

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ**

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«Казанский государственный аграрный университет»**

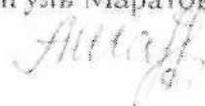
Кафедра «Землеустройства и кадастры»

Направление подготовки 21.04.02 – Землеустройство и кадастры.
Программа «Земельные ресурсы Республики Татарстан и приемы рационального их использования»

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ)**

**на тему: «ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДАННЫХ ДЗЗ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ
ДЕГРАДАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ ПОЧВЫ НА ТЕРРИТОРИИ
ПЕЧИЩИНСКОГО СЕЛЬСКОГО ПОСЕЛЕНИЯ
ВЕРНЕУСЛОНСКОГО МУНИЦИПАЛЬНОГО РАЙОНА
РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН»**

Выполнил (а) – магистрант
Шарафиева Айгуль Маратовна



Научный руководитель –
к.с.-х.н., доцент



Сабирзянов А.М.

Допущена к защите –
зав. выпускающей кафедры, доцент



Сулейманов С.Р.

Научный руководитель магистерской
программы, профессор



Сафиоллин Ф.Н.

Казань – 2020

ФЕБОУ ВО «КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ЗАДАНИЕ ПО ПОДГОТОВКЕ
МАГИСТЕРСКОЙ ДИССЕРТАЦИИ

(Направление подготовки 21.04.02 – Землеустройство и кадастры)

1. Фамилия, имя и отчество магистра Магарафова Айгуль Маратовна
2. Тема диссертации Использование данных ГИС для выявления географических процессов риска на территории Тачининской сельской поселения Верхнеуслонского муниципального района РТ
(утверждена приказом по КазГАУ № _____ от « _____ » _____ 20__ г.)
3. Срок сдачи магистром завершённой работы 11.06.2020
4. Перечень подлежащих разработке вопросов (краткое содержание отдельных глав) и календарные сроки их выполнения:
 1. Изучить теоретические материалы о географических процессах риска (13.03.2020 – 22.03.2020)
 2. Сравнить с географическими данными риски выявления в изученных процессах географии риска (25.03.2020 – 04.04.2020)
 3. Характеризовать риск опасности и виды географических процессов, процес. риска на территории территории (15.04.2020 – 26.04.2020)
 4. Разработать методику изучения динамики развития географических процессов риска с использованием данных геоинформационного мониторинга земли (ГЗМ) (05.05.2020 – 22.05.2020)
 5. Провести анализ выявленных характеристик риска динамики развития

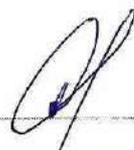
исследованиях процессов, тема
(21.11.2019 - 31.03.2020)

Разработка программного обеспечения
исследования процессов, тема
(01.04.2020 - 31.03.2020)

5. Дата выдачи задания 20 ноября 2019г

Утверждаю:

Зав. кафедрой



(дата подписи)

Научный руководитель

20.11.2019г.

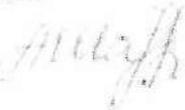
(дата подписи)



Задание принял к исполнению

20 ноября 2019г.

(дата подписи студента)



РЕЦЕНЗИЯ

на выпускную квалификационную работу

Выпускника Шарариевой Айгуль Маратовна

Направление 21.04.02 – Землеустройство и кадастры

Профиль Земельные ресурсы РФ и приемы рационального их использования

Тема ВКР Использование данных ДЗЗ для выявления

деградационных процессов почвы на территории Демисинского сельского поселения Верхнеуслонского муниципального района Республики Татарстан

Объем ВКР: текстовые документы содержат: 93 страниц, в т.ч. пояснительная записка — стр.; включает: таблиц 5, рисунков и графиков 25, фотографий 24 штук, список использованной литературы состоит из 40 наименований; графический материал состоит из — листов.

1. Актуальность темы, ее соответствие содержанию ВКР ВКР написана на актуальную тему об изучении и предотвращении вредных деградационных процессов на почву

2. Глубина, полнота и обоснованность решения задачи ВКР полностью раскрывает вопросы, связанные с деградационными процессами

3. Качество оформления текстовых документов отличное

4. Качество оформления графического материала хорошее

5. Положительные стороны ВКР (новизна разработки, применение информационных технологий, практическая значимость и т.д.)

В ВКР рассматриваются деградационные процессы почвы, способ их изучения с использованием ДЗЗ. Работа выполнена на высоком уровне развития науки. Практическая значимость выражается в разработке почвозащитных мероприятий.

6. Компетентностная оценка ВКР

Компетенции

Компетенция	Оценка компетенции*
ОК-1 Способностью к абстрактному мышлению, анализу, синтезу	<i>отм</i>
ОК-3 Готовностью к саморазвитию и самореализации, использованию творческого потенциала	<i>отм</i>
ПК-6 Способностью разрабатывать и осуществлять технико-экономическое обоснование планов, проектов и схем использования земельных ресурсов и территориального планирования	<i>хор</i>
ПК-7 Способностью формулировать и разрабатывать технические задания и использовать средства автоматизации при планировании использования земельных ресурсов и недвижимости	<i>хор</i>
ПК-8 Способностью применять методы анализа вариантов, разработки и поиска компромиссных решений, анализа эколого-экономической эффективности при проектировании и реализации проектов	<i>хор</i>
ПК-9 Способностью получать и обрабатывать информацию из различных источников, используя современные информационные технологии и критически ее осмысливать	<i>отм</i>
ПК -10 Способностью использовать программно-вычислительные комплексы, геодезические и фотограмметрические приборы и оборудование. проводить их сертификацию и техническое обслуживание	<i>отм</i>
ПК-11 Способностью решать землеустроительные и экономические задачи современными методами и средствами	<i>отм</i>
ПК-12 Способностью использовать современные достиже-	

ния науки и передовых информационных технологий в научно-исследовательских работах	<i>отл</i>
ПК-13 Способностью ставить задачи и выбирать методы исследования, интерпретирования и представлять результаты научных исследований в форме отчетов, рефератов, публикаций и публичных обсуждений	<i>хор</i>
ПК -14 Способностью самостоятельно выполнять научно-исследовательские разработки с использованием современного оборудования, приборов и методов исследования в землеустройстве и кадастрах, составлять практические рекомендации по использованию результатов научных исследований	<i>отл</i>
Средняя компетентностная оценка ВКР	<i>отл</i>

* Уровни оценки компетенции:

«*Отлично*» – студент освоил компетенции на высоком уровне. Он может применять (использовать) их в нестандартных производственных ситуациях и ситуациях повышенной сложности. Обладает отличными знаниями по всем аспектам компетенций. Имеет стратегические инициативы по применению компетенций в производственных и учебных целях.

«*Хорошо*» – студент полностью освоил компетенции, эффективно применяет их при решении большинства стандартных производственных и (или) учебных задач, а также в некоторых нестандартных ситуациях. Обладает хорошими знаниями по большинству аспектов компетенций.

«*Удовлетворительно*» – студент освоил компетенции. Он эффективно применяет при решении стандартных производственных и (или) учебных задач. Обладает хорошими знаниями по многим важным аспектам компетенций.

7. Замечания по ВКР *Отсутствуют приложении,*
малое количество источников в списке
литературы

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рецензируемая выпускная квалификационная работа отвечает (не отвечает) предъявляемым требованиям и заслуживает оценки отлично, а ее автор Шарариева А.М. достоин (не достоин) присвоения квалификации магистр по направлению подготовки 21.04.02 - Землеустройство и кадастры.

Рецензент:

Каганский индустри. отдела обслуживания
Решала ФГБУ «ФКП Росреестра» – ВСТО
«Казань»
учёная степень, ученое звание
Ф.И.О



«19» 06 2020 г.

С рецензией ознакомлен*

Аллаф Шарариева А.М.
подпись Ф.И.О

«19» 06 2020 г.

ОТЗЫВ

руководителя о выпускной квалификационной работе
выпускника кафедры землеустройства и кадастров Казанского ГАУ
Шарафиевой А.М.

Тема выпускной квалификационной работы актуальна и соответствует её содержанию.

В первой части выпускной работы проведен анализ всех видов деграционных процессов почвы и дистанционных методов их изучения. Во второй части указана информация о Печищинском сельском поселении Верхнеуслонского муниципального района Республики Татарстан и деграционных процессах, происходящих на этой территории. В третьей части подробно описаны этапы научно-исследовательской работы. В четвертой части приведены расчеты по изучению динамики развития процессов деграции почвы и отображены основные изменения в рельефе территории исследования. В пятой части разработаны мероприятия, которые направлены на защиту почв от деграционных процессов.

Магистрантка Шарафиева А.М. выполнила выпускную квалификационную работу на высоком уровне развития науки. В процессе ведения исследований она использовала полученные во время обучения навыки и знания, грамотно работала с технической и справочной литературой, нормативными документами.

Шарафиева А.М. представляла научную работу по этой тематике на II и III этапах Всероссийского конкурса на лучшую научную работу среди студентов высших учебных заведений Министерства сельского хозяйства Российской Федерации и по итогам заняла третьи и четвертые места.

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы Шарафиева А.М. подтвердила освоение компетенции в соответствии ФГОС ВО по направлению подготовки 21.04.02 – землеустройство и кадастры.

На основании изложенного считаю, что работа может быть допущена к защите, а её автор Шарафиева А.М. достойна присвоения ей квалификации магистра.

Руководитель выпускной
квалификационной работы
к.с.-х.н., доцент
кафедры землеустройства



Сабирзянов А.М.

Ознакомлен с содержанием отзыва


подпись
Ф.И.О.

«19» 06 2020 г.

А Н Н О Т А Ц И Я

Магистерская Выпускная квалификационная работа магистерская диссертация на тему: «Использование данных ДЗЗ для выявления деградационных процессов почвы Печищинского сельского поселения Верхнеуслонского района Республики Татарстан» изложена на 92 страниц компьютерного текста, состоит из введения, 5-и глав, заключения и списка литературы.

