается зависимость значимости функции от относительных затрат (общую себестоимость делим на поэтапные) на её выполнение.

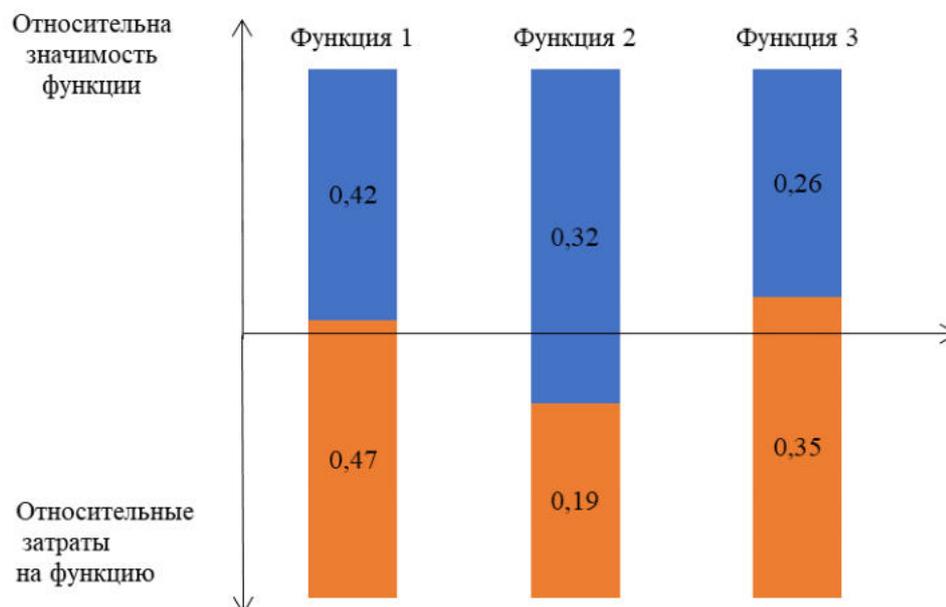


Рисунок 26 — Функционально-стоимостная диаграмма

На диаграмме отмечена диспропорция между важностью функции 2 (прогноз и рекомендации по дальнейшему мониторингу) и 3 (определение гидрологических условий формирования оврагов) и затратами на них, а у функции 1 не выражена диспропорция. Несогласованность функций 1 и 3 между относительными затратами и значимостью объясняется тем, что прогноз и рекомендации по мониторингу, выявляются в том числе на 3 функции, поэтому затрат меньше, а значимость больше. У функции 3 же наоборот затрат больше, хотя значимость чуть ниже.

В качестве оптимизации можно предложить сокращение количества участвующих человек в функции 2 и 3. Возможно достичь повышения производительности за счет уточнения количества работающих а также в целом методики работ.

### 7.5 SWOT -анализ

Укажем сильные и слабые стороны проекта, возможности и угрозы, результаты сведем в матрицу SWOT, представленную в табл.31. Затем выявим соответствие сильных и слабых сторон проекта внешним условиям окружающей среды, для этого построим интерактивные матрицы проекта, представленные в табл.30. По полученным результатам составим итоговую матрицу SWOT-анализа в табл.31.

Таблица 30 – Интерактивная матрица проекта

Возможности проекта		C1	C2	C3	Сл1	Сл2	Сл3
	B1	+	+	+	+	-	-
	B2	0	-	0	0	0	+
	B3	0	+	+	0	-	-
	B4	+	+	+	0	-	0
	У1	-	-	0	0	-	+
	У2	0	0	-	+	+	-
	У3	+	+	+	-	-	+

Таблица 31 – SWOT-анализ

	<b>Сильные стороны проекта:</b>	<b>Слабые стороны проекта:</b>
	C1. Заявленная экономичность и энергоэффективность	Сл1. Необходимость наработки клиентской базы
	C2. Возможность прогноза и рекомендаций для территории исследования, без дальнейших полевых работ	Сл2. Надежность и достоверность результатов может быть сперва под сомнением
	C3. Экологическая безопасность	Сл3. Необходимость доп. обучения сотрудников
<b>Возможности:</b>		
B1. Появление спроса со стороны недропользователей и проектных организаций	B1C1C2C3 B3C2C3 B4C1C2C3	B1Сл1 B2Сл3
B2. Новые рабочие места		
B3. Выявлений гидрологических условий формирования оврагов		
B4. Прогноз и рекомендации по дальнейшему мониторингу и использованию территории		
<b>Угрозы:</b>		
У1. Введение дополнительных государственных требований к мониторингу	У3C1C2C3	У1Сл3 У2Сл1Сл2 У3Сл3
У2. Отсутствие спроса на данную проблему		
У3. Завышенные затраты		

### 7.6 Оценка готовности проекта

Для выявления существующих и возможных затруднений и проблем в ходе выполнения проекта необходимо оценить степень его готовности, уровня собственных знаний для осуществления проекта. Показатели о степени проработанности проекта с

позиции коммерциализации и компетенциям разработчика научного проекта представлены в табл. 32.

Таблица 32 – Бланк оценки степени готовности научного проекта к коммерциализации

№ п/п	Наименование	Степень проработанности проекта	Уровень имеющихся знаний у разработчика
1	Определён имеющийся научно-технический задел	4	4
2	Определены перспективные направления коммерциализации	5	4
3	Определены отрасли и технологии для предложения на рынке	5	4
4	Проработаны вопросы финансирования и коммерциализации научной разработки	4	3
5	Имеется команда для научной разработки	5	4
6	Проработан механизм реализации научного проекта	3	3
Итого		26	22

Оценка готовности научного проекта по уровню знаний, имеющихся 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 направлению.

Итоговые значения проработанности научного проекта и знания у разработчика лежат в диапазоне от 22 до 26, что говорит о перспективности ниже среднего. Так как некоторые аспекты вывода продукта на рынок не были учтены и при этом прослеживается недостаток знаний о разработке, а также уменьшающим фактором готовности проекта является сам механизм реализации проекта, то требуются дополнительные затраты на наём или консультации у специалистов в данной области, а также более тщательная разработка самой реализации проекта.

## 7.7 Планирование работ проекта

### 7.7.1 Контрольные события проекта и план проекта

Ключевые события проекта, даты и результаты, которые должны быть получены сведены в табл.33. И в рамках планирования научного проекта необходимо построить календарный и сетевой графики. Календарный график представлен в табл.34.

Таблица 33 – Контрольные события проекта.

№ п/п	Контрольное событие	Дата	Результат (подтверждающий документ)
1.	Полевые работы (мониторинг)	25.03.2019-27.03.2019	Фото
			Первичная обработка результатов
			Возможен отбор проб (по погодным условиям)
2.	Камеральные работы	01.04.2019-15.04.2019	Топокарты и другие.
			Гидрологические результаты расчетов
			Рекомендации по мониторингу
3.	Написание технического отчета	16.04.2019-1.05.2019	Отчет в соответствии с требованиями нормативной документации к его составу с моделью формирования водного и твердого стока оврага, а также рекомендациями по мониторингу

Таблица 34 – Календарный план проекта

№ п/п	Название	Длительность, дни	Дата начала работ	Дата окончания работ	Состав участников
1	2	3	4	5	6
1	Составление программы работ	3	20.03.2019	23.03.2019	Главный геолог
2	Полевые работы	3	25.03.2019	27.03.2019	Полевая группа (Инженер-гидрогеолог, инженер-геолог, инженер-гидролог, водитель).
3	Камеральные работы (расчеты и рекомендации)	15	1.04.2019	15.04.2019	Инженер-гидрогеолог и инженер-гидролог
4	Камеральные работы (составление технического отчета)	16	16.04.2019	1.05.2019	Инженер-гидрогеолог
1	2	3	4	5	6
5	Проверка технического отчета	2	01.05.2019	02.05.2019	Главный геолог
6	Печать технического отчета	1	3.05.2019	3.05.2019	Специалист издательского центра
Итого:		40	20.03.2019	3.04.2019	

Диаграмма Ганта для иллюстрации календарного плана проекта представлена в табл. 35, а на графике различной штриховкой выделены работы, в зависимости от ответственных исполнителей.

Таблица 35 – Календарный план-график проекта

Код работы	Вид работ	Исполнители	Тк, кал. дней	Продолжительность выполнения					
				март		апрель		май	
				3	1	2	3	1	
1	Составление программы работ	Главный геолог	3						
2	Полевые работы	Полевая группа (Инженер-гидрогеолог, инженер-геолог, инженер-гидролог, водитель)	3						
3	Камеральные работы (расчеты, рекомендации)	Инженер-гидрогеолог и инженер-гидролог	15						
4	Камеральные работы (составление технического отчета)	Инженер-гидрогеолог	16						
5	Проверка технического отчета	Главный геолог	1						
6	Печать технического отчета	Инженер-гидрогеолог	1						

Главный геолог      Полевая группа  
 Инженер - гидрогеолог      Инженер-гидролог

На основании данных календарного-план графика проекта можно сделать вывод, что продолжительность камеральных работ занимает большее время – практически 3 декады с конца марта по конец апреля, а полевые работы даже не составляют 1 декаду марта. Наиболее трудоемким является этап камеральных работ, т.к. он обладает наибольшей продолжительностью и на нем задействованы 3 человека.

## 7.7.2. Бюджет научного исследования

### 7.7.2.1 Сырье и материалы

В табл.36 сведены все затраты на приобретение различных материалов, необходимых для выполнения работы. Расчет стоимости материальных затрат производится согласно действующим прейскурантам и договорным ценам, также в стоимость материальных затрат включают транспортно-заготовительные расходы (3 – 5% от цены). В эту же статью включаются затраты на оформление документации (канцелярские принадлежности, тиражирование материалов).

Таблица 36 – Сырье, материалы, комплектующие изделия и покупные полуфабрикаты

Наименование	Марка, размер	Количество	Цена за ед., руб.	Сумма, руб.
Краска для принтера	-	1	600	600,00
Бумага для принтера	формат А4, пачка	3	350	1050
Ручка шариковая	-	5	25	125
Карандаш чертежный	-	10	35	350,00
Бутылка пластиковая 0,5 л		3	10	30
Всего за материалы				2 155,00
Транспортно-заготовительные расходы (5%)				86,2
Итого по статье				2 241,20

#### 7.7.2.2 Специальное оборудование для научных работ

Включаются все затраты, связанные с приобретением оборудования (устройств и механизмов), необходимого для проведения работ. Стоимость оборудования, используемого при выполнении работы и имеющегося в организации, определяется по действующим прейскурантам и учитывается в виде амортизационных отчислений. Норма амортизации вычисляется линейным методом по формуле [106]:

$$1/n \times 100\%,$$

где n – срок службы оборудования.

Результаты представлены в табл. 37

Таблица 37 – Специальное оборудование для выполнения работ

Наименование оборудования	Цена за ед., руб.	Срок службы, лет	Норма амортизации, %	Ежедневные амортизационные отчисления, руб.	Количество рабочих дней	Сумма амортизационных отчислений, руб.
Нивелир IV класса	19200,0	6	0,2	3200,0	3,0	9600

#### 7.7.2.3 Основная заработная плата

Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы оплаты труда. Расчет основной заработной платы производится по формуле и сводится в табл. 38:

$$C_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}$$

где  $Z_{осн}$  – основная заработная плата;  $Z_{доп}$  – дополнительная заработная плата.

Основная заработная плата ( $Z_{осн}$ ) рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \times T_{раб},$$

где  $T_{\text{раб}}$  – продолжительность работ, выполняемых, раб. дн.;  $Z_{\text{дн}}$  – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

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

где  $Z_{\text{м}}$  – месячный должностной оклад работника, руб;  $M$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года: при отпуске в 45 раб. дней  $M=10,4$  месяца, 6 - дневная неделя;  $F_{\text{д}}$  – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала (в рабочих днях)(247 дней).

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{б}} \times (k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \times k_{\text{р}},$$

где  $Z_{\text{б}}$  – базовый оклад, руб.;  $k_{\text{пр}}$  – премиальный коэффициент (30%);  $k_{\text{д}}$  – коэффициент доплат и надбавок (20%);  $k_{\text{р}}$  – районный коэффициент, равный 1,3 для г. Томска.

Дополнительная заработная плата рассчитывается исходя из 10-15% от основной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнении темы и сводится в табл.38:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \times Z_{\text{осн}},$$

где  $Z_{\text{доп}}$  – дополнительная заработная плата, руб.;  $k_{\text{доп}}$  – коэффициент дополнительной зарплаты (10%);  $Z_{\text{осн}}$  – основная заработная плата, руб.

Таблица 38 – Расчет результатов заработной платы

Исполнители	$Z_{\text{б}}$ , тыс.руб.	$k_{\text{пр}}$	$k_{\text{д}}$	$k_{\text{р}}$	$Z_{\text{м}}$ , руб.	$Z_{\text{дн}}$ , руб.	$T_{\text{р}}$ , раб. дн.	$Z_{\text{осн}}$ , руб	$Z_{\text{доп}}$ , руб	$S_{\text{зп}}$ , руб
Главный геолог	50	0,30	0,20	1,30	32500	1368,4	4	5473,7	547,37	6021,1
Инженер-геолог	35				22750	957,9	3	2873,7	287,37	3161,1
Инженер-гидролог	30				19500	821,1	18	14778,9	1477,9	16256,8
Инженер-гидрогеолог	40				26000	1094,7	35	38315,8	3831,6	42147,4
Водитель	23				14950	629,5	3	1888,4	188,84	2077,3
Итого								63330,5	6333,1	69663,6

Таким образом, размер основной заработной платы составит 69663, 6 рублей.

#### 7.7.2.4 Сметная стоимость работ

Сметная стоимость составляется на основании справочников базовых цен на изыскания для строительства [176-177], сам расчет сметы затрат на проведение работ приведен в табл. 39.