В первой главе рассматриваются деградационные процессы почвы, их виды и дистанционные методы изучения этих процессов.

Во второй главе содержится информация о территория Печищинского сельского поселения и преобладающие деградационные процессы, происходящие на этой местности.

В третьей главе поэтапно описан порядок действий научно-исследовательской работы.

В четвертой главе анализируются результаты произведенных вычислений и отображаются основные изменения в рельефе территории исследования.

Пятая глава посвящена разработке природоохранных мероприятий по защите почв от воздействия деградационных процессов.

Магистрант

Шарафиева А.М.

ANNOTATION

Master's Final qualification work master's thesis on the topic: "Using remote sensing data to identify soil degradation processes in Pechishchinsky rural settlement of Verkhneuslonsky district of the Republic of Tatarstan" is presented on 92 pages of computer text, consists of an introduction, 5 chapters, conclusion and a list of references.

The first Chapter discusses soil degradation processes, their types and remote methods of studying these processes.

The second Chapter contains information about the territory of Pechishchinsky rural settlement and the prevailing degradation processes occurring in this area.

The third Chapter describes step-by-step the procedure for research work.

The fourth Chapter analyzes the results of the calculations and shows the main changes in the terrain of the study area.

The fifth Chapter is devoted to the development of environmental measures to protect soils from the effects of degradation processes.

Graduate student

Sharafieva A.M.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
Глава 1. Деградационные процессы и методы их изучения	6
1.1. Общие понятия о деградационных процессах	6
1.2. Склоновые процессы и рельеф склонов	11
1.3. Эрозионные процессы и эрозионные формы рельефа	23
1.4. Последствия, вызываемые склоновыми процессами	31
1.5. Дистанционные методы изучения деградационных процессов... ..	33
Глава 2. Печищинский геологический разрез как объект исследований....	52
Глава 3. Материалы и методика исследований.....	60
3.1. Методика проведения научно-исследовательской работы	60
3.2. Подбор данных ДЗЗ и их обработка	61
3.3. Пространственная привязка и расчеты.....	67
Глава 4. Анализ полученных результатов	76
Глава 5. Разработка мероприятий по охране территории	83
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	90
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	93

ВВЕДЕНИЕ

Процессы деградации почвы широко распространены в мире. Ежегодно под воздействием деградационных процессов значительная площадь обрабатываемых земель выводится из сельскохозяйственного оборота. Большие участки земной поверхности подвержены влиянию эрозии, выветривания, склоновых процессов, опустынивания и антропогенных факторов, обусловленных деятельностью человека. Без принятия необходимых мер по ограничению воздействия деградационных процессов, их дальнейшее развитие с течением времени будет усиливаться.

Преобладающее большинство процессов деградации почвенного покрова вызваны воздействием склоновых явлений и эрозии водного или ветрового происхождения.

Склоновые процессы способствуют возникновению деградации и изменению рельефа земной поверхности при переносе обломочных материалов горных пород вниз по склону под влиянием силы тяжести.

Склоновые процессы распространены практически везде и наиболее характерны они для областей с горным рельефом. К ним относятся берега водохранилищ, карьеры, дорожные выемки и т.д.

Эти процессы имеют огромное значение при образовании и развитии склонов. Вдобавок к этому, воздействие склоновых процессов учитывается при целесообразном использовании природных ресурсов. В особенности это касается хозяйственного освоения территорий.

Изучение склоновых процессов приобретает особую важность, когда возникает необходимость в предотвращении эрозии почвы, проведении изысканий при строительстве сооружений или поиске месторождений полезных ископаемых и др.

Процессы эрозии разрушают почвенный покров в результате деятельности постоянных или временных водных потоков и сильных ветров.

Обобщая многочисленные определения деградации почв, можно выделить такие базовые элементы как:

- раскрытие понятия деградации почв через совокупность почвообразовательных процессов, которые способствуют изменению почвенного покрова;

- деградационные процессы почв приводят к повышению затрат на восстановление средств и уровня производства;

- процессы деградации почвенного покрова снижают плодородные свойства почвы, ведут к уменьшению продуктивности и качества получаемой продукции;

- при деградационных процессах экологические показатели отклоняются от установленной нормы, изменяются функции почв и ухудшаются их параметры, которые важны для функционирования биоты и человека.

Плодородность и другие качественные свойства почвы могут быть восстановлены путем организации рекультивационных мероприятий. Однако без разработки необходимых мер по предотвращению деградационных процессов, природные или антропогенные факторы будут прямо или косвенно влиять на почвенный покров, вызывая ее деградацию.

Деградационные процессы несут ответственность за огромные экономические убытки и потери человеческих жизней. Очень часто масштабы их последствий недооцениваются органами власти и даже средствами массовой информации. Даже при интересах журналистов к подобным происшествиям.

Процесс деградации почвы является актуальной проблемой, поскольку почвенные ресурсы земной поверхности обладают важной значимостью для человека. В связи этим, возникает необходимость в ведении постоянного мониторинга земель для предотвращения возникновения деградационных процессов почвы.

Цель выпускной квалификационной работы заключается в выявлении деградационных процессов почвы на территории Печищинского сельского поселения Верхнеуслонского района Республики Татарстан посред-

ством использования данных дистанционного зондирования Земли. Для осуществления обозначенной цели решался ряд следующих задач:

1) сбор информации о деградационных процессах почвы и возможных последствий их воздействия в пределах территории исследования;

2) выявление причин деградации и изучение особенностей разных видов деградации почв;

3) подбор методов дистанционного зондирования Земли для выявления и изучения динамики развития ;

4) анализ динамики развития деградационных процессов;

5) разработка природоохранных мероприятий по предотвращению негативного влияния деградации.

Глава 1. Деградационные процессы и методы их изучения

1.1. Общие понятия о деградационных процессах

Поверхность Земли постоянно меняется под влиянием различных сил и факторов. Любые перемены в облике Земли вызваны геологическими процессами. Вследствие воздействия таких процессов образуется многообразие неровностей земной поверхности, появляются и исчезают океанские бассейны, формируются платформы, плиты и целые материки, передвигаются континенты.

Возникновение геологических процессов способствует формированию новых форм рельефа, вызывая разрушение и в то же время образование горных пород. Доминирующее множество геологических процессов является недоступным для наблюдения или их отслеживания напрямую. Поскольку геологические процессы отличаются широким территориальным размахом и большой продолжительностью развития, которое может длиться до сотен миллионов лет.

Геологические процессы часто называют рельефообразующими или по-другому, склонообразующими и подразделяют их на две большие категории:

1. Эндегенные процессы. К ним причисляют тектонические движения земной коры, землетрясения и вулканизм. Они создают общие условия для образования форм рельефа.

2. Экзогенные процессы. Представлены деятельностью водных потоков, озер, морей, ледников, абразии, ветра и мерзлотных процессов.

Эндегенные процессы - геологические процессы внутренней геодинамики, которые вызваны внутренними силами Земли, гравитации и протекают непосредственно в её недрах. Они проявляются в виде тектонических движений, развитием вулканизма, метаморфизма горных пород и т.д. Эндегенные процессы имеют ведущую рельефообразующую роль, создавая различного рода неровности на земной поверхности и направляя действие экзогенных сил. Следует отметить, что роль последних также огром-

на и соизмерима с ролью эндогенных. Чаще всего на практике приходится сталкиваться с формами микро- и мезорельефа (иногда и макрорельефа), которые в большинстве случаев являются результатом деятельности экзогенных процессов. Эти процессы заслуживают большого внимания еще и потому, что они характеризуются высокими скоростями: мы постоянно наблюдаем, как меняется облик рельефа окружающей среды. Все это заставляет учитывать деятельность экзогенных процессов в практике повседневной жизни.

Экзогенные процессы - это геологические процессы внешней геодинамики, происходящие на земной поверхности или в самых верхних слоях земной коры вследствие взаимодействия каменной оболочки с атмосферой, гидросферой и биосферой. На земную поверхность могут воздействовать такие внешние источники энергии, как солнечное излучение и гравитационные силы. К экзогенным процессам относятся: разрушение горных пород и их растворение; образование оврагов и оползней, обвалов и осыпей; выдувание и перенос песка и пыли ветром; накопление продуктов разрушения пород во впадинах, долинах, водоемах; речная эрозия, плоскостной смыв и другие.[6]

Экзогенные процессы принято делить на три большие группы:

1. Выветривание представляет собой разрушение горных пород вследствие их адаптации к обстановке земной поверхности.

2. Денудация — это совокупность процессов разрушения и перемещения обломочных материалов горных пород в пониженные части земной поверхности, которые в основном образовались в результате выветривания.

3. Аккумуляция (осадконакопление) — это процесс накопления рыхлого и минерального вещества на земной поверхности, которые были перенесены в результате денудации.