Таблица 39 – Расчет сметной стоимости

№ п/п	Наименование работ и затрат	Ед. измерения	Объем	Единица расценка	Обоснование (по СБЦ)	Полная стоимость, руб.
1	2	3	4	5	6	7
<b>1. Полевые работы</b>						
п.1.1	Инженерно-геологическая рекогносцировка местности, II категория сложности	1 км	15	23,3	часть 1 О/у, п.2, табл.7; часть 1 гл.1 п 1 таб 9 §1	349,5
п.1.2	Рекогносцировочное обследование водных объектов, категория II	1 км	10	30,0	часть 1 Гл.4. п. 3, табл.19; часть 2 гл.8 п 3 таб 43 §1	300,00
п.1.3	Изготовление и установка знаков: грунтовый репер (железобетонный) при глубине закладки, 2,5 м	1 знак	9	121,0	часть 2 гл.6 п 4 таб 34 §1	1 089,00
п.1.4	Нивелирования IV класса, I категория	1 км	10	23,3	часть 1 Гл.4. п. 3, табл.19; часть 1 гл.6 п 7 таб 35 §2	233,00
п.1.5	Фотоработы	1 снимок	25	7,0	гл.10 п 4 таб 48 §15	175,00
<b>ИТОГО по полевым работам</b>						1797,00
при выполнении изысканий в неблагоприятный период для Томской области 1,3					О/у п.8 г	2336,10
С учетом коэффициента						4133,10
<b>ИТОГО по полевым работам в текущих ценах с учетом инфляционного коэф.(47,12) согласно [127]</b>						<b>194 751,67</b>
<b>2. Прочие расходы</b>						
п.2.1	Внутренний транспорт	Согласно СБЦ О/у п.9.1а-определяется по фактическим затратам в ценах текущего периода: при сметной стоимости полевых изыскательских работ до 5 тыс. руб				
п.2.2	Внешний транспорт. Расстояние св. 25 км до 100 км			0,115 от полевых	О/у п.10,табл.5	206,66
п.2.3	Организация и ликвидация работ			0,06	О/у, п.13	107,82
<b>ИТОГО по прочим затратам</b>						<b>314,48</b>
<b>ИТОГО по прочим затратам в текущих ценах с учетом инфляционного коэф.(47,12) согласно [127]</b>						<b>14818,1</b>

1	2	3	4	5	6	7
<b>3. Камеральные работы</b>						
п.3.1	Камеральная обработка инженерно-геологической рекогносцировки	1 км	15	13,5	часть 1 гл.1 п 1 таб 9 §1	202,50
п.3.2	Камеральная обработка рекогносцировочного обследования бассейна реки	1 км маршрута	10	6	часть 2 гл.8 п 3 таб 43 §1	60,00
п.3.4	Составление схемы гидромет. изученности	1 схема	1	61,0	часть 2 Гл.11, п.3,табл.51 §3	61,00
п.3.5	Составление программы производства работ	1 программа	1	300,0	часть 2 Гл.11,п.3, табл.53§1	300,00
п.3.6	Изыскания для расчета стока с бассейна при площади, 5 -10 км <sup>2</sup>	1 бассейн	3	53,0	часть 1 гл.4 п 4 таб 21 §4	159,00
п.3.7	Выбор аналога при отсутствии данных наблюдений в исследуемом створе	1 расчет	1	206,0	часть 2 Гл.11, п.8, табл.56 §18	206,00
п.3.8	Расчет расхода и объема ливневого стока	1 бассейн	3	9,0	часть 1 Гл.4, п.8, табл.23 §1	27,00
п.3.9	Расчет коэф.аккумуляции, способом: утонченным	1 бассейн	3	16,0	часть 1 Гл.4, п.8, табл.23 §3	48,00
п.3.10	Определение максимального расхода воды весеннего половодья или дождевых паводков по эмпирическим редуционным формулам	1 расчет	3	34,0	часть 2 Гл.11, п.8, табл.56 §2	102,00
п.3.11	Подсчет нормы твердого стока при отсутствии наблюдений: по аналогам, формулам и картам для одного створа	1 расчет	3	200,0	часть 2 Гл.11, п.9, табл.57 §7	600,00
1	2	3	4	5	6	7

п.3.1 2	Картографическое вычерчивание планов и карт в масштабе: 1:500, II категория	1дм2 плана	5	4,1	часть 2 Гл.6, п.5, табл.38 §3	20,50
п.3.1 3	Систематизация данных метеорологических наблюдений и материалов изысканий прошлых лет					
п.3.1 3.1	Подбор станции	1 годо- я	10	50,0	часть 2 гл.12 п.2 таб.67 §1	500,00
п.3.1 3.2	Температура воздуха (средние месячные данные)	1 годо- я	10	1,0	часть 2 гл.12 п.2 таб.67 §3	10,00
п.3.1 3.3	Ветер (месячные данные)	1 годо- я	10	7,0	часть 2 гл.12 п.2 таб.67 §9	70,00
п.3.1 3.4	Осадки (месячные данные)	1 годо- я	10	1,7	часть 2 гл.12 п.2 таб.67 §12	17,00
п.3.1 3.5	Снежный покров (декадные данные)	1 годо- я	10	1,5	часть 2 гл.12 п.2 таб.67 §14	15,00
п.3.1 3.6	Продолжительность выпадения осадков	1 расчет	1	155,0	часть 2 гл.12 п.3 таб.68 §8	155,00
п.3.1 3.7	Слой осадков одинаковой обеспеченности за различные интервалы времени	1 расчет	1	39,0	часть 2 гл.12 п.3 таб.68 §10	39,00
п.3.1 3.8	Составление климатической характеристики района изысканий	1 записк а	1	201,0	часть 2 гл.12 п.4 таб.69 §1	201,00
п.3.1 4	Составление технического отчета, изученная гидрометеорологиче ская территория	1 отчет	1955,10 (70% от всех камеральных работ) и еще коэф. 1,5		часть 2 Гл.11, п.17, табл.62 § 2	2932,65
<b>ИТОГО по камеральным работам</b>						4943,15
<b>ИТОГО по камеральным работам в текущих ценах с учетом инфляционного коэф.(47,12) согласно [127]</b>						232 921,23
<b>ИТОГО стоимость по всем работам</b>						442 490,96
<b>ИТОГО, с учетом коэффициента к итогу сметной стоимости изысканий(1,15)</b>					О/у п.8д), табл.3	<b>508 864,61</b>

Таким образом, сметная стоимость без учетов налогов составляет 508 864,61 рублей, из этого камеральные работы составляют 232 921,23 руб., полевые работы 194 751,61 руб.

#### 7.7.2.5 Отчисления на социальные нужды

Отчисления во внебюджетные фонды – по пенсионному страхованию; направляемые на медицинское страхование в рамках ОМС; взносы на социальное

страховое обеспечение на случай заболеваний и материнства. Вычисляются по формуле[189]:

$$C_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \times (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}),$$

где  $k_{\text{внеб}}$  – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды(30%).

Так согласно расчетам отчисления на социальные нужды составят 20899,1 руб. на всех работников.

#### 7.7.2.6 Накладные расходы

Расчет накладных расходов ведется по следующей формуле:

$$C_{\text{накл}} = k_{\text{накл}} * (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}})$$

где  $k_{\text{накл}}$  – коэффициент накладных расходов(80%).

Накладные расходы составляют 55730,86 руб.

#### 7.7.2.7 Группировка затрат по статьям

Сгруппируем планируемые затраты по статьям и представим их в табл.40.

Таблица 40 – Группировка затрат по статьям

№ п/п	Статья затрат	Сумма, руб.
1	Сырье, материалы	2241,20
2	Специальное оборудование для выполнения работ (амортизация), руб.	9600,00
3	Основная заработная плата, руб.	63330,5
4	Дополнительная заработная плата, руб.	6333,1
5	Отчисления во внебюджетные фонды, руб.	20899,1
6	Накладные расходы, руб.	55730,86
7	Итого плановая себестоимость, руб.	158 134,76

Таким образом, плановая себестоимость работ составляет 158 134,76 рублей без учета налогообложения. Чтобы рассчитать прибыль, нужно из сметной стоимости вычесть себестоимость: получаем  $508\ 864,61 - 158\ 134,76 = 350\ 729,85$  руб.

#### 7.7.2.8 Рентабельность

Рентабельность – это относительный показатель экономической эффективности и рассчитывается как отношение прибыли к затратам (себестоимости). Получаем рентабельность 222%, что является хорошим показателем и говорит о высоком экономическом эффекте: один вложенный рубль должен приносить прибыль 2,22 руб.

#### 7.7.2.9 Капиталовложения по видам работ

Объем капиталовложений по видам работ делается на основе группируемых затрат, представлен в табл.41.

Таблица 41 – Капиталовложения по видам работ

№ п/п	Статья затрат	Этап работ	
		Полевые	Камеральные
1	Сырье, материалы	560,30	1 456,78
2	Специальное оборудование для выполнения работ (амортизация), руб.	9 600,00	0
3	Основная заработная плата, руб.	10 509,47	52 821,05
4	Отчисления во внебюджетные фонды (30,2%), руб.	3 552,84	17 346,26
5	Накладные расходы (80% от п. 3+10% доп. зарплаты), руб.	9 458,53	47 538,95
6	Итого капиталовложений, руб.	33 681,14	119 163,04
		152 844,18	
7	Итого капиталовложения %	22	78

Получаем, что в данном проекте наибольший объем капиталовложений приходится на камеральный этап работ (78%), а на полевой этап приходится 22%. Что совпадает и с трудозатратами, которые наибольшие в камеральных условиях.

### 7.8 Матрица ответственности

Для распределения ответственности между участниками проекта сформируем матрицу ответственности в табл. 42.

Таблица 42 – Матрица ответственности\*

Этапы проекта	Главный геолог	Инженер-геолог	Инженер-гидролог	Инженер-гидрогеолог
Составление программы работ	О,И			
Полевые работы	С	О,И	О,И	О,И
Камеральные работы (расчеты, рекомендации)	С		О,И	О,И
Камеральные работы (составление технического отчета)	С			О,И
Проверка технического отчета	О,И,У			
Печать технического отчета				О,И

\*Примечание: О – ответственный; И – исполнитель; У – утверждающее лицо; С – согласующее лицо.

Получаем, что каждый из участников проекта за что то ответственен на определенном этапе, инженеры гидрогеолог и гидролог наиболее ответственны, а главный геолог чаще согласующее лицо.

### 7.9 Реестр рисков проекта

Идентифицированные риски проекта представлены в табл.43, наиболее возможны и могут сильно повлиять такие риски, как изменение законодательства в части мониторинга

недр, повышение затрат на выполнение работ, увольнение сотрудника или наложение одних объектов на другие при планировании работ.

Таблица 43 – Реестр рисков

№	Риск	Потенциально е воздействие	Вероятн ость наступле ния (1-5)	Влия ние риска (1-5)	Урове нь риска	Способы смягчения	Условия наступления
1	Изменение законодательства в части мониторинга	Временная потеря заказов	4	4	Средний	Мониторинг изменений в законодательстве	Внесение поправок и изменений в регламентирующие документы
2	Повышение затрат на выполнение работ	Незапланированные издержки	4	4	Средний	Формирование финансовых резервов	Изменение стоимости чего-то составляющего проект
3	Погодные условия	Невозможность определения и учета ливневого смыва	2	4	Низкий	-	Изменения погодных условий
4	Увольнение специалиста	Срыв сроков выполнения работ	4	5	Высокий	Поощрения и премии+ поддержка молодых специалистов	Низкая заработная плата или недовольство работой
5	Отсутствие спроса данной проблемы	Потеря клиентов - прибыли	3	5	Средний	Иметь всегда другие возможности и в данной сфере	Отсутствие оврагов или их сильная изученность
6	Наложение одних объектов на другие при планировании работ	Срыв сроков выполнения работ. Снижение качества результата работ	4	4	Высокий	Система планирования работ	Большой объем заказов

## 7.10 Оценка сравнительной эффективности исследования

### 7.10.1 Интегральный показатель ресурсоэффективности

Интегральный показатель ресурсоэффективности можно определить:

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

где  $I_m$  - 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.

Так аналогами проекта являются: организация, осуществляющая деятельность по мониторингу (аналог 1) и еще есть недропользователи (аналог 2), которые осуществляют локальный мониторинг по лицензии недропользователя. Отдельно организация в сфере инженерных изысканий (текущий проект).

Экспертным путем устанавливается балльная оценка для текущего проекта и аналогов. Расчеты проводим по формуле, а результаты расчетов представлены в табл.44.

Таблица 44 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта по показателю ресурсоэффективности

Критерии оценки	Весовой коэффициент параметра	Балльная оценка разработки			Показатель ресурсоэффективности		
		Проект	Аналог 1	Аналог 2	Проект	Аналог 1	Аналог 2
1. Повышение производительности труда пользователя	0,10	4,00	5,00	5,00	0,4	0,5	0,5
2. Удобство в эксплуатации	0,10	5,00	3,00	3,00	0,5	0,3	0,3
3. Энергоэкономичность	0,10	5,00	4,00	4,00	0,5	0,4	0,4
4. Надежность	0,15	4,5	5,00	5,00	0,675	0,75	0,75
5. Достоверность	0,15	4,5	4,5	3	0,675	0,675	0,45
6. Экологическая безопасность при проведении работ	0,15	3	3	3	0,45	0,45	0,45
7. Конкурентоспособность продукта	0,10	5,00	4,00	2	0,5	0,4	0,2
8. Цена	0,1	4	3	3	0,4	0,3	0,3
9. Срок выполнения работ	0,05	5,00	4,00	4,00	0,25	0,2	0,2
Итого	1	40	35,5	32	4,35	3,98	3,55

Сравнение значений показателей ресурсоэффективности позволяет судить о приемлемости существующего проекта с позиции финансовой и ресурсной эффективности. А также говорит о более высокой эффективности текущего проекта по

сравнению с аналогами, что связано с такими критериями как удобство в эксплуатации, энергоэкономичность, цена, конкурентоспособность, срок выполнения работ.

### 7.10.2 Интегральный финансовый показатель

Интегральный финансовый показатель разработки определяется по формуле:

$$I_{\Phi}^P = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}},$$

где  $I_{\Phi}^P$  – интегральный финансовый показатель разработки;  $\Phi_{pi}$  – стоимость i-го варианта исполнения;  $\Phi_{max}$  – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Варианты исполнения сведем в табл.45.

Таблица 45 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта по финансовому показателю

Варианты	Стоимость,	$I_{\Phi}^P$
Текущий проект	158 134,76	0,31
Аналог 1	350 000	0,69
Аналог 2	250 000	0,49
Максимальная стоимость	509 000	

Наблюдаем удешевление нашей разработки в 0,31 раз в сравнении с аналогом и максимальной стоимостью проекта, что говорит об экономически выгодном положение данного проекта относительно других.

### 7.10.3 Сравнительная эффективность проекта

Сравнение интегрального показателя эффективности текущего проекта и аналога позволяет определить сравнительную эффективность проекта (табл.46) по формуле:

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

где  $\mathcal{E}_{cp}$  – сравнительная эффективность проекта;  $I_{финр}^P$  – интегральный показатель эффективности разработки определяется  $I_{финр}^P = \frac{I_m^P}{I_{\Phi}^P}$ ;  $I_{финр}^a$  – интегральный показатель эффективности аналога определяется  $I_{финр}^a = \frac{I_m^a}{I_{\Phi}^a}$ .

Таблица 46 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Аналог 1	Текущий проект	Аналог 2	Текущий проект
1	Интегральный финансовый показатель проекта, $I_{\Phi}^P$	0,69	0,31	0,49	0,31

№ п/п	Показатели	Аналог 1	Текущий проект	Аналог 2	Текущий проект
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности, $I_m$	3,98	4,35	3,55	4,35
3	Интегральный показатель эффективности, $I_{финр}^p$	5,78	14	7,23	14
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения, $\mathcal{E}_{cp}$	2,42		1,94	

Интегральный финансовый показатель свидетельствует об удешевлении стоимости текущего проекта. Интегральный показатель ресурсоэффективности и эффективности являются наивысшими, что говорит о более высокой эффективности реализации текущего проекта по сравнению с аналогами.

Показатель сравнительной эффективности говорит о том, что с позиций финансовой и ресурсной эффективности текущий проект в 2,42 и 1,94 раза предпочтительнее аналогов.

### **Вывод**

На основании выполненного раздела выявлено, что данное исследование является экономически целесообразным и успешным. В результате были составлены карта сегментирования рынка услуг (потенциальных клиентов), проведен анализ технических и экономических критериев который показал, что организация, предлагающая комплексный продукт (мониторинг + инженерные изыскания), обладает преимуществом по сравнению с другими.

Были сформулированы цели, результат и область применения проекта, был составлен «портрет» потребителя НТИ. Выполнены FAST- и SWOT-анализы, которые выявили функции проекта и сильные, слабые стороны проекта, возможности и угрозы соответственно. При планировании проекта были определены этапы работ, их трудоемкость, разработан график Ганта. Продолжительность планируемых работ 37 календарных дней. Также проработаны риски проекта и выработаны способы их смягчения. Был рассчитан бюджет проекта. Себестоимость работ составила 158 134,76 руб., сметная стоимость составила 508 864,61 руб. без учета налогообложения, а предполагаемая прибыль – 350 729,85 рублей. Наибольший объем капиталовложений приходится на камеральный этап работ (78%), а на полевой этап приходится 22%. Что совпадает и с трудозатратами, которые наибольшие в камеральных условиях. При оценке сравнительной эффективности было установлено, что с позиций финансовой и ресурсной эффективности текущий проект предпочтительнее аналогов.

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
2ВМ71	Черниковой Анастасии Владимировне

<b>Школа</b>	Инженерная школа природных ресурсов	<b>Отделение (НОЦ)</b>	Отделение геологии
<b>Уровень образования</b>	Магистр	<b>Направление/специальность</b>	20.04.02. Природообустройство и водопользование/ Инженерные изыскания в области природообустройства

Тема ВКР:

«Гидрологические условия формирования оврагов в г. Томске и на прилегающих территориях»

**Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:**

<p>1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения</p>	<p>-Объект исследования : гидрологические условия формирования оврагов на территории г. Томска. -Этапы работ: полевые работы по мониторингу овражной эрозии и камеральная обработка результатов исследований. -Область применения: инженерные изыскания.</p>
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p><b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>- организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 01.04.2019);</li> <li>- СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03;</li> <li>- СНиП 12-03-2001;</li> <li>- РД 52.88.699-2008;</li> <li>- ГОСТ 12.4.011-89;</li> <li>- Правила по технике безопасности при производстве наблюдений и работ на сети Госкомгидромета.</li> </ul>
<p><b>2. Производственная безопасность:</b></p> <p>2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов</p> <p>2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия</p>	<p>1) Анализ выявленных вредных и опасных факторов при проведении полевых работ:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- отклонение показателей микроклимата на открытом воздухе;</li> <li>- превышение уровня шума;</li> <li>- превышение уровня электромагнитных излучений;</li> <li>- повреждение от контакта с насекомыми;</li> </ul> <p>2) Анализ выявленных вредных и опасных факторов при проведении камеральных работ:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- отклонение параметров микроклимата в помещении;</li> <li>- недостаточная освещенность рабочей зоны;</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- превышение уровня шума;</li> <li>- превышение уровня электромагнитных излучений;</li> <li>- электрический ток;</li> <li>- пожароопасность.</li> </ul>
<b>3. Экологическая безопасность:</b>	Процесс овражной эрозии негативно влияет на литосферу и гидросферу.
<b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b>	Возможные ЧС: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Электрическое замыкание;</li> <li>- Пожар;</li> <li>- Несчастный случай</li> </ul>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	14.12.2017
------------------------------------------------------	------------

**Задание выдал консультант отделения общетехнических дисциплин ШБИП:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД ШБИП	Атепаева Наталья Александровна	-	<i>Ате</i>	14.12.2017

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2BM71	Черникова Анастасия Владимировна	<i>Черн</i>	14.12.2017

## **8. Социальная ответственность**

Цель работы – определение гидрологических условий формирования оврагов на территории г. Томска. Получена модель формирования водного и твердого стока оврагов в условиях южно-таежной зоны Западной-Сибири (г. Томска) и даны рекомендации по организации мониторинга. Область применения - различные виды инженерных изысканий. Потенциальные пользователи результата исследования представлены юридическими лицами, ведущими свою деятельность в сфере инженерных изысканий, в частности мониторинга экзогенных-геологических процессов (оврагов).

Местом выполнения работ является территория г. Томска, а объектом исследований являются овраги. Исследования в области гидрологических условий оврагов относятся к камеральному этапу (обработка данных с помощью персональных электронных вычислительных машин (ПЭВМ)), в то же время мониторинг овражной эрозии выполняется в полевых условиях. Поэтому в разделе будет описан как полевой, так и камеральный этапы.

### **8.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности**

Обязанности по обеспечению безопасных условий и охраны труда, согласно ст. 212 ТК РФ [187], возлагаются на работодателя, который обязан обеспечить безопасность работников при эксплуатации зданий, сооружений, оборудования, осуществлении технологических процессов, а также применяемых в производстве инструментов, сырья и материалов. Кроме того, работодатель обязан обеспечить, соответствующие требованиям охраны труда, условия труда на каждом рабочем месте, режим труда и отдыха работников.

При проведении работ необходимо строгое выполнение требований по технике безопасности на основе соответствующих нормативных документов по технике безопасности работ в строительстве [163]. Весь выполняемый труд должен производиться согласно правилам, инструкциям и планам мероприятий.

К производству работ допускаются лица, имеющие специальную техническую подготовку, прошедшие обучение безопасным методам работы и сдавшие проверочные испытания в установленном порядке. Допуск к работе лиц, находящихся в нетрезвом состоянии, запрещается. Все работники должны пройти инструктаж по технике безопасности [131].

Все работники, занятые на тяжелых работах и на работах с вредными или опасными условиями труда, проходят обязательные предварительные при поступлении на

работу и периодические медицинские осмотры для определения пригодности их к поручаемой работе и предупреждения профессиональных заболеваний.

Перевозка участников полевых работ к месту расположения объекта должна производиться, как правило, на транспортных средствах, специально предназначенных для этой цели. При работе в охранных зонах: линий ЛЭП, трубопроводов и др. производство работ согласовывается с организациями, эксплуатирующими соответствующие объекты, и осуществляется по специальному наряду-допуску.

При производстве работ необходимо иметь средства индивидуальной защиты, которые выбираются с учетом характера производства процесса и условий труда согласно ГОСТ 12.4.011-89 [29]. Все виды работ должны выполняться в строгом соответствии с общими требованиями пожарной безопасности согласно Федеральному закону №123[188]. В СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [154] представлены требования к помещениям для работы с ПЭВМ.

## 8.2. Производственная безопасность

Вредные и опасные факторы, которые могут возникнуть при выполнении работы, согласно ГОСТ 12.0.003-2015 [20] представлены в табл. 47.

Таблица 47 – Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ		Нормативные документы
	Камеральный	Полевой	
1.Отклонение показателей микроклимата	+	+	СанПиН 2.2.4.548-96 [157], ГОСТ 12.1.005-88 [23], СП 60.13330.2016 [174]
2.Превышение уровня шума	+	+	ГОСТ 12.1.003-2014 [21], ГОСТ 12.1.029-80 [26], СанПиН 2.2.4/2.1.8.562-96 [158 ]
3.Недостаточная освещенность рабочей зоны	+	-	ГОСТ Р 55710-2013 [40], СП 52.13330.2016 [173], СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03 [153]
4.Превышение уровня электромагнитных излучений	+	+	СанПиН 2.2.4.3359-16 [156], ГОСТ 12.1.006-84 [24], СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03[154]
5.Электрический ток	+	-	ГОСТ 12.1.019-2017 [25], ГОСТ 12.1.030-81 [27], ГОСТ 12.1.038–82 [28], ПУЭ [136], ПОТЭЭ [134]
6.Пожароопасность	+	-	ГОСТ 12.1.004-91 [22], СП 12.13130.2009 [168], СП 112.13330.2011[166]
7.Повреждения от контакта с насекомыми	-	+	ГОСТ 27574-87[35], ГОСТ 27575-87[36]

## **8.2.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов и мероприятия по их устранению в полевых условиях**

### *Отклонение показателей микроклимата открытого воздуха*

Главной характеристикой показателя микроклимата является температура воздуха - степень его нагретости, выражаемая в градусах. Территория города располагается в умеренном поясе с умеренно континентальным климатом, с тёплым летом и холодной зимой, равномерным увлажнением, довольно резким изменением элементов погоды в сравнительно короткие периоды времени, зависящим от сложной циркуляции воздушных масс над Западно-Сибирской низменностью. Низкая температура воздуха имеет место при работах на открытом воздухе зимой и в переходные периоды года.

При выполнении работ на открытой площадке специалисты должны быть обеспечены спецодеждой, так в теплое время года рекомендуется использовать противоэнцефалитный костюм, состоящий из 100% хлопка с водоотталкивающей отделкой. Для профилактики обморожений работники должны быть обеспечены специализированной одеждой для низких температур, которая должна соответствовать всем требованиям, подходить по размеру и не сковывать движения - спецодежда с теплозащитными свойствами согласно ГОСТ 27574-87 [35] или ГОСТ 27575-87[36].

Также профилактика перегревания и переохлаждения осуществляется организацией рационального режима труда и отдыха путем сокращения рабочего времени для введения перерывов для отдыха.

### *Превышение уровня шума*

Самой главной причиной образования шума является транспорт, а также различные механизмы. Длительное воздействие шума негативно сказывается на нервной системе, происходят спазмы сосудов, происходит утомление организма, что снижает производительность труда. В соответствии с ГОСТ 12.1.003-14 [21] норма на открытой местности составляет 80 дБА.

В качестве защиты используют различные наушники. В случае необходимости снижается продолжительность рабочего времени.

### *Превышение уровня электромагнитных излучений*

При мониторинге оврагов возможно выполнение работ под таким источником электромагнитного излучения – ЛЭП. Воздействие электромагнитных излучений на организм человека может привести к нарушению нервной и сердечно-сосудистой систем, к изменениям в составе крови. Степень воздействия зависит от диапазона частот, интенсивности, продолжительности излучения. Предельно допустимые уровни

электрических полей регламентируются СанПиН 2.2.4.3359-16 [156] и ГОСТ 12.1.006-84 [24]. В соответствии с требованиями этих нормативных документов предельно допустимые уровни электрических полей для полного рабочего дня составляет 5 кВ/м, при напряженностях в интервале больше 5 до 20 кВ/м допустимое время пребывания определяется по формуле.

В качестве средств индивидуальной защиты от электромагнитных полей промышленной частоты служат специальные защитные комплекты – экранирующие. К средствам коллективной защиты можно отнести стационарные экраны и съемные экраны.

#### *Повреждения от контакта с насекомыми*

В тёплое время года наибольшую опасность для человека представляют клещи и летающие кровососущие насекомые (комары, мошки), которые наносят многочисленные укусы на открытые, не защищённые участки кожи и забираясь под одежду, создавая тем самым серьёзные помехи при работе, а также вред здоровью.

Лица выполняющие изыскательские работы обязательно должны быть привиты от клещевого вирусного энцефалита – вакцинопрофилактику проводят круглогодично [170] в соответствии с медицинскими показаниями и противопоказаниями и в соответствии с Национальным календарем прививок по эпидемическим показаниям [133].

В целом мероприятия по борьбе с гнусом:

- выдача дополнительной спецодежды (энцефалитный костюм) согласно ГОСТ 27574-87 [35] или ГОСТ 27575-87 [36];
- репелленты, накидки, пропитанные репеллентами.

### **8.2.2 Анализ опасных и вредных производственных факторов и мероприятия по их устранению в камеральных условиях**

#### *Отклонение показателей микроклимата в помещении*

Для того чтобы улучшить работоспособность персонала, работающего в камеральных условиях, установлены нормы производственного микроклимата согласно СанПиН 2.2.4.548-96 [157]. Оптимальные показатели распространяются на всю рабочую зону с учетом избытков теплоты, сложности выполняемой работы и сезона года, а допустимые, в свою очередь, устанавливают отдельно для постоянных и непостоянных рабочих мест в тех случаях, когда по технологическим или экономическим причинам невозможно обеспечить оптимальные нормы.

Оптимальные и допустимые нормы микроклимата для работ разной категории тяжести указаны в ГОСТ 12.1.005-88 [23], СанПиН 2.2.4.548-96 [157]. Наши работы в помещении относятся к категории Ib - работы с интенсивностью энергозатрат 121-150

ккал/час, производимые сидя, стоя или связанные с ходьбой и сопровождающиеся некоторым физическим напряжением.

Оптимальные параметры микроклимата в производственных помещениях обеспечиваются системами кондиционирования воздуха, а допустимые параметры - обычными системами вентиляции и отопления. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха помещений проектируется в соответствии с требованиями СП 60.13330.2016 [174].

Параметры микроклимата согласно СанПиН 2.2.4.548-96 [157] приведены в табл. 48. В течение смены при обеспечении оптимальных величин микроклимата на рабочих местах параметры не должны выходить за пределы указанных значений, указанных в таблице.

Таблица 48 – Оптимальные нормы микроклимата в рабочей зоне [157]

Сезон года	Категория работ	Температура, °С	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/сек
Холодный	Іб	21 - 23	60-40	0,2
Теплый	Іб	22 - 24	60-40	0,3

Для поддержания оптимальных значений микроклимата используется система отопления и кондиционирования воздуха, для повышения влажности воздуха в помещении следует применять увлажнители воздуха с дистиллированной или кипяченой питьевой водой, а также не забывать про проветривания помещения во время перерывов.

#### *Превышение уровня шума*

Как уже говорилось выше, шум ухудшает условия труда, оказывает вредное воздействие на организм человека – затрудняет разборчивость речи, вызывает необратимые изменения в органах слуха человека, повышает утомляемость. В данном случае шум может создаваться работающим оборудованием (установками воздуха (воздуходувка), преобразователями напряжения). Предельно допустимые значения, характеризующие шум, регламентируются в СанПиН 2.2.4/2.1.8.562-96 [158] и представлены в табл.49 в лаборатории для теоретических работ и обработки данных.

Таблица 49 – Допустимые уровни звукового давления и эквивалентного уровня звука [158]

Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука и эквивалентные уровни звука дБа
31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
86	71	61	54	49	45	42	40	38	50

Защита от шума должна достигаться разработкой шумобезопасной техники, применением средств и методов коллективной защиты и индивидуальной защиты, а также

строительноакустическими методами . Основные мероприятия по борьбе с шумом: экранирование шума преградами, использование средств индивидуальной защиты против шума (ушные вкладыши, наушники и шлемофоны) согласно ГОСТ 12.1.029-80 [26].

#### *Недостаточная освещенность рабочей зоны*

Освещение рабочих мест внутри помещения характеризуется освещенностью и яркостью. Рабочее место при камеральных работах, как правило должно быть оборудовано совместным освещением. Искусственное освещение обеспечивается электрическими источниками света и применяется для работы в темное время суток, а днем при недостаточном естественном освещении. Источниками света при искусственном освещении являются газоразрядные лампы низкого и высокого давления и лампы накаливания.

Нормирование освещенности производится в соответствии с межотраслевыми нормами и правилами СП 52.13330.2016 [173] – требования к освещенности в помещениях, где установлены компьютерное оборудование, следующие: при выполнении зрительных работ высокой точности общая освещенность должна составлять 300лк, а комбинированная – 750лк; аналогичные требования при выполнении работ средней точности – 200 и 300лк соответственно. Рекомендуемая освещённость для работы с экраном дисплея составляет 200 лк, а при работе с экраном в сочетании с работой над документами – 400 лк [153] .

Согласно СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 [153] в табл.50 представлены нормируемые количественные и качественные параметры освещения.

Таблица 50 – Нормируемые параметры естественного и искусственного освещения для кабинета информатики и вычислительной техники [153]

Рабочая поверхность и плоскость нормирования и высота плоскости над полом, м	Естественное		Совмещенное		Искусственное				
	КЕО $\epsilon_n$ , %		КЕО $\epsilon_n$ , %		Освещенность, лк			М*	Кп*
	**	***	**	***	при комбинированном		при общем		
					всего	от общего			
Горизонтальная - 0,8	3,5	1,2	2,1	0,7	500	300	400	15	10
Экран дисплея: Вертикальная-1	_*	-	-	-	-	-	200	-	-

Примечание: \* – прочерки в таблице означают отсутствие предъявляемых требований; \*\* – при верхнем или комбинированном; \*\*\*– при боковом; М\* – Показатель дискомфорта; Кп\* – коэффициент пульсации освещенности.