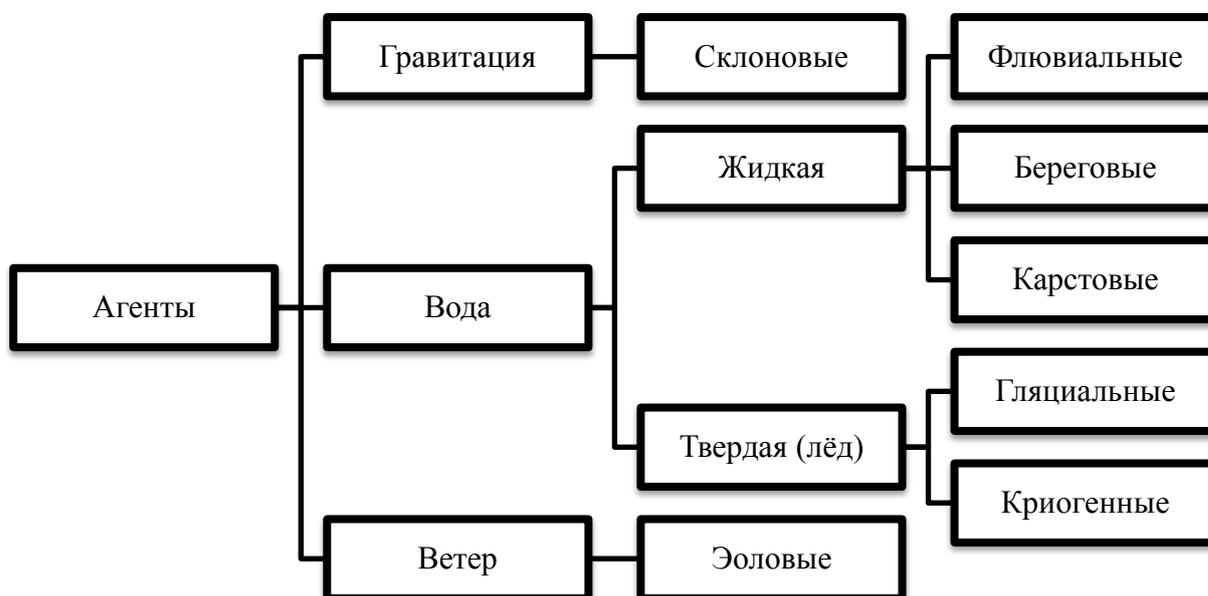
Процессы выветривания главным образом способствуют механическому разрушению горных пород, их разрыхлению и изменению химиче-

ских свойств. Оно обладает большой значимостью, потому как непосредственно взаимосвязано с образованием и формированием почвы (почвообразование). Выветривание, в свою очередь, всего лишь создает благоприятные условия для процесса денудации, однако не влечет значительных изменений рельефа. Денудация считается самым действенным фактором преобразования Земли, приводящая к перемещению вниз по склону крупных частей горной породы. Обломочные породы скапливаются у подножий склонов, формируя аккумулятивные формы рельефа. Основными её движущими силами служат сила тяжести (гравитация), текущие воды, ветер и движущиеся льды ледников (схема 1).

Экзогенные процессы, которые возникли под действием текущих агентов, делятся на 7 видов:

1. Склоновые процессы – это процессы, при котором происходит снос и перемещение обломков горных пород со склонов под влиянием гравитационных сил;
2. Флювиальные процессы – это процессы рельефообразования, возникающие под воздействием постоянных или временных водотоков на поверхности суши;
3. Береговые процессы – это рельефообразующие процессы, которые образуются в прибрежных областях, береговых зонах под действием волн и течений;
4. Карстовые процессы – это процесс растворения горных пород, возникающий при воздействии поверхностных и подземных вод;
5. Гляциальные процессы – это процессы рельефообразования, связанные с деятельностью льда;
6. Криогенные процессы – это процессы, образующиеся при замерзании и протаивании горных пород, при оледенении грунтовых вод;
7. Эоловые процессы – это процессы рельефообразования, которые возникают под действием ветров. [7]

Классификация экзогенных факторов



Эндогенные процессы образуют первичные или исходные формы рельефа. В последующем такие формы рельефа перерабатываются и видоизменяются экзогенными процессами. Они создают их конкретный облик и влияют на дальнейшее развитие. Любая форма рельефа Земли является итогом совместного влияния эндогенных и экзогенных процессов. Следовательно, эти геологические процессы непосредственно связаны друг с другом.

Необходимо подчеркнуть, что геологические процессы способствуют изменению не только внешнего вида земной поверхности, но и порождают деградацию почвы. Разрушающее влияние на почву проявляется в ухудшении его свойств и качеств, выражающееся в снижении плодородия, нарушении структуры, утрате гумуса.

Главными факторами для возникновения деградации почвенного покрова служит разрушающая деятельность воды, ветра, силы тяжести. Существенное влияние оказывает и воздействие человека. В зависимости от

того или иного преобладающего фактора деградационные процессы подразделяют на 2 вида:

- природного происхождения;
- антропогенного происхождения.

К деградационным процессам природного характера относят:

- водная и ветровая эрозии;
- склоновые процессы;
- тектонические движения земной коры;
- подземные толчки (землетрясения);
- извержение вулканов (включая гейзеров), выход термальных источников;
- выветривание горных пород;
- наводнение земель в последствии возникновения тайфунов, цунами и приливов;
- образование болот и т.д.

В числе деградационных процессов антропогенного происхождения выделяют:

- неправильная технология обработки почвы сельскохозяйственной техникой (может привести к потере влаги почвой, уменьшению гумусового слоя почвы, созданию благоприятных условий для возникновения водной эрозии);

- неправильное использование удобрений и пестицидов (введение больших доз удобрений и пестицидов оказывает негативное влияние на структуру почвы, падает плодородие почвы, меняется кислотность, гибнут полезные микроорганизмы и черви, снижается устойчивость почв к эрозийным процессам);

- заготовка, раскорчевка леса (происходит нарушение и уничтожение подлесок, травяного слоя, подстилки и верхнего гумусового слоя почвы, совместно с корнями деревьев из почвы выносятся значительный объем дерна – гумуса);

-пожары в лесу (во время лесного пожара уничтожается лесная подстилка и травянистая растительность, повреждается верхний гумусовый слой почвы, сгорает органический слой почвы);

- загрязнение почвенного покрова тяжелыми металлами, нефтяными смесями и продуктами, радионуклидами и другими ядовитыми элементами;

-разрушение травяного и почвенного покрова при строительстве дорог и промышленной постройке, проектно - изыскательных работах, добыче полезных ископаемых и т.п.

Все виды деградационных процессов условно делят на три ключевые группы:

- физическая деградация – влечет изменение физических и водно-физических качеств почвы, нарушение вертикального разреза почвенной толщи;

- химическая деградация – влечет изменения химических свойств почвы;

- биологическая деградация – влечет уменьшение количества видового многообразия различных микроорганизмов, загрязнение почвенного покрова болезнетворными микроорганизмами, ухудшение состояния санитарно – эпидемиологической обстановки.

Наиболее распространенными являются склоновые и эрозионные процессы.

1.2. Склоновые процессы и рельеф склонов

Рельеф земной поверхности расчленен совокупностью равнин и склонов. Равнины представляют собой горизонтальные поверхности суши, которые отличаются небольшим уклоном местности и имеют едва заметное колебание высот. Склоны – это наклонные участки земной поверхности с уклоном более 2°. Согласно статистике, наиболее часто встречаются

склоны, которые занимают около 80% всей поверхности суши. В связи с этим, склоновые процессы происходят почти повсюду.

Свое начало склоны берут с водораздельных линий или линий бровок, к нижней части образуя линию подошвы. Выделяют склоны горных вершин, хребтов, водораздельных возвышенностей, речных долин и впадин.

Характеризуются склоны рядом показателей, которые оказывают значительное влияние при исследовании таких наклонных поверхностей. Среди подобных показателей выделяют: крутизну, длину, высоту и форму профиля склона. Они формируют отличительные черты склонов, которые проявляются в их морфологии (внешний особенности).

Крутизна склона или уклон представляет собой угол, который образуется направлением склона с горизонтальной плоскостью. Величина показателя определяется в градусах ($^{\circ}$). Крутизна склона обладает большой практической значимостью в горных и военных делах, в инженерной геологии. Существенное место занимает крутизна при формировании рельефа земной поверхности, поскольку способствует появлению процессов денудации и дальнейшей аккумуляции осадочных материалов горных пород у подножия склона. От величины крутизны склона будет зависеть энергия и скорость процесса денудации, особенность его проявления.

Ученые выделяют большое количество классификаций склонов в зависимости от их крутизны. Согласно классификации Н.И. Николаева различают такие виды склонов, как: очень пологие — $2-6^{\circ}$; пологие — $6-15^{\circ}$; средней крутизны — $15-30^{\circ}$; крутые — $30-45^{\circ}$; очень крутые — $45-60^{\circ}$; обрывистые — $60-80^{\circ}$; отвесные — $80-90^{\circ}$; нависающие — более 90° .

Немаловажную роль при изучении склонов играют и такие показатели, как высота и длина склонов.

Длина склона представляет собой величину, которая характеризует протяженность склонов. Её принято измерять в горизонтальном направле-

нии вдоль наклонной поверхности склона. Длина склона учитывается при определении количества насыщения водой (степени увлажненности) горных пород. Степень увлажненности влияет на интенсивность проявления склоновых процессов. По длине склоны подразделяются на:

- длинные с протяженностью $l > 500$ м;
- средней длины с протяженностью – 500—50 м;
- короткие с протяженностью < 50 м.

Формы профилей склонов отображают продольные профили наклонных поверхностей, которые складываются из возвышений и понижений. По форме профиля склоны представлены большим разнообразием. Наиболее распространенными являются прямые, выпуклые, вогнутые и выпукло-вогнутые склоны (рис.1).

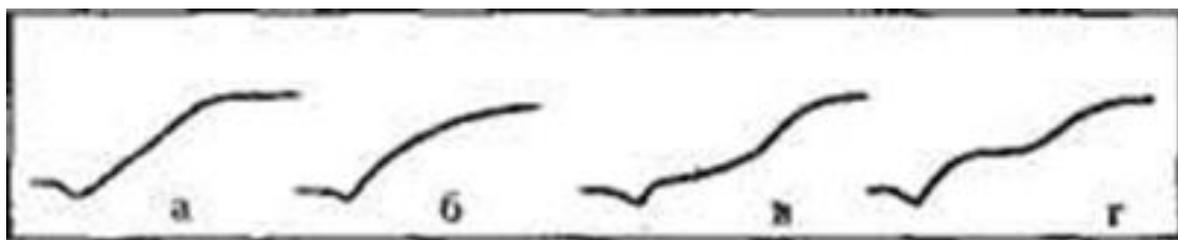


Рис. 1. Форма профилей склонов:

а - прямой склон, б - выпуклый, в - вогнутый, г - выпукло-вогнутый

(Общая геоморфология, 2006)

Вдобавок, на поверхности всех форм вышеупомянутых склонов могут присутствовать ступени, террасы, повышения и понижения сложной конфигурации. На обрывистых, преимущественно крутых склонах выделяют верхние и нижние части склонов. Верхний участок ограничивается вершинным уступом, которому характерен денудационный рельеф. В нижней, более покатой части склона происходит накопление аккумулятивных отложений. Довольно часто в пологих склонах наблюдается отсутствие уступа, а их профиль представлен плавной выпукло-вогнутой формой. Следует отметить, что

форма профиля склонов предоставляет наиболее подробную информацию о процессах, которые происходят на поверхности склонов.