В помещении используются люминесцентные лампы общего освещения, на столах применяются светильники - показатели освещенности находятся в норме. Для

поддержания нормативных значений освещенности в помещениях следует проводить чистку стекол оконных проемов и светильников не реже двух раз в год и проводить своевременную замену перегоревших ламп.

#### *Превышение уровня электромагнитных излучений*

Источником электромагнитного и ионизирующего излучения в помещении является ПЭВМ (компьютер). Наибольшую опасность для здоровья пользователя компьютера представляет электромагнитное излучение монитора, что является причиной появления в пространстве перед дисплеем электростатического, а вокруг дисплея – электромагнитного поля, спектральные составляющие которого сосредоточены в диапазоне частот 5 Гц – 400 кГц.

Предельно допустимые уровни ионизирующего облучения в диапазоне радиочастот определяются ГОСТ 12.1.006-84 [24], безопасные уровни излучений регламентируются СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [154]. Согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [154] в табл. 51 показаны допустимые значения параметров неионизирующих электромагнитных излучений.

Таблица 51 – Допустимые значения параметров неионизирующих электромагнитных излучений [154]

Наименование параметров		Уровни электромагнитных полей
Напряженность электрического поля	в диапазоне частот 5 Гц - 2 кГц м	25 В/м
	в диапазоне частот 2 кГц-400 кГц	2,5 В/м
Плотность магнитного потока	в диапазоне частот 5 Гц-2 кГц	250 нТл
	в диапазоне частот 2 кГц-400 кГц	25 нТл
Электростатический потенциал экрана видеомонитора		500 В

Основными методами защиты от электромагнитных излучений являются рациональное размещение излучающих объектов, ограничение места и времени нахождения работающих в электромагнитном поле, защита расстоянием, т.е. удаление рабочего места от источника излучений.

#### *Электрический ток*

Работа проводилась с использованием портативного персонального компьютера. Поэтому необходимо обеспечить электробезопасность – система организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту людей от вредного и опасного воздействия электрического тока, электрической дуги, электромагнитного поля и статического электричества [27]. Опасность поражения людей электрическим током появляется при несоблюдении мер безопасности, а также при отказе или неисправности

электрического оборудования. В данном случае существует опасность электрического поражения в следующих случаях: при непосредственном соприкосновении с токоведущими частями во время ремонта ПК; при соприкосновении с токоведущими частями, оказавшимися под напряжением; при соприкосновении с полом, стенами, оказавшимися под напряжением. Имеется опасность короткого замыкания.

Безопасность при работе с электроустановками регламентирована ГОСТ 12.1.019-2017 [25], правилами эксплуатации электроустановок [136], ГОСТ 12.1.030-81 [27] и ГОСТ 12.1.038–82[28].

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

Перед началом работы необходимо проверить исправность заземления, включить рубильник, электрическое питание компьютера, на котором планируется выполнение работы. Оборудование должно иметь изоляцию токопроводящих частей.

Применение защитных мероприятий регламентируется правилами устройства электроустановок [136] и правилами по охране труда при эксплуатации электроустановок [134]. В этих документах приведены требования к персоналу, производящему работы в электроустановках, определены порядок и условия производства работ, рассмотрены организационные и технические мероприятия, обеспечивающие безопасность работ.

Наиболее простыми и достаточно эффективными средствами защиты являются заземление или зануление. В здании система питания осуществляется через трехфазное напряжение с глухо-заземленной нейтралью, существует контур заземления.

#### *Пожароопасность*

Источниками возгорания могут быть электрические схемы от ПЭВМ, приборы, применяемые для технического обслуживания, устройства электропитания, кондиционирования воздуха, где в результате различных нарушений образуются перегретые элементы, электрические искры и дуги, способные вызвать возгорание горючих материалов. Для отвода избыточной теплоты в ПК существуют системы вентиляции и кондиционирования воздуха.

Пожарная безопасность в помещении регламентируется СП 112.13330.2011 [166] и ГОСТ 12.1.004-91 [22]. Помещение для работы по пожарной и взрывной опасности относится к категории Г (умеренная пожароопасность) согласно СП 12.13130.2009 [168]. Пожарная безопасность обеспечивается системой предотвращения пожара и системой

пожарной защиты. В помещениях обязательно должен быть «План эвакуации людей при пожаре», регламентирующий действия персонала в случае возникновения очага возгорания и указывающий места расположения пожарной техники. Основные средства пожаротушения электроустановок под напряжением являются хладоны, порошки, диоксид углерода. Пожарный датчик, расположенный в помещении, реагирует на появление дыма (дымовой извещатель).

### 8.3 Экологическая безопасность

Оврагообразование – представляет собой сложный рельефообразующий процесс, связанный с поверхностным размывом почв временными потоками талых и дождевых вод. Процесс развития эрозии одновременно с аккумулятивным процессом создает характерные морфометрические особенности оврага. Овражная эрозия сокращает площади «удобных» земель и увеличивает дробности их контуров, уничтожает коммуникации, разрушает коммунальные и хозяйственные объекты, а выносы из оврагов заносит плодородные земли, вызывают заиление малых рек и способствуют обмелению средних и больших рек, что и говорит о необходимости ведения мониторинга за оврагами. Сам же мониторинг овражной эрозии не оказывает влияния на окружающую среду. Поэтому целесообразно указать вред от самого процесса, за которым идет мониторинг (табл.52.)

Таблица 52 – Вредные воздействия на окружающую среду и природоохранные мероприятия при овражной эрозии

Природные ресурсы	Вредные воздействия	Природоохранные мероприятия
Литосфера	Уничтожение и повреждение почвенного слоя, сельхозугодий и других земель	Рекультивация земель; Фитомелиорация; Непосредственно в оврагах производится выполаживание и террасирование склонов, а также их засыпка
	Использование оврагов как свалок мусора, загрязняющих и других веществ	Не складировать и не использовать овраги, как мусорки
	Образование оползней по бортам оврагов	Отвод или рассредоточение водных потоков, поступающих в вершину или отвершки оврагов
Гидросфера	Вынос из оврагов продуктов размыва, а также мусора, загрязняющих и др. веществ в реки и водоемы	Планирование водосборного бассейна оврага с учетом устройства водоотводящих и водосборных сооружений;

	Подтопление подвалов, других подземных частей объектов при засыпке оврагов	Строительство земляных валов и валов-кулис в вершинах оврагов, простейших гидротехнических сооружений для рассеивания стока на склонах; Расчет сбросных труб на расходы поступающего в овраг ливневого и талого стока на 1%-ю вероятность превышения
--	----------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Основным направлением в профилактике овражной эрозии на выявленных овражных участках является рациональное использование приемов по задержанию стока с водосборов, размещение площадей или трасс проектируемого освоения с заблаговременным проведением защитных мероприятий на наиболее угрожаемых участках.

#### **8.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

Рабочий персонал должен быть подготовлен к проведению работ таким образом, чтобы возникновение аварий, стихийных бедствий не вызвало замешательства и трагических последствий. В условиях рабочего помещения при работе на ПЭВМ возможно возникновение пожара и поражение электрическим током, при мониторинге возможны несчастные случаи.

*О несчастном случае* пострадавший или очевидец обязан немедленно поставить в известность начальника, который должен организовать первую помощь пострадавшему и вызвать врача. Рабочий персонал должен быть подготовлен к оказанию первой медицинской помощи и иметь все необходимое для ее оказания, согласно принятой на фирме инструкции по безопасности, чтобы избежать замешательства и трагических последствий

*При поражении электрическим током* одним из ключевых моментов при оказании первой помощи является немедленное выключение электрического тока, для этого нужно отключить ток (поворот рубильника, выключателя, пробки), отвести электрические провод от пострадавшего, затем соединить между собой два токоведущих провода, и сразу же вызвать скорую помощь.

*Пожарная безопасность* зданий должна обеспечиваться системами предотвращения пожара и противопожарной защиты, в том числе организационно-техническими мероприятиями [22]. Здания должны иметь системы пожарной безопасности, направленные на предотвращение воздействия на людей опасных факторов пожара, в том числе их вторичных проявлений. Также в зданиях необходимо предусмотреть технические средства (лестничные клетки, противопожарные стены, лифты, наружные пожарные лестницы, аварийные люки и т.п.), имеющие устойчивость

при пожаре и огнестойкость конструкций не менее времени, необходимого для спасения людей при пожаре, и расчетного времени тушения пожара.

За невыполнение требований по вопросам предупреждения ЧС, защиты персонала и материальных ценностей от ЧС работники отдела могут привлекаться к материальной и административной ответственности. Для уменьшения риска возникновения пожара в рабочем помещении необходимо систематически проверять целостность изоляционных покрытий электрических проводов, а также курить только в специально отведенных местах и несомненно проводить раз в год инструктаж по пожарной безопасности.

### **Выводы**

Само по себе исследование не оказывает прямого влияния на здоровье человека и загрязнение экологии. Но сам исследуемый процесс (овраги) оказывают прямое влияние на экологию. Камеральные и полевые (мониторинг) работы по большей части оказывают влияние на здоровье работника. В результате работы над разделом составлено обоснование мероприятий по техносферной и экологической безопасности, и предотвращению ЧС при выполнении комплекса работ по изучению гидрологических условий формирования оврагов.

Выявлены вредные и опасные факторы воздействия. Выявлено влияние овражной эрозии на человека, литосферу и гидросферу. Также разработан пункт о безопасности при возникновении ЧС и даны рекомендации по предотвращению и устранению их.

## Заключение

Процесс развития эрозии одновременно с аккумулятивным процессом создает характерные морфометрические особенности оврага, а количественная оценка интенсивности современной эрозии и аккумуляции важна для решения многих экологических проблем, в том числе гидрологических. На территории г. Томска процессы интенсивности современной эрозии и аккумуляции не особо изучены, а именно отсутствуют данные по водному и твердому стокам водосборов оврагов, что и определило цель работы – определение гидрологических условий формирования оврагов на территории г. Томска.

В результате работы установлено, что физико-географические условия данной территории благоприятны для развития эрозии почв и формированию оврагов. Ведущими факторами оврагообразования являются условия рельефа, климат, геологическое строение и растительный покров.

Разработана модель на основе уравнения Уишмейера и оценены ее параметры с использованием дистанционного зондирования земли для территории исследования. Для территории г. Томска смоделирован потенциальный ливневый смыв почвы и установлено, что интенсивность потенциального ливневого смыва на территории города изменяется от менее 0,5 до 10 и более т/га в год, на большей части не превышает 5 т/га. Средний смыв ливневыми водами достигает 15,1 т/га в год.

Разработана модель формирования водного и твердого стока водосборов оврагов. Для моделирования гидрологических условий формирования оврагов были выбраны водосборы оврагов в двух точках нашего опробования в Кировском районе г. Томска на ул. Киевской: водосбор №1 0,006 км<sup>2</sup>, водосбор №2 0,04 км<sup>2</sup>.

Получено, что преобладает дождевое питание (без учета подземного), слой стока водосбор №1 210 мм/год, слой стока водосбора №2 составляет 158 мм/год, а среднегодовые расходы 0,00004 и 0,0002 м<sup>3</sup>/с соответственно.

Максимальный сток половодья для водосборов оврагов составляет от 0,004 до 0,02 м<sup>3</sup>/с, максимальный сток дождевых паводков составляет от 0,008 до 0,05 м<sup>3</sup>/с, а минимальный сток зимней межени для водосборов составляет от 0,0005 до 0,004×10<sup>-3</sup> м<sup>3</sup>/с, для летне-осенней межени от 0,006 до 0,04×10<sup>-3</sup> м<sup>3</sup>/с. Суммарный сток взвешенных и влекомых наносов водосборов оврагов составляет от 54 до 557,6 г/м<sup>3</sup> или 1,08 до 69,7 кг/с, при этом сток влекомых наносов от 0,1 до 1,2 кг/с. При этом удельный расход взвешенных

наносов, оседающих на дно или поднимающихся вверх для водосбора оврага №1 составляет  $1 \text{ г/м}^3$ , для водосбора оврага №2  $-0,02 \text{ г/м}^3$ .

В опытных условиях при отборе дождевых вод получено следующее содержание взвешенных веществ в водном потоке для водосбора оврага №1 при объеме пробы 1 л получено содержание взвешенных веществ  $730 \pm 7 \text{ г/м}^3$ , для водосбора оврага №2 при объеме 0,4 л получено  $550 \pm 7 \text{ г/м}^3$ . В данном случае подтверждаются расчеты, так как выявлено, что в водосборе №2 происходит эрозия почвы, поэтому взвеси «в начале» наблюдается больше.

Полученные результаты по гидрологическим условиям формирования оврагов и ливневому смыву позволят в дальнейшем продолжить исследования в моделировании перехода от стока взвешенных и влекомых наносов к деформациям почвогрунтов в водосборах.

Проведение мониторинга за овражной эрозией, с целью изучения условий и активности проявления ее для своевременного выявления и прогнозирования их развития, влияющего на безопасное состояние геологической среды вызвано тем, что овраги разрушительно воздействуют на экологическое состояние населенных пунктов. Мониторинг осуществляется различными методами, а наблюдения проводят с периодичностью, определяемой активностью овражной эрозии и интенсивностью воздействия метеорологических, гидрологических и техногенных факторов. Необходимо организовать стационарные наблюдения, и проводить фиксацию линейного и площадного прироста оврагов, увеличения их в глубину. Замеры (наблюдения) проводить каждый месяц, а в дождливые месяцы дважды. При проектировании и создании противозерозионных средств необходим комплексный географический подход, то есть учет всех факторов, вызывающих эрозию на территории города в целом и в каждом отдельном случае.

### Список литературы

1. Алексеевский Н. И., Белозерова Е. В., Касимов Н. С., Чалов С. Р. Пространственная изменчивость характеристик стока взвешенных наносов в бассейне Селенги в период дождевых паводков// Вестник Московского университета. Серия 5. География. 2013. №3. — С. 60–65.
2. Ануфриев В.Е. Борьба с оползнями на городских территориях. М.: Изд-во Мин. Ком. хозяйства РСФСР. 1955.
3. Ануфриев В.Е. Городские гидротехнические сооружения. М.: Изд-во Мин. Ком. хозяйства РСФСР. 1957.
4. Атавин А.А. Современная и перспективная водно-ресурсная ситуация на р. Томи и ее водосборном бассейне // Обский вестник. 1999. №3-4. С. 62-68.
5. Бобровицкая Н.Н. Исследование и расчет смыва почв со склонов // Сборник работ по гидрологии. Л.: Гидрометеиздат. 1977. № 12.
6. Богданов П.Д. Землеустройство в природной зоне. Газета "тихоокеанская звезда". 1946. 5 мая.
7. Боголюбова И.В., Караушев А.В. Водная эрозия и сток наносов // Труды ГГИ. Л.: Гидрометеиздат. 1974. Вып. 210.
8. Бураков, Д. А, Маркова Е. Э. Эрозия почв: учебное пособие для студентов, обучающихся по направлению подготовки 280400 «Природообустройство» и по специальности 120301 «Землеустройство»//Красноярский ГАУ. - Красноярск, 2009. - 159 с.
9. Быков Д. Оползни г. Горького и борьба с ними // Труды I Всесоюз. оползн. совещания. М.-Л. 1935.
10. Варламов И.П. (ред) Геоморфология Западно-Сибирской равнины. Объяснительная записка к геоморфологической карте Западно-Сибирской равнины масштаба 1:1500000). Новосибирск: Западно-Сибирское книжное издательство, 1972. - 103 с.
11. ВЕГА-PRO спутниковый сервис анализа вегетации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://sci-vega.ru/maps/> (дата обращения 29.03.2019).
12. Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации– Мировой центр данных (ВНИИГМИ-МЦД). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://meteo.ru> (дата обращения 1.10.2018).

13. ВСН 01–73. Ведомственные строительные нормы. Указания по расчету стока наносов. – М.: Главгидрометслужба, 1974. – 29 с.
14. География овражной эрозии / Под ред. Е. Ф. Зориной. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 2006. — 324 с.
15. Геологическая карта СССР. Масштаб 1:1000000 (новая серия). Лист О-44, (45) (Томск). Объяснительная записка. ФГБУ «ВСЕГЕИ», 1988 г., редактор(ы): Шацкий С.Б.
16. Геологическое строение окрестностей г.Томска: учебное пособие / С.С. Гудымович, И.В. Рычкова, Э.Д. Рябчикова. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009. – 84 с.
17. Гидрогеология СССР. Том 16, Западно-Сибирская равнина (Тюменская, Омская, Новосибирская и Томская области) / Под ред. В. А. Нуднера – М.: Недра, 1970 – 368 с.
18. Гидрологическая характеристика. Ресурсы поверхностных вод [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://map.admin.tomsk.ru/pages/gp\\_pub/2tom/p0212.html](http://map.admin.tomsk.ru/pages/gp_pub/2tom/p0212.html) (дата обращения 29.03.2019).
19. Гидрологический ежегодник. – Т. 6, вып. 0–3. – Новосибирск: ГУГМС, Зап.-Сиб. УГМС, 1956–1978.
20. ГОСТ 12.0.003-2015 Межгосударственный стандарт. Система стандартов по безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
21. ГОСТ 12.1.003-2014. ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.
22. ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования.
23. ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
24. ГОСТ 12.1.006-84 ССБТ. Электромагнитные поля радиочастот. Общие требования безопасности.
25. ГОСТ 12.1.019-2017 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
26. ГОСТ 12.1.029-80 ССБТ. Средства и методы защиты от шума. Классификация.
27. ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление.
28. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов.
29. ГОСТ 12.4.011-89 ССБТ. Средства защиты работающих. Общие требования и классификация.

30. ГОСТ 17.1.5.04-81. Охрана природы (ССОП). Гидросфера. Приборы и устройства для отбора, первичной обработки и хранения проб природных вод. Общие технические условия (с Изменением N 1).
31. ГОСТ 17.1.5.05-85 Охрана природы (ССОП). Гидросфера. Общие требования к отбору проб поверхностных и морских вод, льда и атмосферных осадков.
32. ГОСТ 17.4.4.03–86. Охрана природы. Почвы. Метод определения потенциальной опасности эрозии под воздействием дождей.
33. ГОСТ 17.8.1.02–88. Охрана природы. Ландшафты. Классификация. Дата введения 01.07.1989. М.: Госстандарт СССР, 1988. – 5 с.
34. ГОСТ 19179-73. Гидрология суши. Термины и определения.
35. ГОСТ 27574-87 ССБТ. Костюмы женские для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий. Технические условия.
36. ГОСТ 27575-87. Костюмы мужские для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий. Технические условия.
37. ГОСТ 31861-2012 Вода. Общие требования к отбору проб.
38. ГОСТ Р 22.1.02-95 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Мониторинг и прогнозирование. Термины и определения.
39. ГОСТ Р 22.1.06-99. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Мониторинг и прогнозирование опасных геологических явлений и процессов. Общие требования.
40. ГОСТ Р 55710-2013 Освещение рабочих мест внутри зданий. Нормы и методы измерений.
41. Государственный доклад «О состоянии и охране окружающей среды Томской области в 2017 году» / глав. ред. Ю. В. Лунева ; редкол. : Ю. В. Лунева, Н. А. Чатурова ; сост. Н. А. Чатурова ; Департамент природных ресурсов и охраны окружающей среды Томской области, ОГБУ «Облкомприрода». — Томск : Дельтаплан, 2018. — 158 с.
42. Грингоф И. Г., Клещенко А. Д. Основы сельскохозяйственной метеорологии. Т. 1. Потребности сельскохозяйственных культур в агрометеорологических условиях и опасные для сельского хозяйственного производства погодные условия. Обнинск : ВНИИГМИ – МЦД, 2011. 808 с.
43. Гусев А.И. Геологическое строение и полезные ископаемые района г. Новосибирска. Томск. 1934.
44. Дик Н.Е., Лебедев В.Г., Соловьев А.И., Спиридонов А.И. Рельеф Москвы и Подмосковья. М. 1949.

45. Докучаев В.В. Способы образования речных долин Европейской России. М.: Изд-во АН СССР. Вып. 2. 1949; Докучаев В.В. Овраги и их значение // Труды Вольного экон. об-ва. Том 3. Вып. 2.СПб. 1877.
46. Дюкарев А.Г. Природные ресурсы Томской области // А.Г. Дюкарев, Ю.А. Львов. – Новосибирск: Западно-Сибирское книжное изд-во,1991. - 176 с.
47. Дюкарев А.Г., Пологова Н.Н. Почвенно-географическое районирование Томской области // Почвоведение. 2002. № 3. С. 282–294.
48. Евсеева Н. С. Растительность//География Томской области: Природные условия и ресурсы.- Томск, 2001.- С. 153-160.
49. Евсеева Н. С. Современные процессы рельефообразования юго-востока Западно-Сибирской равнины: автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора географических наук : 25.00.25. - Томск : [б. и.], 2006.
50. Евсеева Н.С. География Томской области . – Томск: Изд-во Томского государственного университета, 2001, 223 с.
51. Евсеева Н.С., Квасникова З.Н., Каширо М.А., Батманова А.С. Факторы развития и интенсивность ливневой эрозии на пашне Томь-Яйского междуречья //Известия Иркутского государственного университета. Серия: Науки о Земле. 2018. Т. 23. С. 51-63.
52. Евсеева Н.С., Квасникова З.Н., Каширо М.А., Батманова А.С., Алеев В.В. Смыв почвы талыми снеговыми водами на склонах (по материалам стационарных наблюдений в Томской области) //Геоморфология. 2016. № 1. С. 45-54.
53. Евсеева Н.С., Осинцева Н. В., Омарова К. И. и др Современные экзогенные процессы в техногенных отложениях бассейна р. Басандайки // Современные проблемы науки и образования: электронный научный журнал. 2012. № 4.
54. Евсеева Н.С., Осинцева Н.В., Квасникова З.Н. Плоскостная эрозия как фактор геоморфологического риска в бассейне нижнего течения р. Томи //География и природные ресурсы. 2012. № 3. С. 36-40.
55. Егоров Б.А. и др. Обобщение и анализ геологических, гидрогеологических, гидрогеологических и инженерно-геологических материалов по территории г. Томска с целью обоснования проведения картографирования масштаба 1:25000. Отчет, ОФ. ОАО «Томскгеомониторинг». Томск, 2001.-274 с.
56. Единый государственный реестр почвенных ресурсов России. Интернет-ресурс официальной поддержки ЕГРПР. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://infosoil.ru/reestr/> (дата обращения: 18.03.2019).

57. Ермолаев О. П., Алимжанович Ш. Е.. Потенциальная эрозия почв бассейна Р. Лена // Вестник Удмуртского университета. Серия «Биология. Науки о Земле». 2017. №4
58. Заславский М. Н. Эрозиоведение: Учебник для студентов географ, и почв. спец. вузов.— М.: Высш. шк. 1983.— 320 с.
59. Земцов А.А. География Томской области. Учеб. пособие. — Томск: ТУ, 1988. — 246 с.
60. Зорина Е.Ф., Никольская И.И., Прохорова С.Д. Оценка опасности оврагообразования //Геоморфология. 2002. № 2.
61. Иванчура А.Л., Нестеров А.В. Отчет Лагерносадской партии (оползневой станции) по работам 1983 – 1986 г.г. Томск, 1987.
62. Иванчура А.Л., Пономарева В.Д. Информационный отчет по теме «Выполнение работ по определению и разработке границ оползневых зон в границах городских и сельских поселений Томской области». Томск, 2004.
63. Инструкция по расчету гидрологических характеристик при проектировании противоэрозионных мероприятий на Европейской территории СССР . Л. ВСНОО-ОО. 1982.
64. Информационный бюллетень. Состояние геологической среды (недр) на территории Томской области в 2016 г. – Томск: АО «Томскгеомониторинг»– 174с.
65. Информационный бюллетень. Состояние геологической среды (недр) на территории Томской области в 2017 г.– Томск: ООО «Д-принт», 2018. – 178 с.
66. К. М. Беркович, Д. А. Вершинин, В. А. Земцов и др. Ледовый и русловой режим нижнего течения реки Томи// Эрозионные и русловые процессы : сборник трудов. М., 2015. Вып. 6. С. 183-198.
67. Каманин Л.Г. К геоморфологии оползневого побережья Днепра в г. Киеве // Изв. ВГО. 1936. Том 68. Вып. 4.
68. Каменсков Ю.И. Русловые и пойменные процессы. Томск: Изд-во Томск. ун-та. 1987.
69. Караушев А.В. Речная гидравлика. – Л.: Гидрометеиздат, 1969. – 416 с.
70. Караушев А.В. Теория и методы расчета речных наносов Л.: Гидрометеиздат, 1977. — 271с.
71. Карта дочетвертичных образований: О-(44),45 (Томск). Государственная геологическая карта СССР (новая серия). Карта дочетвертичных образований, масштаб: 1:1000000 , составлена: ФГБУ «ВСЕГЕИ», 1983 г., редактор(ы): Шацкий С.Б.
72. Керн Э.Э. Овраги, их закрепление, облесение и запруживание. СПб. 1894.

73. Кириллов М.В. Краткая характеристика истории формирования современных физико-географических условий в районе г. Красноярск. // Уч. зап. Краснояр. пед. ин-та. Том 8. 1957.
74. Киркби М.Д. Эрозия и окружающая среда. М.: Колос, 1984.
75. Киселев Д.В., Земцов В.А. Определение характерных расходов воды, наиболее интенсивно влияющих на процесс формирования речного русла (на примере рек Томской области) // Вестник Томск. ун-та. 2011. № 351.
76. Климов А.И. Смыв и размыв почвы на территории Читинской области // Материалы совещ. геогр. Сибири и дальнего Востока. Иркутск. 1959.
77. Кнауб Р.В. Географический анализ факторов поверхностного смыва и оценка современной эрозии на пахотных землях Томь-Яйского междуречья (в пределах Томской области): автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Томск, 2006. 11 с.
78. Косов Б.Ф. Географические исследования овражной эрозии в различных природных зонах СССР // Методы географ. исследований. М.: Географгиз. 1960.
79. Косов Б.Ф. Заметки об овражной эрозии в тундре, лесной зоне, лесостепи и в пустыне // Вопросы эрозии и смыва. М. : изд-во МГУ. 1962.
80. Косов Б.Ф. Овражная эрозия в зоне тундры // Науч. доклады высшей школы. Геолого-географ. науки. 1959. №1.
81. Косов Б.Ф., Константинова Г.С. Комплексная карта овражности равнинной территории СССР // Геоморфология. 1973. № 3.
82. Косова Л.С. Природа города Томска. Учеб. пособие. - Томск: ТГУ, 1999. - 115с.
83. Косова Л.С. Рельеф и антропогенные отложения в черте г. Томска // География и природные ресурсы. 1992. № 1. С. 156–160.
84. Крепша Н.В. Закономерности техногенных изменений компонентов геологической среды территории г. Томска // Основные проблемы охраны геологической среды. – Томск: Изд-во Томского гос. ун-та, 1995. – С. 37 – 40.
85. Кузин П.С., Бабкин В.И. Географические закономерности гидрологического режима рек. – Л.: Гидрометеиздат, 1979. – 200 с.
86. Кузнецов М. С. Географическое исследование овражной эрозии // Вестник Московского университета. Серия 5: География. — 1990.
87. Лавров В.В. Четвертичная история и морфология СевероТургайской равнины. Алма-Ата. 1948.
88. Ларионов Г. А. Эрозия и дефляция почв: основные закономерности и количественные оценки. — Издательство МГУ Москва, 1993. — 200 с.

89. Лидов В.П. Процессы водной эрозии в зоне дерновоподзолистых почв. М.: Изд-во МГУ. 1981.
90. Лисецкий Ф.Н., Светличный А.А., Черный С.Г. Современные проблемы эрозиоведения. Белгород: Константа, 2012. 456 с.
91. Лисицына К.Н. Изучение стока наносов в первичной гидрографической сети // Труды ГГИ. 1963. Вып. 100.
92. Литвин Л. Ф. География эрозии почв сельскохозяйственных земель России. — М.: ИКЦ «Академкнига», 2002. — 255 с.
93. Личков Б.А. Допитания про режим эсувовых явниц в районе разштатування м. Кыива и його околиць // Геолог. журнал АН СССР. 1938. Вып. 4.
94. Льготин В. А., Макушин Ю. В., Егоров Б. А. Мониторинг экзогенных геологических процессов на территории СФО //Разведка и охрана недр – Москва, 2007. - №7. – С. 41–45.
95. Льготин В.А., Савичев О.Г., Нигороженко В.Я. Состояние поверхностных водных объектов, водохозяйственных систем и сооружений на территории Томской области в 2000-2005 гг. – Томск: ОАО «Томскгеомониторинг», «АГРАФ-ПРЕСС», 2006. – 88 с.
96. Маккавеев Н.И. Русло реки и эрозия в ее бассейне. М.: Географический фак-т МГУ, 2003. 355 с.
97. Маккавеев Н.И. Русло реки и эрозия в ее бассейне. М.: Изд-во АН СССР. 1955.
98. Матвеев Н.П. Изучение овражной эрозии на модели // Природа и природные процессы на территории Подмосковья. М. 1973.
99. Международное руководство по методам расчета основных гидрологических характеристик. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 247 с
100. Методические рекомендации по определению расчетных гидрологических характеристик при отсутствии данных гидрометрических наблюдений. Государственный гидрологический институт. – СПб.: Нестор-История, 2009. – 193 с.
101. Методические указания по составлению крупномасштабных карт эрозионноопасных земель для обоснования почвозащитных мер при внутривладельческом землеустройстве / Г.А. Ларионов, С.Ф. Краснов, Л.Ф. Литвин и др. М.: Фонды Росземпроект. 1996. 47 с.
102. Миронова Е.А., Сетунская Л.Е. Некоторые результаты изучения интенсивности роста оврагов на Приволжской возвышенности // Геоморфология. 1974. № 3.