Главной действующей силой денудации склонов и переноса обломков горных пород является сила тяжести. Она прямо или косвенно воздействует на горные породы. Вследствие прямого воздействия наблюдается передвижение обломочных материалов вниз по склону, обусловленных только силой тяжести. При косвенном влиянии, перемещению обломков горных пород будут способствовать текущие воды, ветер, ледники и другие факторы.

Действию силы тяжести на склоновых территориях препятствует сцепление друг с другом маленьких частиц рыхлых горных пород и с коренными (материнскими) породами, которые их подстилают. В основном, соотношение составной части силы тяжести и сцепления устанавливает характер развития процессов, возникающих на склоновых участках. Соотношение этих величин весьма разнообразное, на которое влияют множество параметров. Они являются основаниями появления разных видов склоновых процессов.

На разнообразие склоновых процессов оказывает воздействие и другие факторы. К ним относятся: структура и мощность горных пород на склонах, внешние отличительные черты склонов, конкретная физико-геологическая обстановка территории.

В соответствии с классификацией С.С. Воскресенского, по специфике проявления склоновых процессов различают следующие типы склонов:

1. Склоны гравитационные. Возникновению гравитационных склонов способствуют процессы выветривания, которые разрушают горные породы. Обломочные материалы горных пород под влиянием силы тяжести переносятся к основанию склонов. Среди гравитационных выделяют склоны обвальные, осыпные и лавинные.

2. Склоны блоковых движений. Склоны блоковых движений возникают при смещении к подножию склона блоков горных пород разного

размера. Их происхождение связано с воздействием подземных вод и силы тяжести. В состав склонов блоковых движений входят оползневые склоны, склоны сплывов и отседания.

3. Склоны массового смещения чехла рыхлого материала. К числу этих склонов относятся склоны солифлюкционные, дефлюкционные (крип), склоны медленной солифлюкции.

4. Склоны делювиальные или плоскостного смыва. На возникновение данного типа склонов влияют различные факторы, включая состояние поверхности склонов.

Обвальные склоны. Обвал представляет собой процесс одновременного выпадения значительного объема каменного материала. Происхождение обвалов связано с появлением трещин или систем трещин, которые способствуют отрыву крупных обломков горных пород от основной массы и их дальнейшему переносу к подножию склонов.

По итогам обвала, в верхней части склона возникают стенки срыва и ниши, у основания склона накапливаются обломки горных пород, которые образуют аккумулятивные отложения. Стенки срыва являются достаточно ровными поверхностями, которые совпадают с плоскостями разломов и краями пластов. Встречаются они на склонах с крутизной 30-40°. Ниши распространены преимущественно на обрывистых склонах, крутизна которых способна достигать до отметки 90°.

Для аккумулятивных отложений, которые накапливаются у основания склона, характерен холмистый рельеф. Состоят эти отложения из крупнообломочных материалов, именуемых коллювием. Обломки горных пород могут достигать размеров от десятков сантиметров до десятков метров.

Обвальные склоны наблюдаются в горных и равнинных территориях. Однако чрезвычайно опасные и самые мощные обвалы распространены в горах.

Лавинные склоны. Лавины – процесс скользящего и низвергающегося движения снежных масс вниз по склону (рис. 2).

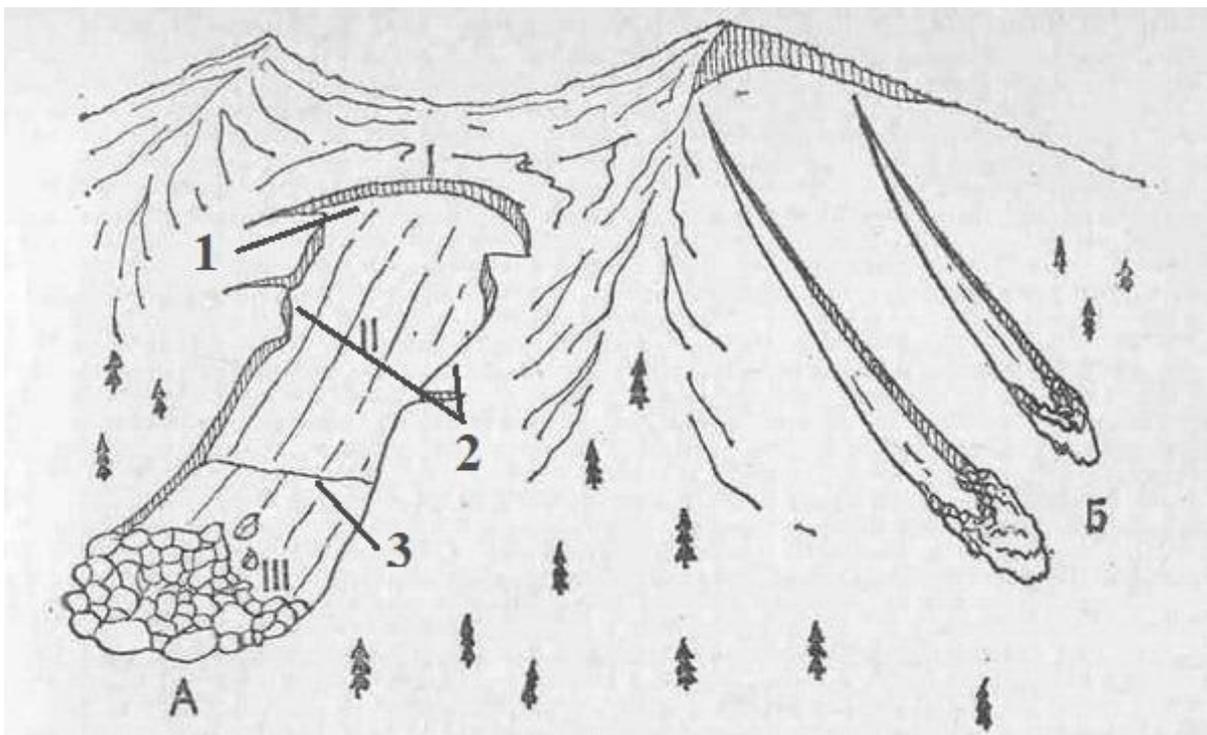


Рис. 2. Лавины: А – от линии, Б – из точки

I – зона зарождения, II – зона транзита, III – зона отложения
1 - линия (ступень) отрыва, 2 - боковые (фланговые) трещины,
3 - подпорная трещина (ступень)

Лавины встречаются на горных склонах, где присутствует устойчивый снежный покров. Возникают они впоследствии перегруженности поверхности склона снегом или потепления климата. Определяющими факторами появления лавин также являются длина и крутизна склонов.

В соответствии с классификацией Г.К. Тушинского, различают три типа лавин в зависимости от характера перемещения снежной массы по склону:

- осовы;
- лотковые лавины;
- прыгающие лавины.

Осовы наиболее подобны оползням. Их отличительной чертой является отсутствие конкретного канала схода. Осовы не приводят к значительным изменениям рельефа. Их воздействие при процессах релье-

фообразования незаметна. При редких случаях у основания склонов могут возникать маленькие гряды.

При лотковых лавинах перемещение снега происходит по строго определенному руслу. Лотковые лавины имеют хорошо выраженные лотки (понижения сбора лавин), по которым передвигается снег, и конусы выноса. Лотки – это форма рельефа с углублением в виде желоба на поверхности склона. Их характерными признаками являются крутые и отшлифованные стенки. Конусы выноса представляют собой отложения снега с обломочными материалами (обломки деревьев, дерн и т.п.) в виде конуса. Они образуют аккумулятивные формы рельефа.

К прыгающим относятся свободно падающие на дно долины лавины, перемещение которых происходит за счет отвесных участков скал и льда.

Осыпные склоны. Осыпные процессы представляют собой скользящее движение или скатывание обломочных материалов горных пород к подножию склона под влиянием силы тяжести. Преобладающую роль при возникновении осыпей играет физическое выветривание. В связи с чем, процессы осыпания наиболее часто встречаются в легко выветриваемых породах, наподобие мергелей и глинистых сланцов.

При образовании осыпей содействие оказывают также дождевые и талые воды, способствующие появлению трещин в горных породах.

В строении осыпного склона выделяют несколько элементов (рис. 4):

- осыпной склон (рис. 3);
- осыпной лоток;
- конус осыпи.

Осыпной лоток – это желоб на поверхности склона. Возникает в результате механического разрушения поверхности склона обломками горных пород. Глубина осыпных лотков составляет 1-2 м, а ширина – несколько метров.