- 103.Миронова Е.А., Сетунская Л.Е. О динамике роста оврагов на юге Ульяновской области // Землеведение. 1977. № 12/52.
- 104.Мониторинг русловых деформаций р. Томи в пределах Томской области (отчет по государственному контракту №05-70-350/В19.13 от 26.05.2005 г.).
- 105.Назаров Н.Н. Овражная эрозия в Прикамье. Пермь: Изд-во ПГУ, 1992.
- 106.Налоговый кодекс Российской Федерации (часть вторая).
- 107.Научно-прикладной справочник по климату СССР. Серия 3. Многолетние данные. Части 1-6. Выпуск 20
- 108.Невидимова О. Г., Янкович Е. П.. Климатические условия развития гелиоэнергетики на территории Западной Сибири // Современные проблемы науки и образования. — 2015. — № 1. — [7 с.].
- 109.Непряхин Е.М. Почвы Томской области. Томск: Изд-во Томск, ун-та, 1977.- 439с.
- 110.Нефедова Е.А., Хмелева Н.В. Изучение эрозионных форм рельефа экспериментальным методом // Труды ин-та географ. АН СССР. 1956. Том.68.
- 111.Никитенко Ф.А. Овраги района Новосибирска // Изв. ВГО. Том 91. 1959. Вып. 4.
- 112.Овражная эрозия / под ред. проф. Р.С. Чалова. М.: Изд-во МГУ. 1989.
- 113.Ольховатенко В. Е., Лазарев В. М., Филимонова И. С. Геоэкологические условия территории г. Томска и их влияние на городскую застройку // Вестник МГСУ – Москва, 2012. - №4. – С. 131 – 139.
- 114.Ольховатенко, В.Е. Геоэкологическая оценка и прогноз осадок грунтовых толщ при длительном водопонижении на оползнеопасной территории Лагерного сада г. Томска [Текст] : монография / В.Е. Ольховатенко, Н.А. Чернышова, А.А. Краевский. – Томск : Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2013. – 124 с.
- 115.Орлов В.И. Некоторые данные об оврагах Западно-Сибирской низменности // Географ. сб. М. 1958. Вып. X.
- 116.Осинцева Н. В. Оценка эрозионной опасности рельефа территории г. Томска // Вопросы географии Сибири: [сборник статей]. Томск, 2003. Вып. 25. С. 56-66.
- 117.Осинцева Н.В. Природные условия развития овражной эрозии на территории г. Томска // География и природопользование Сибири: Сборник статей. Барнаул: Изд-во Алт. Гос. ун-та, 2002. С. 126–137.

- 118.Осинцева Н.В. Физико-географические факторы развития овражной эрозии городских земель (на примере г. Томска): Автореф. дис. ...канд. геогр. наук. Томск, 2001. 24 с.
- 119.Осинцева Н.В., Евсеева Н.С. О возрасте и скоростях роста оврагов г. Томска и его окрестностей // Проблемы географии на рубеже XXI века: Материалы Всероссийской науч. конф., 24-26 февраля 2000 г. — Томск, 2000. — С. 138-140.
- 120.Осинцева Н.В., Евсеева Н.С. Типы техногенных отложений на территории г. Томска и их геоэкологические аспекты // Вестн. Том. гос. ун-та. 2012. №361.
- 121.Осинцева Н.В., Квасникова З.Н., Евсеева Н.С. Риск развития эрозионных процессов на западном склоне Томь-Яйского междуречья //ГИПР. 2014. № 2. С. 86-90.
- 122.Официальный портал муниципального образования «Город Томск». [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.admin.tomsk.ru> ( дата обращения 12.02.2018).
- 123.Официальный сайт Сибирский региональный центр ГМСН, филиал ФГБУ «Гидроспецгеология».[Электронный ресурс]. – Режим доступа: [sfo.geomonitoring.ru/](http://sfo.geomonitoring.ru/) (дата обращения 17.03.2019).
- 124.Парначев В. П. Геология и полезные ископаемые окрестностей города Томска : материалы к полевой геологической экскурсии : справочное пособие. - Томск : Том. гос. ун-т, 2010.
- 125.Пасечник Е.Ю. Эколого-геохимическое состояние природных вод территории города Томска (правобережной части реки Томи): автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук: спец. 25.00.36 /Е.Ю. Пасечник; Томский политехнический университет (ТПУ); науч. рук. С.Л. Шварцев. – Томск: Б.и., 2010. – 23 с.
- 126.Петрова Н.И. К вопросу о происхождении оврагов на территории города Новосибирска и его окрестностей // Уч. зап. Новосиб. пед. инта. 1958. Том 14.
- 127.Письмо Минстроя России от 5.03.2019 г. № 7581-ДВ/09 «О рекомендуемой величине прогнозных индексов изменения сметной стоимости строительства в I квартале 2019 года, в том числе величине прогнозных индексов изменения сметной стоимости строительно-монтажных работ, прогнозных индексов изменения сметной стоимости пусконаладочных работ, прогнозных индексов изменения сметной стоимости проектных и изыскательских работ».

128.Пособие к СНиП 2.05.03–84 «Мосты и трубы» по изысканиям и проектированию железнодорожных и автодорожных мостовых переходов через водотоки (ПМП-91). – М.: ГУПиКС, 1992. – 374 с.

129.Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик / под ред. А.В. Рождественского и А.Г. Лобановой. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 448 с.

130.Почвенная карта РСФСР (оцифрованный оригинал одноименной Почвенной карты) / Под ред. В.М. Фридланда. Масштаб 1:2 500 000. М.: ГУГК, 1988; Единый государственный реестр почвенных ресурсов России. Версия 1.0. М.: Почвенный ин-т им. В.В. Докучаева Россельхозакадемии, 2014. 768 с.

131.Правила по технике безопасности при производстве наблюдений и работ на сети Госкомгидромета. – Ленинград : Гидрометеиздат, 1983 – 217 с.

132.Преображенский В.С., Фадеева Н.В., Мухина Л.И., Томилов Г.М. Типы местности и природное районирование Бурятской АССР. М. 1959.

133.Приказ Минздрава России от 21.03.2014 N 125н «Об утверждении национального календаря профилактических прививок и календаря профилактических прививок по эпидемическим показаниям»(ред. от 19.02.2019).

134.Приказ Минтруда России от 24.07.2013 N 328н (ред. от 15.11.2018) «Об утверждении Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок».

135.Приложение к решению Думы города Томска «Генеральный план города Томска» от 27.11.2007 № 687.

136.ПУЭ «Правила устройства электроустановок», издание 6. – М.: Минэнерго РФ, 2000.

137.Радугин К.В. Новая серия четвертичных отложений близ г. Томска // Труды Томского ун-та. Том 133. 1956.

138.РД 52.24.468-2005. Взвешенные вещества и общее содержание примесей в водах. Методика выполнения измерений массовой концентрации гравиметрическим методом. (утв. Росгидрометом 15.06.2005).

139.Ресурсы поверхностных вод СССР. Основные гидрологические характеристики. Алтай и Западная Сибирь. Средняя Обь / под ред. Е. П. Шурупа. – Л.: Гидрометеиздат, 1966. – Т. 15, вып. 2. – С. 84–105.

140.Ресурсы поверхностных вод СССР. Т.15. Вып.2. Алтай и Западная Сибирь. – Л.: Гидрометеиздат, 1972. – 408 с.

141.Рождественская Л.А. Оврагообразование на территории г. Томска // Природа Томской области и ее охрана. – 1965. – Вып. 2. – С. 96 – 103.

- 142.Рожков А.Г. Борьба с оврагами.– М.: Колос.—1981.–190 с.
- 143.Рожков А.Г. Борьба с оврагообразованием в СССР и за рубежом. М.: 1975.
- 144.Рожков А.Г. Интенсивность роста оврагов в Молдавии // Эрозия почв и русловые процессы. Вып. 3. М.: Изд-во МГУ. 1973.
- 145.Рожков А.Г. Некоторые вопросы изучения овражной эрозии и борьба с ней // Вопросы эрозии и повышения продуктивности склоновых земель Молдавии. -Кишинев: Картя Молдовеняскэ, 1968. - Т. 5. - С. 180 – 188.
- 146.Руководство по определению гидрографических характеристик картометрическим способом. Л.: Гидрометеиздат, 1986.
- 147.Рыжов Ю. В. Эрозионно-аккумулятивные процессы в бассейнах малых рек юга Восточной Сибири // География и природные ресурсы. — 2009. — № 3. — С.94–101.
- 148.Рысин И.И. Овражная эрозия в Удмуртии. Ижевск: Изд-во Удмуртск. ун-та. 1998.
- 149.Рычагов Г.И. Общая геоморфология. – М.: МГУ, 2006. – 416 с.
- 150.Савичев О.Г. Водные ресурсы Томской области. Томск.: Изд-во Том. политех. ун-та, 2010. 248 с.
- 151.Савичев О.Г. Реки Томской области. Состояние, использование, охрана. Томск, Изд-во ТПУ, 2003г., 201 с.
- 152.Савичев О.Г. Сток влекомых наносов реки Томь (Западная Сибирь) // Известия Томского политехн. университета. – 2007. – Т. 310. – № 3. – С. 22–25.
- 153.СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещённому освещению жилых и общественных зданий.
- 154.СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы» (с изменениями на 21 июня 2016 года).
- 155.СанПиН 2.2.2/2.4.1340–03. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы.
- 156.СанПиН 2.2.4.3359-16.Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах.
- 157.СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
- 158.СанПиН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки.

- 159.Симонов Ю.Г. Системный анализ в геоморфологии: основные проблемы и некоторые результаты // Системный подход в геоморфологии. М. 198.
- 160.Скородумов А.С. Эрозия почв и борьба с ней. М.-Киев. 1955.
- 161.Сморкалова А.Г. Интенсивность и продолжительность дождей над юго-востоком Западной Сибири // Вопросы геологии и географии. - Томск, 1972.-С. 219-221.
- 162.Сморкалова А.Г. Продолжительность и интенсивность дождей в летний период в Томской области // Вопросы прикладной климатологии и охрана внешней среды. - М., 1977.- С. 69-73.
- 163.СНиП 12-03–2001. Безопасность труда в строительстве. Часть I. Общие требования : утв. постановлением Госстроя России от 23.07.2001 № 80. – Москва : Госстрой России, 2001. – 49 с.
- 164.Соболев С.С. Развитие эрозионных процессов на территории Европейской части СССР и борьба с ними. М.: Изд-во АН СССР. 1948. Т. 1.
- 165.Солонько В., Шамсудинов В. На борьбу с оврагами. Газета "Забайкальский рабочий" Чита. 1958. 10 сентября.
- 166.СП 112.13330.2011. Пожарная безопасность зданий и сооружений. СНиП 21-01-97.
- 167.СП 116.13330.2012. Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов.
- 168.СП 12.13130.2009. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности (с Изменением N 1).
- 169.СП 131.13330.2012.Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99(с Изменением N 2).
- 170.СП 3.1.3.2352-08. Профилактика клещевого энцефалита.
- 171.СП 32.13330.2012 Канализация. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.04.03-85 (с Изменениями N 1, 2).
- 172.СП 33-101-2003.Свод правил по проектированию и строительству. Определение основных расчетных гидрологических характеристик.–М.: Госстрой России, 2004.–72 с.
- 173.СП 52.13330.2016. Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95.
- 174.СП 60.13330.2016. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Актуализированная редакция СНиП 41-01-2003.

175. Спиридонов А.И. Изучение водной эрозии и денудации в лаборатории // Почвоведение. No 3.1951. С.167–173.
176. Справочник базовых цен на инженерно-геологические и инженерно-экологические изыскания для строительства. – М.: Госстрой России, 2000.
177. Справочник базовых цен на инженерные изыскания для строительства. Инженерно-гидрографические работы. Инженерно-гидрометеорологические изыскания на реках. – М.: Госстрой России, 2000.
178. Страментов А.Е., Бутягин В.А. Планировка и благоустройство городов. М. 1956.
179. Страментов А.Е. Инженерные вопросы планировки городов. М. 1955.
180. Строкова Л. А. Состав и свойства покровных отложений Томского Приобья // Обский вестн. — 1999. — № 1–2. — С. 122–127
181. Сурмач Г.П. Водная эрозия и борьба с ней. Л. 1976.
182. Территориальный орган федеральной службы государственной статистики по Томской области. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://tmsk.gks.ru> (дата обращения 15.02.2019).
183. Тимофеев Д.А. Терминология флювиальной геоморфологии : Материалы по геоморфол. терминологии. [Словарь-справочник]. - М. : Наука, 1981. - 268 с.
184. Титов В.И. Овраги и меры борьбы с ними (на примере Стрелецкого района Курской области // Уч. зап. Курского пед ин-та. 1958. Вып. 10.
185. Тихомиров Б.А. Явления эрозии в Арктике в связи с растительным покровом // Проблемы Арктики. Л.-М. 1948.
186. Трепетцов Е.В. Развитие оврагов Приобья // Почвоведение. 1958. № 5.
187. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 01.04.2019).
188. Федеральный закон от 22.07.2013 г. №123 «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».
189. Федеральный закон от 24.07.1998г. №125 «Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний».
190. Чалов Р.С. Географические исследования русловых процессов. М.: Изд-во Моск. ун-та. 1979.
191. Чалов Р.С., Лю Шугуан., Алексеевский Н.И. Сток наносов и русловые процессы на больших реках России и Китая. М.: Изд-во МГУ. 2000.

192. Чалов С. Р. Оценка баланса речных наносов крупных речных бассейнов // Маккавеевские чтения. — 2017. — С. 63–74.
193. Чалов С. Р., Базилова В. О., Тарасов М. К. Баланс взвешенных наносов в дельте Селенги в конце хх-начале ххi века: моделирование по данным снимков landsat // Водные ресурсы. — 2017. — Т. 44, № 3. — С. 1–8.
194. Чалов С. Р., Цыпленков А. С. Сток наносов малых рек районов современного вулканизма (р. Сухая Елизовская, Камчатка) // Геоморфология. — 2017. — № 1. — С. 104–116.
195. Чалов С.Р., Гречушникова М. Г., Варенцов М. И., Касимов Н. С.. Современная и прогнозная оценка стока воды и наносов реки Селенги// География и природные ресурсы. — 2016. — № 5. — С. 39–48.
196. Чалов С.Р., Фролова Н.Л., Зотов Л.В., Айбулатов Д.Н.. Современные возможности использования методов дистанционного зондирования для получения информации о водных объектах// Земля из космоса — наиболее эффективные решения. — 2015. — С. 34–37.
197. Шамов Г.И. Речные наносы. Режим, расчеты и методы измерений / Г.И. Шамов. – Ленинград : Гидрометеиздат, 1954. – 345 с.
198. Швец Г.И. Теоретические основы эрозиоведения. Киев, Одесса: Вища школа. 1981.
199. Щербак Г.Г., Учебная инженерно-геологическая практика. Учебное пособие – Томск. Изд-во ТГАСУ, 2005. – 100 с.
200. Ястремская З.И. Особенности развития эрозионных процессов в Томской области // Вопросы географии Сибири. 1980. – Вып. 13. – С. 50 – 53.
201. Alekseevsky N.I., Berkovich K.M., Chalov R.S. Erosion, sediment transportation and accumulation in rivers // Int. J. of Sediment Research. 2008. Vol. 23. PP. 93-105.
202. ArcGIS. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://desktop.arcgis.com/ru/arcmap>(дата обращения: 18.03.2019).
203. Bettis A.E. Gully erosion // Iowa Geology. 1983. № 8. P. 12–15.
204. Bobrovitskaya N.N., Kokorev A.V., Lemeshko N.A. Regional patterns in recent trends in sediment yields of Eurasian and Siberian rivers. Elsevier, Global and Planetary Change 39, 2003, p.127-146.
205. Brice J.B. Erosion and deposition in the loessmantled Great Planis, Medic Creek drainage basin, Nebraska // U.S. Geol. Surv. Profes. Paper. 1966. № 352 H. P. 235–339.

206. Chalov S. R., Pietro'n J., Nittrouer J. A. et al. Sedimentation patterns in the selenga river delta under changing hydroclimatic conditions// Hydrological Processes. — 2018. — Vol. 32, no. 2. — P. 278–292.
207. Chalov S. R., Shuguang L., Chalov R. S. et al. Environmental and human impacts on sediment transport of the largest asian rivers of russia and china// Environmental Earth Sciences. — 2018. — Vol. 77, no. 274. — P. 274–288.
208. Chalov S. R., Tsyplenkov A. S. Short-term dynamics of river water turbidity // Geography and tourism. — 2018. — Vol. 6, no. 1. — P. 7–14.
209. Dong T. Y., Nittrouer J. A., Czapiga M. J. et al. Roles of bank material in setting bankfull hydraulic geometry as informed by the selenga river delta // Water Resources Research. — 2018. — Vol. 54.
210. Ganasri B.P., and H. Ramesh. Assessment of soil erosion by RUSLE model using remote sensing and GIS - A case study of Nethravathi Basin Geoscience Frontiers, vol. 7, no.6, 2015.
211. Golosov V., Koiter A., Ivanov M., Maltsev K., Gusarov A., Sharifullin A., Radchenko I. Assessment of soil erosion rate trends in two agricultural regions of European Russia for the last 60 years//Journal of Soils and Sediments. - 2018. - Vol., Is.. - P.1-16.
212. Golosov V.N. Redistribution of sediments within small river catch-ments in the agricultural zone of Russia. Geomorphologie: Relief, Processus, Environment 1:53–64, 1998.
213. Hydraulics and erosion in eroding rills / M. A. Nearing, L. D. Norton, D. A. Bulgakov et al. // Water Resources Research. — 1997. — Vol. 33. — P. 865–876.
214. L.C. Brown, G.R. Foster Storm erosivity using idealized intensity distributions. Trans. ASAE, 30, pp. 379-386, 1987.
215. Litvin L.F, Zorina Y.F, Sidorchuk A.Y, Chernov A.V, Golosov V.N. Erosion and sedimentation on the Russian Plain, part I: contemporary processes. Hydrol Process 17:3335–3346, 2003.
216. Panagos P, Borrelli P, Poesen J, Ballabio C, Lugato E, Meusburger K, Montanarella L, Alewell C. The new assessment of soil loss by water erosion in Europe. Environ Sci Pol 54:438–447, 2015.
217. Pham T.G., J. Degener, M. Kappas. Integrated universal soil loss equation (USLE) and Geographical Information System (GIS) for soil erosion estimation in A Sap basin: Central Vietnam International Soil and Water Conservation Research, N 6, pp. 99-110, 2018.

218.Poesen J., Nachtergale J., Verstraeten G., Valentine C. Gully erosion and environmental change: importance and research needs // *Catena*. — 2003. — Vol. 50. — P. 91–133.

219.Renard K. et al. Predicting soil erosion by water: a guide to conservation planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) // *Agric. Handb.* N 703. 404 p, 1997.

220.Syvitski J.P.M., Kettner A.J. Sediment flux and the Anthropocene // *Phil. Trans. of the Royal Society a Mathematical Physical and Engineering Sc.* 2011. Vol. 369. PP. 957-975.

221.USGS SRTM Topography [Электронный ресурс]. URL: [https://dds.cr.usgs.gov/srtm/version2\\_1/Documentation/SRTM\\_Topo.pdf](https://dds.cr.usgs.gov/srtm/version2_1/Documentation/SRTM_Topo.pdf).

222.Williams J.R. Sediment-yield prediction with universal equation using runoff energy factors // *Present and Prospective Technology for Predicting Sediment Yield and Sources*. 1975. ARS. S-40. P. 244–252.

223.Wischmeier, W.H. and Smith D.D. Predicting rainfall erosion losses. Admin. U.S. dept. Agr. Washington, D.C. Agriculture Hand-book. Sci. And Educ. N 357. 58 p, 1978.

Приложение А  
(обязательное)

UNIVERSAL SOIL LOSS EQUATION

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ВМ71	Черникова А.В.	<i>Черн</i>	30.05.18

Консультант – лингвист отделения иностранных языков ШБИП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Айкина Т. Ю.	к.ф.н.	<i>Т. Ю. Айкина</i>	30.05.18

Soil erosion is a worldwide phenomenon leading to degradation of agricultural land, increased runoff and decreased water availability to plants, also not unimportant the emergence of gullies and ruts and so on. Accelerated soil erosion is one of the most important processes driving the degradation of soil and water quality around the globe. The cause and extent of soil erosion are influenced by a number of factors including: soil erodibility, energy of the eroding agent (e.g., rainfall and overland flow), slope characteristics (e.g., gradient, length and form), cropping practices (e.g., crop rotation and tillage practices), and other conservation practices (e.g., terracing) (Wischmeier and Smith, 1978). Therefore, changes in any of these factors across the landscape and/or over time will result in a change in the timing, magnitude, and the spatial distribution of soil erosion rates [211].

The detailed evaluation of the soil erosion rate trends can be under-taken using different methods and approaches. The application of erosion models is widely used because it allows for an assessment of erosion rates to be made for different time windows and spatial scales [32,88, 210-219, 223].

Several soil erosion models exist with varying degrees of complexity – physical, conceptual, and empirical models. One of the most widely applied empirical models for assessing the sheet and rill erosion is the Universal Soil Loss Equation (USLE), developed by Wischmeier and Smith in 1965 [223]. This method predicts the long-term average annual rate of erosion on a field based on precipitation, topography, soil type, crop system and management practices. Agriculture Handbook 703 [219] is a guide to conservation planning with the RUSLE. Originally, USLE was developed mainly for soil erosion estimation in croplands or gently sloping topography. With its revised (RUSLE) and modified (MUSLE) versions [223, 88], USLE is still being used in a large number of studies on soil loss estimation. Other soil erosion models range in various degrees of complexity [211]. Using conventional methods to assess soil erosion risk is expensive and time consuming, so the integration of existing soil erosion models, field data and data provided by remote sensing technologies with GIS appears to be an asset for further studies.

Calculation of a sediment budget is a recognized approach for the quantitative assessment of sediment redistribution and the verification of erosion models [212]. This approach combines different methods and techniques for determining the different components of a sediment budget. Large-scale geomorphologic mapping can be used for the identification of the different types of slope, slope sub-catchments, and the other relief elements of the small catchments [211]. Using this information, it was then possible to calculate the areas affected by both erosion and sediment deposition. Soil losses can be evaluated using different methods, including GIS-based erosion

models and satellite image interpretation for the identification of land use and gully dynamics [210-211, 217].

The overall methodology using GIS is schematically represented in Fig. 27 [210]. There are five factors as input data for USLE model, and the resources for identifying their values are terrain data, rainfall, land use and, soil properties. These model variables are being introduced into GIS and related databases.

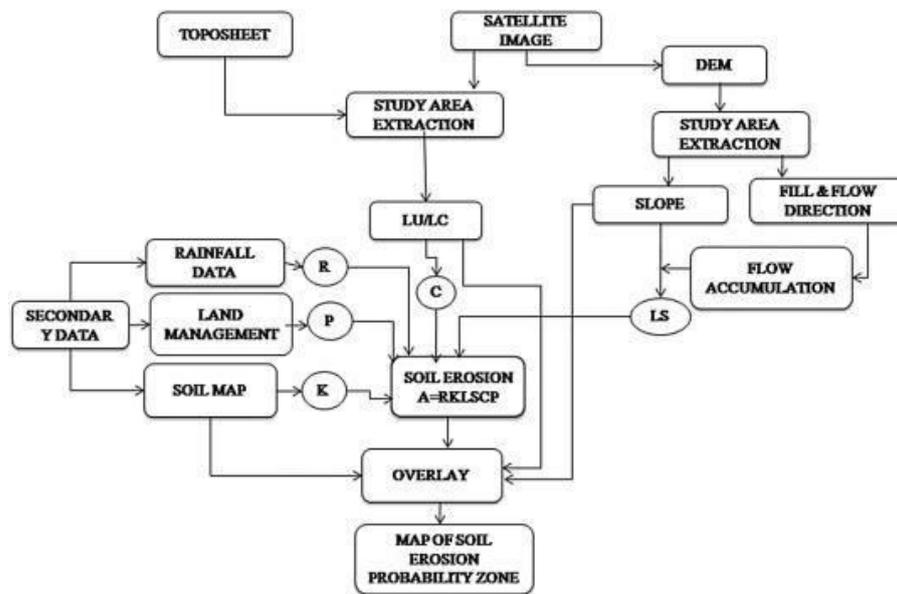


Figure 27 - Flow chart of methodology [210]

The southern part of European Russia is considered to be one of the most productive agricultural areas in Russia due to the high organic matter content and fertility of the soil. The largest area of cropland is located in the Russian Plain and, in particular, the forest–steppe and the southern parts of the forest ecotones. Last quantitative assessment of soil loss from croplands on the Russian Plain was done for the time window 1960–1980 [88, 215]. It was shown that erosion rates in cultivated lands ranged between 1 and 12 Mg ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup> with highest values in the uplands of the forest ecotone.

Considerable economic changes have occurred since the collapse of the Union of Soviet Socialist Republics in 1991 and land use and crop rotation changes in forest–steppe and southern part of the forest ecotones are evident. A quantitative assessment of the trends in soil erosion rates was undertaken for the entire area of the Russian Plain using a modified version of the Universal Soil Loss Equation (USLE) and the State Hydrological Institute (SHI) model [88] for determination of soil losses during periods of rain-fall and snowmelt, respectively. All parameters and characteristics included in modified version of USLE were recalculated and adapted for Russian conditions. The SHI is an empirical model based on monitoring data from surface runoff and soil losses during spring snow-melt (Larionov, 1993) [211]. The models were

modified for European Russia conditions [88], verified with measurements and showed good results [215]. GOST 17.4.4.03-86 is also used for assessment of rainfall erosion in Russia [32].

USLE model application is widespread among soil scientists, hydrologists, geomorphologists, agricultural engineers. Also its ease of application in GIS environment was used for the prediction of soil erosion. USLE model and its factors will be considered separately.

#### *The Universal Soil Loss Equation (USLE)*

It is a simple empirical model for predicting the long-term average annual soil loss with acceptable accuracy at the small river basin scale in different environments. Limitations of the USLE as a prediction model for evaluating soil loss from agricultural fields include the prediction of total soil loss without the following: differentiating between different erosional processes, including soil loss as a result of ephemeral gully formation, and accounting for sediment deposition [211].

The soil loss equation is [223]:  $A=R \times K \times L \times S \times C \times P$ ,

where A - is the computed soil loss per unit area, expressed in the units selected for K and for the period selected for R (tons per acre per year, but other units can be selected);

R - the rainfall and runoff factor;

K - the soil erodibility factor;

L - the slope-length factor;

S - the slope-steepness factor;

C - the cover and management factor;

P - the support practice factor.

Soil erosion prognosis can be defined as the assessment of actual versus potential soil erosion [88, 211-216]. Potential soil erosion can be predicted using the USLE model by excluding C and P factors from the equation i.e.  $A = R \times K \times LS$ .

#### *Rainfall and runoff factor (R)*

The rainfall erosivity factor is a major factor used to define the type of erosion caused by rainfall and runoff on soil surface of a specific location. R is an indication of the two most important characteristics of a storm determining its erosivity with amount of rainfall and peak intensity of each rainfall sustained over an extended period [210, 219, 223]. It is worth noting that the rainfall factor not include the erosive forces of runoff from thaw, snowmelt -  $R_s$  (Values for Thaw and Snowmelt).

Storm soil losses from cultivated fields are directly proportional to a rainstorm parameter, when factors other than rainfall are held constant and identified as the EI (defined below) [223]. The relation of soil loss to this parameter is linear, and its individual storm Values are directly

additive. *The rainfall erosion index* is the average annual total of the storm EI values in a particular locality.

The R-factor is the product of kinetic energy of a rainfall event (E) and its maximum 30-min intensity ( $I_{30}$ ) [214, 219, 223]:

$$R = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^{m_j} (EI_{30})_k,$$

where R is average annual rainfall erosivity ( $\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ ), n is the number of years covered by the data records;  $m_j$  is the number of erosive events of a given year j;  $EI_{30}$  is the rainfall erosivity index of a single event k.

For convenience of further calculation of erosion the calculated value is divided by 100.

The event erosivity  $EI_{30}$  ( $\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ) is defined as [214]:

$$EI_{30} = \sum_{r=1}^0 e_r \times V_r,$$

where  $e_r$  is the unit rainfall energy ( $\text{MJ ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ );  $v_r$  is the rainfall volume (mm) during a time period r;  $I_{30}$  is the maximum rainfall intensity during a 30-min period of the rainfall event ( $\text{mm h}^{-1}$ ).

Rainfall energy is directly related to rain intensity, because the energy of a given mass in motion is proportional to velocity-squared. The relationship is expressed by the equation [223]:

$$E = 916 + 331 \times \log_{10} I,$$

where E is kinetic energy in foot-tons per acre-inch; I is intensity in inches per hour.

A limit of 3 in/h is imposed on I by the finding that median drop size does not continue to increase when intensities exceed 3 in/h.

The unit rainfall energy ( $e_r$ ) is calculated for each time interval as follows [214]:

$$e_r = 0.291 [1 - 0.72 \exp(-0.05 i_r)],$$

where  $i_r$  is the rainfall intensity during the time interval ( $\text{mm h}^{-1}$ ).

A linear precipitation relationship would not account for peak losses in early spring because as the winter progresses, the soil becomes increasingly more erodible as the soil moisture profile is being filled the surface structure is being broken down by repeated freezing and thawing, and puddling and surface sealing are taking place [223]. In the meantime, the early spring erosion by runoff from snowmelt, thaw, or light rain on frozen soil may be included in the soil loss computations by adding a subfactor,  $R_s$  (*Values for Thaw and Snowmelt*), to the location's erosion index to obtain R. Investigations of limited data indicated that an estimate of  $R_s$  may be obtained by taking 1.5 times the local December-through-March precipitation, measured as inches of water.

As erosive potential melted erosion in domestic models is used a layer of snowmelt runoff.

For conditions in Vietnam, Nguyen [217] suggested a method to measure R factor based on annual precipitation by analyzing the rainfall data:

$$R=0.548257*P-59.9,$$

where P is the yearly precipitation (mm)

In the study [210] to calculate the R factor the following equation was used:

$$R=\sum 1121.735 \times 10^{(1.5 \log_{10}(P_i/P)-0.08188)},$$

where R is a rainfall erosivity factor ( $M_J \text{ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$  per year);  $P_i$  is monthly rainfall (mm); P is an annual rainfall (mm).

#### *Soil erodibility factor (K)*

The meaning of the term “soil erodibility” is distinctly different from that of the term “soil erosion”. The susceptibility of soil to erosion is dependent upon its soil erodibility factor which defines its ability to resist detachment and transport by falling rain drops and runoff alike. Different soils differ in their ability to be vulnerable to erosion more than others. Soil erodibility is subject to soil inherent properties like texture, permeability, structure, organic matter content and cohesiveness. So, some soils erode more readily than others even when all other factors are the same. This difference, caused by properties of the soil itself, is referred to as the soil erodibility[223].

Quantitatively, it is difficult to determine from field observations differences in the natural susceptibilities of soils to erosion. Even a soil with a relatively low erodibility factor may show signs of serious erosion when it occurs on long or steep slopes or in localities with numerous high-intensity rainstorms. A soil with a high natural erodibility factor, on the other hand, may show little evidence of actual erosion under gentle rainfall when it occurs on short and gentle slopes, or when the best possible management is practiced. The effects of rainfall differences, slope, cover, and management are accounted for in the prediction equation by the symbols R, L, S, C, and P. Therefore, the soil erodibility factor, K, must be evaluated independently of the effects of the other factors [223].