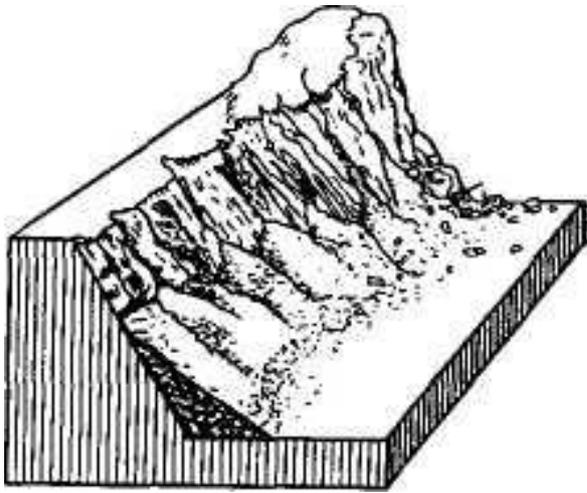


Рис.3. Осыпной склон
(Экзогенные процессы, 2011)

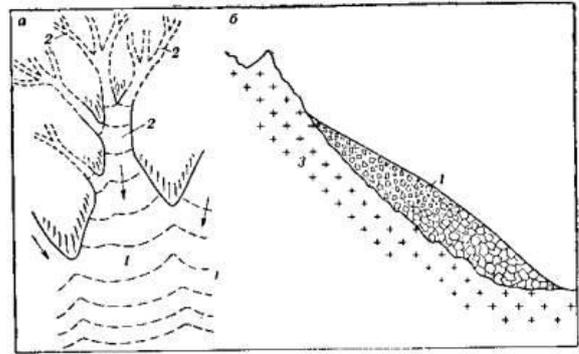


Рис. 4. Схема строения осыпи:
а—в плане, о-в разрезе
1 — осыпной шлейф;
2 — осыпные лотки; Д — скальные породы;
стрелки — направления осыпания обломков;
пунктир — условные горизонтالي
(Общая геоморфология, 2006)

Перемещение частиц горных пород на склонах при осыпании происходит до уменьшения уклона поверхности от величины угла естественного откоса. В последующем на поверхности склона наступает образование конусов осыпи, которые формируют аккумулятивные отложения. Эти отложения объединяются под термином коллювий (*colluvio* — скопление, беспорядочная груда). Особенностью коллювиальных отложений являются плохая сортировка материала и её строение. Для них характерно перемещение крупных обломков горных пород на значительные расстояния и расположение у основания осыпей.

Осыпные процессы широко распространены в горных областях. Крайне редко они встречаются на равнинах. Процессы осыпания особенно ярко выражены в районах тектонических разломов и повышенной трещиноватости.

Оползневые склоны. Оползни – процессы массового скользящего смещения обломков горных пород по поверхности склона под влиянием силы тяжести (рис. 5).

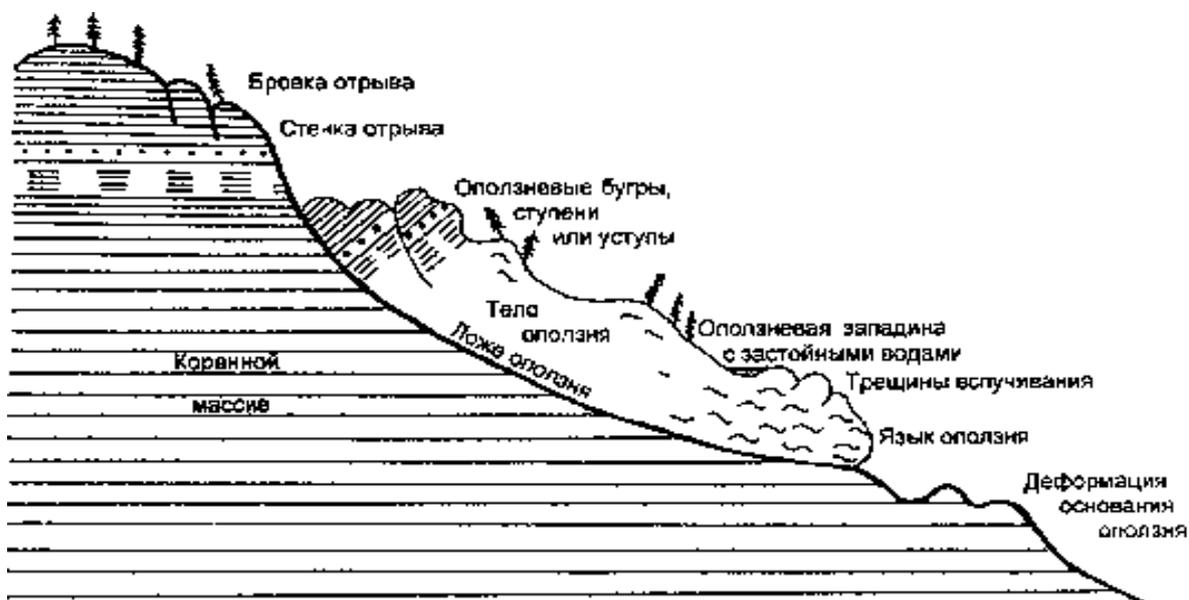


Рис. 5. Строение оползня
(Экзогенные процессы, 2011)

Возникновение оползней связано с воздействием гидрогеологических факторов. В частности, образуются они в результате размыва откосов склона или при перенасыщении горных пород водой. Появлению оползневых процессов также могут способствовать сейсмические толчки.

Оползневые склоны встречаются на горных и равнинных территориях (если приурочены к берегам рек, морей и озер).

Процессы оползания формируют такие формы рельефа, как:

- оползневой цирк;
- оползневой блок;
- оползневой уступ.

Оползневые массы могут достигать огромных размеров, которые колеблются от нескольких десятков до сотни тысяч кубических метров горной породы.

В зависимости от вида, выделяют блоковые оползни, оползни-сплывы, оползни-оплошины и оползни отседания (рис. 6).

При блоковых оползнях происходит смещение целых блоков горной породы. Оползни-сплывы представляют собой небольшие оползни, возникающие впоследствии быстрого сплыва слоя рыхлых частиц горных пород по поверхности склона или по мерзлому грунту. Оползни-оплошины наиболее похожи на маленькие блоковые оползни. Они образуются при увлажнении верхнего горизонта горных пород, которые подстилают поверхность склонов. По характеру происхождения склоны отседания схожи с блоковыми оползнями (рис. 6). При отседании скальные и полускальные породы смещаются вниз по склону в виде блоков с определенной размерностью.

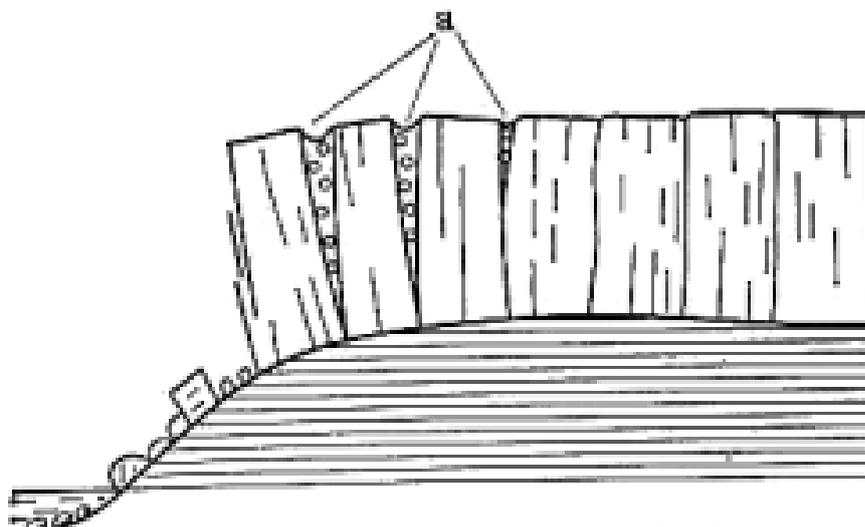


Рис. 6. Склон отседания
а – рвы отседания
(Общая геоморфология, 2006)

Солифлюкционные склоны. Солифлюкция представляет собой процесс, при котором происходит растекание грунта. Образуется солифлюкция из-за избытка влаги в грунте в связи с оттаиванием льда, находящегося в толще горных пород (рис. 7).

Солифлюкционные склоны наблюдаются в областях с сезонным промерзанием поверхностного слоя грунта и в зонах многолетней мерзлоты. Величина скорости движения солифлюкции определяется в миллиметрах или сантиметрах в секунду. Для большинства солифлюкционных

процессов характерно перемещение со скоростью от 3 до 10 м в год. При этом мощность потоков может достигать от 20 до 60 см.

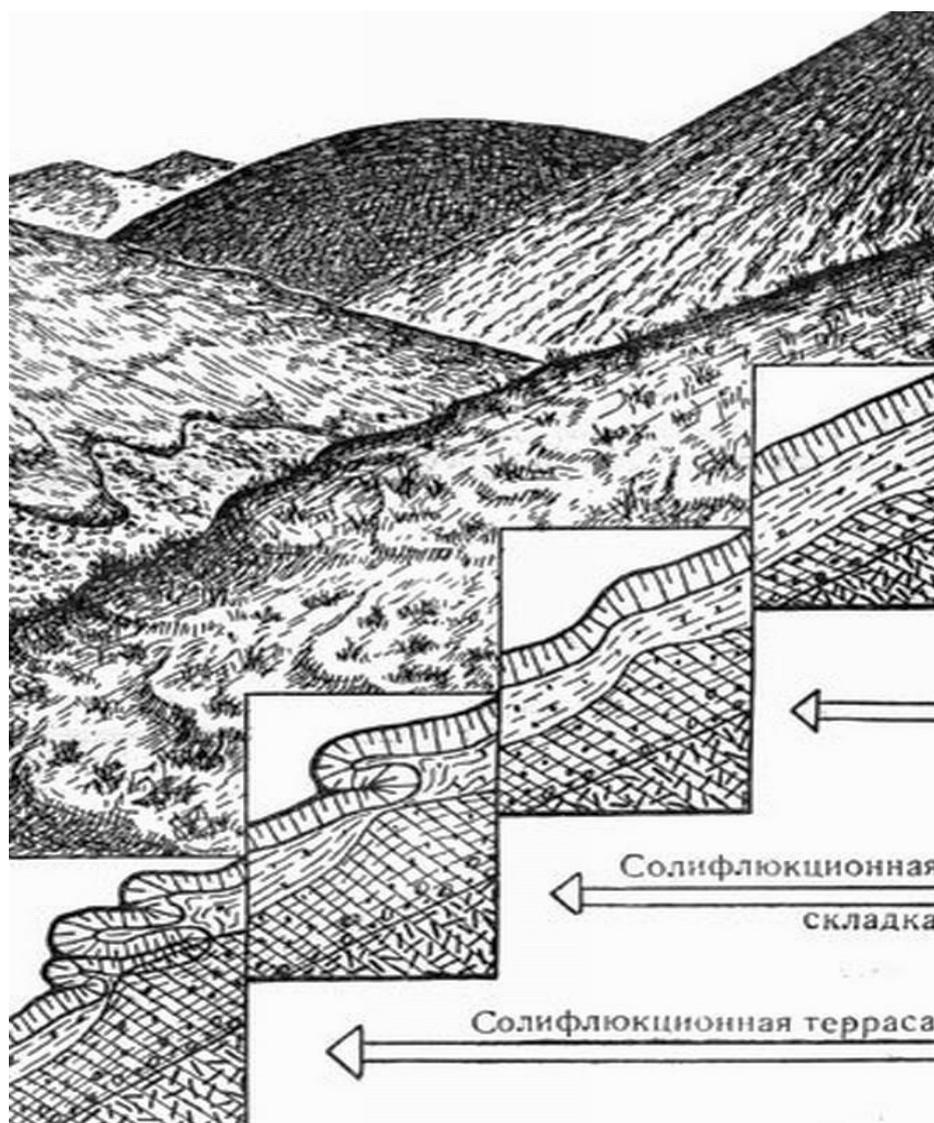


Рис. 7. Солифлюкционный склон
(Общая геоморфология, 2006)

Склоны медленной солифлюкции. Медленная солифлюкция — это процесс передвижения масс грунта по поверхности склона. Для грунтовых масс характерна вязко-текучая консистенция, способствующая расползанию толстым слоем. Склоны медленной солифлюкции образуются при насыщении водой рыхлых частиц песчано-глинистых пород. В свою очередь, насыщение водой грунтов препятствует сохранению уклона его поверхности.

Скорость передвижения медленной солифлюкции варьируется от десятков сантиметров до 2 метров в год. Поверхность склонов медленной солифлюкции ровная в силу плавного и непрерывного течения процесса.

Склоны медленной солифлюкции встречаются во многих областях. Однако большая часть склонов приходится на арктические и субарктические районы.

Одной из разновидностью склонов медленной солифлюкции являются курумы. Они представляют собой поверхности, возникшие в результате скопления глыб с пустотами, которые не заполнены мелкоземом. Размеры этих глыб могут достигать от десятка сантиметров до 3 м в диаметре.

Дефлюкционные склоны. Дефлюкция – процесс медленного сползания грунта или коры выветривания по наклонной поверхности. Возникают дефлюкционные процессы из-за колебания температур и влажности. Их специфика проявляется в медленном темпе развития и постоянстве. Поверхность дефлюкционного склона ровная, без ярко выраженных морфологических особенностей.

На происхождение дефлюкционных процессов может влиять изменение объема грунта при переменном промерзании и оттаивании, набухание и усадка грунта при его увлажнении и высыхании. Процессы, которые вызваны такими факторами, обозначаются термином «крипы». скорость крипов колеблется от 0,2 до 1,0 см в год.

Делювиальные склоны. Делювиальные процессы – это перенос рыхлых частиц горных пород под воздействием стока дождевых или талых вод, которые образуют тонкие струйки по всей поверхности склона (рис. 8). В результате разрушающего влияния стока горные породы вымываются, формируя у подножия склонов делювиальные отложения (или делювий). Отличительной чертой делювия является отсутствие слоистости, слабая сортировка частиц, окраска отложений в различных оттенках серого цвета. Делювиальные отложения сложены супесями и суглинками.

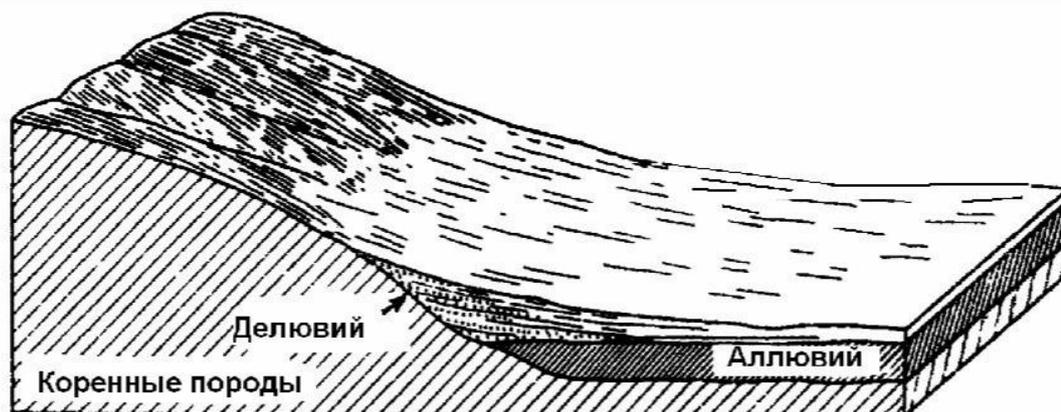


Рис. 8. Делювиальный склон
(Общая геоморфология, 2006)

Стоит заметить, что на интенсивность происхождения делювиальных процессов значительное воздействие оказывают крутизна и длина склона, состав и структура горных пород, погодные условия, характер атмосферных осадков и растительный покров (Рычагов, 2006).

1.3. Эрозионные процессы и эрозионные формы рельефа

Эрозия – это совокупность процессов разъедания почвенного покрова, грунтов, берегов и русел рек, которые происходят под воздействием водных потоков или ветра. Является одной из движущих сил образования различных форм рельефа и стока наносов.

Для возникновения процесса эрозии требуется наличие необходимых условий. К ним относятся такие факторы, как выход почвенного покрова на поверхность (появляется при отсутствии растительности), присутствие на поверхности почвы пласта свободной воды, уклон территории для образования поверхностного стока.

Эрозионные процессы влекут за собой смывание почвенного покрова, снижают плодородие почвы, способствуют зарождению оврагов, ручьев, пыльных бурь, уничтожают обрабатываемые земли, сокращают площади угодий сельскохозяйственного назначения, разрушают инженерные объекты и коммуникации. Статистика показывает, что влиянию водной эрозии предрасположены около 31% суши, а ветровой – 34%. Каждый год

размыв почвы с земной поверхности доходит до 134 т/ км² , а в Мировой океан выносятся до 60 млрд. тонн почвенного слоя. В силу таких негативных последствий, возникает острая потребность в прогнозировании эрозии, планировании мероприятий по устранению её воздействия и защите почв.

В зависимости от действующего фактора выделяют два вида эрозии:

- водная;
- ветровая.

Происхождение водной эрозии связано с деятельностью дождевых, талых, поливных и сбросных вод. Стоит отметить, что к этому списку не относятся эрозионные процессы, которые возникают на берегах морей, рек, озер и водохранилищ, так как потоки воды действуют непрерывно (постоянно), а не временно в отличие от других.

Береговая эрозия образуется вдоль береговой линии впоследствии разрушающего действия волн, течений, приливов. Отступление береговой линии в направлении берега влечет размыв отложений и пород, приводящий к потере земель.

Речная эрозия представляет процесс разъедания горных пород под воздействием речных потоков. Выделяют 2 вида речной эрозии (рис. 9):

- боковая эрозия – размыв берегов рек, при котором происходит отклонение русел и рост речных долин в ширину;
- глубинная эрозия – вымывание русла реки, порождающее углубление речных долин.

На различных этапах формирования долины реки, процессы глубинной и боковой эрозии постоянно сменяют друг друга или могут действовать совместно. Однако на первоначальном этапе развития речных долин доминирует глубинная эрозия. Продвигается она от устья дальше по направлению потока и продолжается до тех пор, пока дном реки не будет достигнут уровень базиса эрозии. В свою очередь, базис эрозии устанавливает процесс формирования всего речного бассейна – основной реки со

всеми её притоками. Глубинная эрозия стремится образовать профиль равновесия речной долины. На последующих этапах развития речных долин действует боковая эрозия, которая связана с устойчивостью русел рек.

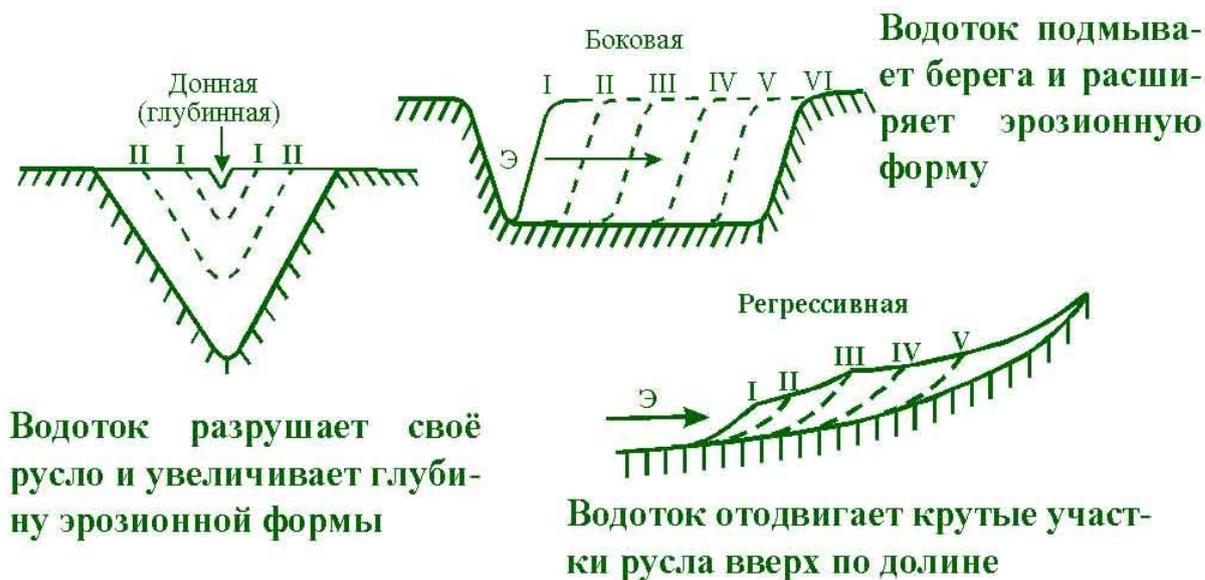


Рис. 9. Виды речной эрозии

Геоморфологический результат глубинной эрозии проявляется в геологическом плане с течением определенного периода времени.