The K in the USLE is a quantitative value experimentally determined - it is the rate of soil loss per erosion index unit as measured on a unit plot: a uniform lengthwise slope of 9 percent with 72.6 ft long, in continuous fallow, tilled up and down the slope. Continuous fallow is land that has been tilled and kept free of vegetation for more than 2 years. During the period of soil loss measurements, the plot is plowed and placed in conventional corn seedbed condition

each spring and is tilled as needed to prevent vegetative growth and severe surface crusting. When all of these conditions are met, L, S, C, and P each equal 1.0, and K equals  $A/EI$ [223].

The 72.6 ft length and 9 percent steepness were selected as base values for L, S, and K because they are the predominant slope length and about the average gradient on which past erosion measurements in the United States had been made. The designated management provides a condition that nearly eliminates effects of cover, management, and land use residual and that can be duplicated on any cropland[223].

According to other literary sources [210] the standard condition is the unit plot, 9% gradient with a 22.6 m long, maintained in continuous fallow, tilled down and up the hill slope. Or according to [32] the standard condition is the unit plot, 25 m long with a 10% gradient.

Direct measurements of K on well-replicated, unit plots as described reflect the combined effects of all the soil properties that significantly influence the ease with which a particular soil is eroded by rainfall and runoff if not protected. However, K is an average value for a given soil, and direct measurement of the factor requires soil loss measurements for a representative range of storm sizes and antecedent soil conditions. To evaluate K for soils that do not usually occur on a 9-percent slope, soil loss data from plots that meet all the other specified conditions are adjusted to this base by S [223].

Representative values of K for most of the soil types and texture classes can be obtained from tables prepared by soil scientists using the latest available research information. These tables are available from the Regional Technical Service Centers or State offices of SCS. Values for the exact soil conditions at a specific site can be computed by use of the soil erodibility nomograph [219, 223].

The soil loss data show that very fine sand (0.05-0.10 mm) is comparable in erodibility to silt-sized particles and that mechanical-analysis data are much more valuable when expressed by an interaction term that describes the proportions in which the sand, silt, and clay fractions are combined in the soil. When mechanical analysis data based on the standard USDA classification are used for the nomograph, the percentage of very fine sand (0.1-0.05 mm) must first be transferred from the sand fraction to the silt fraction. The mechanical analysis data are then effectively described by a particle-size parameter M, which equals percent silt (0.1-0.002 mm) times the quantity  $100 - \text{percent clay}$ . Where the silt fraction does not exceed 70 percent, erodibility varies approximately as the 1.14 power of this parameter, but prediction accuracy is improved by adding information on organic matter content, soil structure, and profile permeability class. With appropriate data, enter the scale at the left and proceed to points representing the soil's percent sand (0.10-2.0 mm), percent organic matter, structure code, and

permeability class as illustrated by the dotted line on the nomograph. The horizontal and vertical moves must be made in the listed sequence. Use linear interpolations between plotted lines. The structure code and permeability classes are defined on the nomograph for reference. Many agricultural soils have both fine granular topsoil and moderate permeability. For these soils,  $K$  may be read from the scale labeled “first approximation of  $K$ ”, and the second block of the graph is not needed. For all other soils, however, the procedure must be completed to the soil erodibility scale in the second half of the graph. The mechanical analysis, organic matter, and structure data are those for the topsoil. The permeability class is the profile permeability. Coarse fragments are excluded when determining percentages of sand, silt, and clay [223].

Usually a soil type becomes less erodible with decrease in silt fraction. Overall, organic matter content ranked next to particle-size distribution as an indicator of erodibility [223]. But a soil’s erodibility is a function of complex interactions of its physical and chemical properties and often varies within a standard texture class.

In general, clay soils are resistant to detachment so these have low  $K$  value. Sandy soils also have low  $K$  values due to high infiltration rates and reduced runoff, and because sediment eroded from these soils is not easily transported. Loam soils have moderate to high  $K$  values, because the soil particles are detachable in different ways, also infiltration with runoff and the sediment are different. Silt soils crust readily, so these soils the highest  $K$  values [210].

For soils containing less than 70 percent silt and very fine sand, the nomograph solves the equation [223]:

$$100K = 2.1 \times M^{1.14} \times 10^{-4} \times (12 - a) + 3.25 (b - 2) + 2.5 (c - 3),$$

where  $M$  = the particle-size parameter defined above;  $a$  = percent organic matter;  $b$  = the soil-structure code used in soil classification;  $c$  = the profile-permeability class.

According to [210] normally nomograph is used to determine  $K$  factor for a soil, based on its texture; % silt plus very fine sand, % sand, % organic matter, soil structure, and permeability:

$$K = 27.66 \times m^{1.14} \times 10^{-8} \times (12 - a) + 0.0043 \times (b - 2) + 0.0033 \times (c - 3),$$

where  $m$  = silt (in %) + very fine sand (in %)  $\times$  (100 – clay (in %));  $a$  = organic matter (%);  $b$  = structure code in which is very structured or particulate, (2) is fairly structured, (3) is slightly structured, and (4) is solid;  $c$  = profile permeability code in which (1) is rapid, (2) is moderate to rapid, (3) is moderate, (4) is moderate to slow, (5) is slow, and (6) very slow.

For most soils, the measured soil erodibility factor or necessary information from which the  $K$ -value can be derived from measured soil properties are unavailable [219] derived an alternate, yet less accurate, expression for estimating  $K$ -values using only soil texture information:

$$K=0.0034+0.0387\exp\left[-\frac{1}{2} \times \left(\frac{\log_{10} Dg+1.533}{0.7671}\right)^2\right],$$

where  $Dg=\exp\left(0.01 \times \sum_{i=1}^n f_i \times \ln m_i\right)$  the Geometric Mean Diameter of the soil particles (mm);  $f_i$  is the weight percentage of the particle size fraction (%);  $m_i$  is the arithmetic mean of the particle size limits (mm); and  $n$  is the number of particle size fractions.

#### *Topographic factor (LS)*

Both the steepness and the length of the land slope significantly affect the rate of soil erosion by water, which constitutes topographic factor, respectively. The Topographic factor represents a ratio of soil loss under given condition to that at a site with the “standard” slope steepness of 9% and slope length of 22.6 m [210]. This has been evaluated separately in research [32, 88, 210, 212-215, 217, 219, 223] and is represented in the soil loss equation by L and S, accordingly. In field applications, however, considering the two as a single topographic factor, LS, is more convenient [223].

LS were derived by the equation [223]:

$$LS = \frac{\lambda^m}{72.6} \times (65.41 \times \sin^2 \theta + 4.56 \times \sin \theta + 0.065),$$

where  $\lambda$  = slope length in feet;  $\theta$  = angle of slope;  $m = 0.5$  if the percent slope is 5 or more, 0.4 on slopes of 3.5 to 4.5 percent, 0.3 on slopes of 1 to 3 percent, and 0.2 on uniform gradients of less than 1 percent.

Slope length L (or  $\lambda$ ) is defined as the distance from the point of origin of overland flow to the point where either the slope gradient decreases enough that deposition begins, or the runoff water enters a well-defined channel that may be part of a drainage network or a constructed channel [223]. The soil loss per unit area generally increases substantially as slope length increases. The greater accumulation of runoff on the longer slopes increases its detachment and transport capacities.

The slope-steepness factor, S (*or*  $\theta$ ), in the soil loss equation is evaluated by the equation  $65.41 \times \sin^2 \theta + 4.56 \times \sin \theta + 0.065$ , where  $\theta$  is the angle of slope [223]. The values reflect the average effect of slope steepness on soil loss in the plot studies. The effects of slope steepness have a greater impact on soil loss than slope length. Steeper the slope, the greater is the erosion.

Soil loss is also affected by the shape of a slope. Many field slopes either steepen toward the lower end (convex slope) or flatten toward the lower end (concave slope). Irregular slopes can usually be divided into segments that have nearly uniform gradient, but the segments cannot be evaluated as independent slopes when runoff flows from one segment to the next. However,

where two simplifying assumptions can be accepted, LS for irregular slopes can be routinely derived by combining selected values equal-length segments of a uniform slope. The assumptions are that (1) the changes in gradient are not sufficient to cause upslope deposition, and (2) the irregular slope can be divided into a small number of equal-length segments in such a manner that the gradient within each segment for practical purposes can be considered uniform. After dividing the convex, concave, or complex slope into equal-length segments as defined earlier, the procedure is as follows: List the segment gradients in the order in which they occur on the slope, beginning at the upper end. Enter the slope effect chart with the total slope length and read LS for each of the listed gradients. Multiply these by the corresponding factors Soil loss fractions (presented below) and add the products to obtain LS for the entire slope[223].

$$\text{Soil loss fractions} = \frac{i^{m+1} - (i-1)^{m+1}}{N^{m+1}},$$

where  $j$  = segment sequence number;  $m$  = slope-length exponent (0.5 for slopes > 5 percent, 0.4 for 4 percent slopes, and 0.3 for 3 percent or less);  $N$  = number of equal-length segments into which the slope was divided.

The topographic factor is may be calculated in ArcGis [210, 217]:

$$LS = \left[ \frac{Q \times M}{22,13} \right]^y \times (0.0065 \times Sg^2 + 0.045 \times Sg + 0.065),$$

where  $LS$  = Topographical factor;  $Q$  = Flow Accumulation grid;  $S_g$  = Grid slope in percentage;  $M$  = Grid size ( $x \times y$ ),  $y$  = dimensionless exponent that assumes the value of 0.2–0.5.

#### *Cover and management factor (C)*

Cover and management effects interrelated, because they cannot be independently evaluated. Almost any crop can be grown continuously, or it can be grown in rotations. Crop sequence influences the length of time between successive crop canopies, and it also influences the benefits obtained from residual effects of crops and management [223].

The erosion control effectiveness of meadow sod turned depends on the type and quality of the meadow and on the length of time elapsed since the sod was turned under. Crop residues can be removed, left on the surface, incorporated near the surface, or plowed under. The effectiveness of crop residue management will depend on the amount of residue available. This, in turn, depends on the amount and distribution of rainfall, on the fertility level, and on the management decisions made by the farmer. The canopy protection of crops not only depends on the type of vegetation, the stand, and the quality of growth, but it also varies greatly in different months or seasons. Therefore, the overall erosion reducing effectiveness of a crop depends largely on how much of the erosive rain occurs during those periods when the crop and management practices provide the least protection [223].

The seasonal variation of C-factor depends on many factors such as rainfall, agricultural practice, type of crops etc. Generally, the C-factor ranges between 1 and 0. C equal to 1 indicates no cover present and the surface is treated as barren land, whereas C near zero (0) indicates very strong cover effects and well-protected soil [1-4, 7, 8]. For example, factor C for agricultural territory is 0.63, forest is 0.003, water body is 0 [210].

Factor C in the soil loss equation is the ratio of soil loss from land cropped under specified conditions to the corresponding loss from clean-tilled, continuous fallow [219, 223]. The loss that would occur on a particular field if it were continuously in fallow condition is computed by the product of RKLS in the soil loss equation. Actual loss from the cropped field is usually much less than this amount. Just how much less depends on the particular combination of cover, crop sequence, and management practices. C adjusts the soil loss estimate to suit these conditions [223].

The correspondence of poor or good plant cover with periods of expected highly erosive rainfall differs between regions or locations, so the value of C for a particular cropping system will not be the same in all parts of the country. Deriving the appropriate C values for a given locality requires knowledge of how the erosive rainfall in that locality is likely to be distributed through the 12 months of the year and how much erosion control protection the growing plants, crop residues, and selected management practices will provide at the time when erosive rains are most likely to occur [223].

The change in effectiveness of plant cover within the crop year is gradual. The year, for practical purposes, is divided into a series of crop stage periods defined so that C effects may be considered approximately uniform within each period. The soil loss ratios presented in the [223] for computation of C were evaluated for six crop stage periods defined as follows:

- Period F (rough fallow) - Inversion plowing to secondary tillage.
- Period SB (seedbed) - Secondary tillage for seedbed preparation until the crop has developed 10 percent canopy cover.
- Period 1 (establishment) - End of SB until crop has developed a 50 percent canopy cover. (Exception: period 1 for cotton ends at 35 percent canopy cover.)
- Period 2 (development) - End of period 1 until canopy cover reaches 75 percent. (60 percent for cotton.)
- Period 3 (maturing crop) - End of period 2 until crop harvest. This period was evaluated for three levels of final crop canopy.
- Period 4 (residue or stubble) - Harvest to plowing or new seeding.

The value of C on a particular field is determined by many variables, one of which is weather. Major variables that can be influenced by management decisions include crop canopy, residue mulch, incorporated residues, tillage, land use residual, and their interactions. Each of these effects may be treated as a subfactor whose numerical value is the ratio of soil loss with the effect to corresponding loss without it C is the product of all the pertinent subfactors [219, 223]. Factor C is usually given in terms of its average annual value for a particular combination of crop system, management, and rainfall pattern.

The crop management factor map can be prepared of land use-land cover map of the study area [210-211, 217]. For example the land use-land cover of the study area can be classified with six land use-land cover classes [210]: water body, forest area, built-up land, wasteland, agriculture land, other category based on the ground information.

#### *Support practice factor (P)*

When exposed to erosive rains on the soil, the protection to be supported by methods, such as are contour tillage, strip-cropping on the contour, terrace systems, sediment basins, and concave slopes [219, 223], which will slow the runoff water (the disposal of excess precipitation) and reduce the amount of soil it can carry. By definition, factor P in the USLE is the ratio of soil loss with a specific support practice to the corresponding loss with up-and-down-slope culture. The factor accounts for control practices that reduce the erosion potential of the runoff by their influence on runoff concentration, runoff velocity, drainage patterns, and hydraulic forces exerted by runoff on soil.

P-values can be derived either from previous studies or from image classifications using remote sensing data or from expert knowledge. The value of P factor ranges from 0 (indicates good conservation practice) to 1 (indicates poor conservation practice) [88, 210, 215, 217-219, 223]. Thus values vary from about 0.2 for reverse-slope bench terraces, to 1.0 where there are no erosion control practices [223]. The higher the practice is for controlling soil erosion, the lower the P-factor value

If there is no erosion control solution, then P value should be 1.0. P is considered the most uncertain values due to difficulties in its estimation, such as the need for direct observations at the specific land plot to determine the land use type and identify the specific farming system is notably time intensive and costly. Improved tillage practices are considered conservation cropping and management practices, and the benefits derived from them are included in C.

Some researchers suggested [217, 219, 223] the P value is rather dependent on the slope inclination [223]:

-The practice of tillage and planting on the contour, in general, has been effective in reducing erosion. In limited field studies, the practice provided almost complete protection against erosion from storms of moderate to low intensity, but it provided little or no protection against the occasional severe storms that caused extensive breakovers of the contoured rows. Contouring appears to be the most effective on slopes in the 3-to 8-percent range. As land slope decreases, it approaches equality with contour row slope, and the soil loss ratio approaches 1.0. As slope increases, contour row capacity decreases and the soil loss ratio again approaches 1.0.

-Effectiveness of contouring is also influenced by the slope length. When rainfall exceeds infiltration and surface detention in large storms, breakovers of contour rows often result in concentrations of runoff that tend to become progressively greater with increases in slope length. Therefore, on slopes exceeding some critical length the amount of soil moved from a contoured field may approach or exceed that from a field on which each row carries its own runoff water down the slope. At what slope length this could be expected to occur would depend to some extent on gradient, soil properties, management, and storm characteristics.