В соответствии со степенью выраженности эрозия почв подразделяется на:

- нормальную;
- ускоренную.

Нормальная эрозия или, по-другому, геологическая возникает под воздействием природной среды без участия человека. Протекает она довольно медленно по сравнению с формированием почвенного профиля на протяжении почвообразовательного процесса (педогенез). Нормальная эрозия не способствует образованию эродированных почв. Встречается на целинных землях, в лесах, на лугах.

Ускоренная, или антропогенная эрозия появляется впоследствии нецелесообразного использования почвы или нерациональной хозяйственной деятельности человека. В отличие от нормальной эрозии, ускоренная эрозия длится в усиленном темпе и существенно видоизменяет рельеф земной

поверхности. При данном процессе происходит возникновение эродированных почв.

Эрозию по форме проявления разрушительного действия воды на почвенный покров делят на следующие виды (рис. 10):



Рис. 10. Виды водной эрозии по характеру воздействия воды на почвы

- капельная – расщепление структурных элементов почвы под воздействием дождевых капель, после которого грунт насыщается фракциями ила. При этом снижается водопроницаемость почвы, повышается поверхностный сток и смывание почвы;

- плоскостная, или поверхностная – равномерный смыв почвенного покрова по всей площади склонов, возникающий под влиянием маленьких ручьев дождевых и талых вод;

- линейная, или глубинная – размывание почв постоянными или временными водными потоками, приводящий к углублению русла водотока;

- ирригационная – образуется в случае неправильной организации оросительных систем на склоновых участках обрабатываемых земель. Поскольку склоновые территории наиболее подвержены размыву.

Процессы эрозии создают эрозионные формы рельефа (рис. 26), к числу которых относятся промоины и рытвины, овраги, балки и речные долины.

Промоины представляют собой эрозионные борозды, возникающие на склон вследствие воздействия линейного стока. Глубина эрозионных борозд достигает до 30 см при длине до 1 м, имеют крутые стенки и V-образный поперечный профиль. На поверхности склонов они образуют разветвленную систему. Эрозионные борозды образуются на территориях с разреженным растительным покровом или на распаханых участках. При постоянном воздействии водотока превращаются в эрозионные рытвины и овраги. В случае прекращения стока воды борозды перестают развиваться и участки постепенно будут выполаживаться.

Эрозионная рытвина - более развитая эрозионная форма рельефа, чем борозды. Их глубина может достигать до 1-2 м с шириной 2,5 м. Возникают рытвины при более мощных потоках воды. Преимущественно распространены на равнинных территориях, на склонах рытвины образуются редко. При значительном водосборе переходят в овраги.

Овраг представляет собой постоянно растущую эрозионную форму рельефа. Для оврага характерны крутые склоны, V-образный поперечный профиль. Их глубина может достигать 80 м и более. Выделяют четыре стадии развития оврага (рис. 11). На первой стадии происходит интенсивный рост оврага в длину. Поперечный профиль сохраняется также в V-образной форме с крутыми склонами и узким днищем. На второй стадии рост оврага в длину замедляется. На третьей стадии развития происходит прекращение роста в длину, поскольку овраг достигает базиса эрозии. Объемы оврага начинают увеличиваться, происходит расширение днища и выравнивание склонов. На четвертой стадии поперечный профиль принимает U-

образную форму, которая характеризуется широким днищем и пологими склонами.



Рис. 11. Поперечный профиль оврага на разных стадиях его развития

Балка является отрицательной формой рельефа, которая представлена линейно вытянутым понижением. Она имеет пологие склоны и широкое днище. В балках эрозионные процессы затухают. В результате стока в виде тонких струек дождевых и талых вод на дне балок происходит накопление делювиальных отложений. Для этих отложений характерны плохая сортированность осадочных материалов и их окатанность.

Речная долина представляет собой линейно вытянутую отрицательную форму рельефа с однообразным падением. Их возникновение связано с разрушающей деятельностью текучей воды постоянного характера.

Существуют некоторые факторы, которые влияют на появление и интенсивность процессов эрозии. Классифицируют их на 2 группы:

- естественные (природные);
- социально – экономические.

В современных условиях подавляющее большинство эрозионных процессов возникают при комплексном воздействии двух групп факторов. Естественные факторы способствуют созданию необходимых условий для зарождения эрозии. Однако основанием увеличения интенсивности роста

эрозионных процессов служит неправильно организованная хозяйственная или производственная деятельность человека.

В состав факторов природного характера входят: рельеф земной поверхности, климатические условия, осадки, ветер, температура воздуха, растительный покров и почва.

К социально – экономическим факторам относятся:

- расположение границ землепользования и их производственных подразделений, не принимая во внимание особенности рельефа местности;
- беспорядочная вырубка лесных массивов и зарослей кустарниковых растений;
- разрушение растительного покрова, которые отличаются почвозащитными качествами;
- частое использование и распахивание земель, склонных к воздействию эрозионных процессов;
- неполноценное изучение уровня эродированности почвенного покрова при установлении состава и ротации сельскохозяйственных культур в севооборотах;
- не используются комбинированные методы при обустройстве организационно–хозяйственных, агротехнических, лесомелиоративных и гидротехнических мероприятий, которые предназначены для борьбы с эрозией земли.

Без принятия необходимых мер и подготовки мероприятий по защите почв, развитие эрозионных процессов будет продолжаться. В результате чего, обрабатываемые угодья, подверженные эрозии, станут непригодными для использования в сельском хозяйстве.

Ветровая эрозия представляет собой процесс разрушения, переноса и отложения частиц почвенного покрова, возникающий под влиянием постоянных ветров. Существует и другое понятие для ветровой эрозии – дефляция, которое переводится с латинского как «сдувать».

На интенсивность разрушения ветром почвенного покрова влияет размер частиц почвенной породы (гранулометрический состав) и наличие в нем перегноя (гумуса). Например, дефляция на почвах супесчаного гранулометрического состава возникает при движении ветра со скоростью 3-4 м/с, на легкосуглинистых почвах - 4-6 м / с, на тяжелосуглинистых почвах - 5-7 м / с и на глинистых почвах - 7-8 м / с. Песчаные породы размером 0,05-0,10 мм переносятся при скорости ветра 3,5 м/с на высоте 15 см. Необходимо подчеркнуть, что усиление силы ветра влечет за собой увеличение интенсивности процессов ветровой эрозии.

В мире можно наблюдать области выдувания и области накопления (аккумуляция) ветровой эрозии. В областях, где происходит аккумуляция на суглинистых почвах, обнаруживаются наносные почвы.

Ветровую эрозию разделяют на два типа:

Повседневная ветровая эрозия – возникает при воздействии ветров с малыми скоростями (около 5 м/с), имеет локальный характер и распространен на небольших по площади территориях. Продолжительность эрозии довольно медленная и незаметная. В основном, преобладает данный тип дефляции на песчаных, супесчаных и карбонатных почвах. Результатами влияния ветровой эрозии являются выход семян на поверхность почвенного покрова, нанесение вреда молодым росткам растений. Наиболее сильно повседневная ветровая эрозия отражается на склоновых территориях, не защищенных лесными полосами.

Пылевые бури – наиболее динамичный и довольно опасный тип ветровой эрозии. Возникновению таких бурь способствуют сильные ветры, скорость которых может достигать свыше 12-15 м/с. Пылевые бури охватывают огромные участки земной поверхности. Они уничтожают посевные площади протяженностью сотни тысяч гектаров, выносят большое количество плодородной почвы. Пыль, образующаяся в ходе бури, поднимается достаточно высоко и перемещается на значительные расстояния.

Помимо водной и ветровой эрозии различают и другие виды, которые носят название пастбищная, агротехническая и техническая.

Пастбищная эрозия представляет собой процесс механического разрушения и переноса почвенного покрова. Её возникновение связано с воздействием копыт животных на почву как результат увеличения нагрузки на ограниченные участки пастбища.

Агротехническая эрозия – процесс перемещения почвенного покрова, который образуется при обработке земельного участка сельскохозяйственными машинами. Могут возникать как следствие неправильно организованной технологии обработки почв. В процессе вспашки поперек склонов при неполном переворачивании верхнего пласта грунта происходит осыпание почвы вниз по склону. Почвенный покров на склоновых участках в некоторой степени переносится и при культивации, бороновании, посева.

Техническая, или технологическая эрозия возникает при добывании природных ресурсов Земли разными способами (открытым и закрытым), засыпании почвенного покрова грудой строительного мусора в процессе постройки объектов жилого и промышленного назначения, применении грунта при проведении транспортных путей и т.д.

1.4. Последствия, вызываемые склоновыми процессами

Ещё с давних времен, люди заинтересованы в изучении склонов и склоновых процессов. Стремление людей изучать эти процессы связано с их научной и практической составляющей. С научной точки зрения исследуются закономерности и динамика развития склоновых процессов, определяются их количественные показатели. Однако изучение склоновых процессов имеет огромное значение в прикладных исследованиях.

На практике они учитываются при предотвращении эрозии почв, нахождении месторождения полезных ископаемых, геологических изысканиях для строительства сооружений на склонах и тому подобное.

Немаловажным фактом является также то, что склоны и склоновые процессы несут в себе огромную опасность для жизни людей и негативное влияние на окружающую среду (Иванов, 2004; Мазур, 2004).

Для оценки рисков, которые могут возникнуть в результате проявления склоновых процессов, выделяют три вида опасности. Среди них различают опасности экономического, социального и экологического характера. Все виды опасностей представлены в таблице 1, которая демонстрирует и частоту угроз от влияния склоновых процессов.

Таблица 1

Возможность опасности, вызываемой склоновыми гравитационными процессами (Экзогенные ..., 2002)

Виды склоновых процессов	Виды опасности		
	Экономическая	социальная (летальная)	экологическая*
Оползни	++	+	++
Обвалы	++	++	+
Бывалы	+	+	+
Осыпи	+	-	-

Примечание: частая ++, редкая +, крайне редкая ±, отсутствует –

* Реализуется при наличии экологически опасного объекта в зоне воздействия склонового процесса

Любой вид опасности появляется только на территориях непосредственного воздействия или с потенциальным риском возникновения склоновых процессов. На таких территориях могут быть расположены хозяйственные или производственные объекты, жилые строения и жители, экологически опасные объекты.

Экономическая опасность основана в возможных деформированиях или разрушениях хозяйственных объектов, в нарушениях усло-

вий нормальной эксплуатации этих объектов. Экологическая опасность влечет за собой неблагоприятные экологические последствия в результате ухудшения условий нормальной эксплуатации экологических объектов, при которых может произойти загрязнение окружающей среды. Территория загрязняется в случае, если в зоне возможного риска возникновения склоновых процессов находится экологически опасный объект. Социальная или летальная опасность выражается в вероятном появлении человеческих жертв (Кутепова, Шеко, 2002).

На основании данных из таблицы 1, стало известно, что оползневые процессы часто влекут за собой экономические и экологические опасности, редко – социальную. Обвалы при возникновении представляют большие экономические и социальные угрозы. И значительно реже могут нанести экологический вред. Возникновение вывалов крайне редко способствует появлению экономических, социальных и экологических опасностей. Среди всех других видов процессов, осыпи представляют самые наименьшие риски для окружающей среды. Они влекут появление экономической опасности, а потенциальные угрозы от них социального и экологического характера не наблюдаются.

1.5. Дистанционные методы изучения деградиционных процессов

В настоящее время существует множество способов выявления и оценки деградиционных процессов: от полевых методов вплоть до использования данных дистанционного зондирования Земли. Все методы без исключения обладают определенными преимуществами, дают возможность фактически в равной степени и довольно точно оценить характер развития деградиционных процессов, позволяют изучить динамику деградации почвенного покрова.

Главным отличием методов является то, какие приемы будут использованы при получении данных. Однако при выборе конкретного метода в расчет принимаются определенные характеристики деградиционных процессов, физико-географическая обстановка местности, протяженность и

масштаб деградации. Среди всех способов оценки процессов деградации, наибольшими возможностями владеют дистанционные методы.

На сегодняшний день дистанционные методы стоят в приоритете, поскольку являются одним из перспективных направлений исследования природной среды.

Под дистанционными методами понимается исследование поверхности Земли, которое осуществляется авиационными и космическими средствами, снабженными различными регистрирующими устройствами и съемочной аппаратурой. Наиболее обобщенным понятием является дистанционное зондирование Земли (ДЗЗ).

Главное достоинство дистанционных методов заключается в том, что можно вести наблюдения без прямого контакта с объектом изучения, при котором непосредственные исследования будут сводиться к минимуму. Они позволяют просматривать обширные участки земной поверхности, выявить изменения рельефа на огромных по площади территориях. К тому же, дистанционными методами возможно изучать явления, которые возникают на труднопроходимых и мало освоенных участках Земли.

В отличие от других методов они выгодны тем, что обходятся сравнительно недорого. Более того, при использовании дистанционных методов получение данных и информации с земной поверхности осуществляется в весьма короткие сроки.

С развитием инновации в мире совершенствуются методы дистанционного зондирования Земли. Поэтому они до сих пор активно используются при исследовании земной поверхности и решении различных прикладных задач. Посредством данных дистанционного зондирования изучают рельеф местности, почвенные и растительные покровы, строение земной коры, магнитные и гравитационные поля Земли, динамику развития разнообразных геологических процессов, находят месторасположение залежей полезных ископаемых и др.

В зависимости от способа получения информации и от типа съемок данные дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) подразделяются на следующие виды (рис. 12): подводные фотосъемки, фототеодолитные съемки, аэрофотосъемки, а также космические съемки.

Помимо этого, дистанционное зондирование классифицируется по таким характеристикам, как источник сигнала, расположение приемных устройств (приемников), тип приемника, тип носителя аппаратуры.

Наиболее значимым инструментом сбора информации и данных о земной поверхности являются приемные устройства. Приемники – это регистрирующие приборы, фиксирующие излучения электромагнитных полей Земли. Выделяют три вида приемников в соответствии с их месторасположением:

- 1) наземные (в том числе надводные);
- 2) воздушные (атмосферные или аэрокосмические);
- 3) космические.

Дистанционные методы исследований подразделяются на три этапа (рис. 10):

- 1) получение исходных материалов съемки;
- 2) обработка материалов съемки;
- 3) создание карт и некартографических материалов по обработанным материалам съемки (рис. 13).



Рис. 12. Виды дистанционного зондирования



Рис. 13. Этапы дистанционных методов исследований

Необходимо подчеркнуть, что методы дистанционного зондирования Земли бывают активными и пассивными. Активный метод использует излучение объектов вынужденного характера, образующееся как следствие влияния искусственного источника света. Пассивные методы дистанционного зондирования применяют вторичные тепловые излучения объекта или естественно отраженные, которые возникают под воздействием солнечной радиации.

Диапазон электромагнитных волн меняется от 10-10 м (коротковолновое космическое излучение) до 1010 метров (радиоволны). В силу некоторых особенностей у различных типов объектов (горные породы, почвенные и растительные покровы, поверхности водотоков и водоемов, и многое другое) поглощение и отражение электромагнитных волн в определенных диапазонах радиочастот (диапазон длин волн) происходит по-разному. Данный фактор обуславливает возможность распознавания и систематизации объектов на снимках.

Снимки, сделанные космическими аппаратами, и аэрофотоснимка являются наиболее часто используемыми видами дистанционного зондирования Земли.

При исследованиях земной поверхности зачастую применяются многоканальные снимки. Их съемка осуществляется со спутников Landsat 7 и Landsat 8. Эти спутники обладают 11 каналами съемок с различными

диапазонами длин волн (табл.3). Многоканальные снимки можно скачать на официальном сайте геологической службы США (USGS Earth Explorer). Для этого необходимо пройти регистрацию на сайте. Многоканальные снимки являются общедоступными и предоставляются бесплатно.

Специфика многоканальных снимков обусловлена особенностями волновых свойств каналов и их комбинаций, которые позволяют получить всю необходимую информацию о разнообразных природных и антропогенных объектах, геологических процессах. Комбинация каналов у разных моделей спутников Landsat отличаются. Это возникает в результате модернизации и доработки предшествующих спутников.

Данные, которые получаются с космических аппаратов, в действительности являются мультиспектральными изображениями. Для извлечения информации из снимков необходима их интерпретация и определение физического смысла этих данных. Процессы опознавания и однозначного определения объектов на снимке обобщены понятием дешифрирования изображений.

Применение многоканальных снимков позволяет создавать и обновлять топографические карты, рассчитать вегетационных индекс (NDVI или индекс озеленения), исследовать рельеф земной поверхности, выявить воздействие негативных процессов и т.д.

Таблица 2

Основные спектральные каналы оптико-электронной аппаратуры КА ДЗЗ и возможное применение полученной в них информации

Наименование спектрального канала (русский/английский)	Обозначение спектрального канала в документации	Длины волн спектрального канала, мкм (µm)
	Применение спутниковой информации в дистанционном зондировании Земли и других приложениях	
Видимый синий/Blue (violet)	Band 0, B0	0,42-0,55
	Получаемые данные используются для оке-	

	<p>анографических приложений и проведения атмосферных коррекций данных ДЗЗ, в частности, при вычислении некоторых индексов озелененности.</p>	
Видимый синий/Blue	Band 1, B1	0,45-0,52
	<p>Зона предназначена для отображения побережий, батиметрии, наносов; дифференциации грунта от растительности и лиственной от хвойной флоры, картографирования типов леса, обнаружения искусственных сооружений. Она менее подходит для оценок вегетации и изучения хвойных лесов. В ней вполне хорошо фрагментируются структурные горные породы (например, сланцы, фосфаты, эвопориты, эвопораты), сильно рассеивающие синий свет в этой зоне и иногда – в зоне 2, т. е. в видимом зеленом. Атмосферные эффекты основной вклад вносят в видимой части спектра – более 70% рассеянного излучения приходится именно на зону спектра band1.</p>	
Видимый зеленый/Green	Band 2, B2	0,52-0,60
	<p>Зона соответствует максимальному коэффициенту отражения зеленой (здоровой) растительности и используется для таксации леса. Также используется для идентификации искусственных объектов местности и составления карт концентрации наносов и осадков в мутных водах. Она лучше подходит для выявления горных пород богатых 2-х валентным (закисным) железом по сравнению с 3-х валентным.</p>	
Видимый красный/Red	band3, B3	0,63-0,69
	<p>Зона нужна для того, чтобы различать множество разновидностей растений, так как содержит полосу поглощения хлорофилла. Смещение этой полосы по спектру может применяться для определения видового состава растений. Также, она используется для определения границ почв и геологического оконтуривания (залежей, рудного тела, нефтяных полей), искусственных объектов. Она более предпочтительна для горных пород и почв, богатых железом, особенно 3-х</p>	

	валентным.	
Ближний инфракрасный/Near InfraRed	band4, B4, NIR	0,76-0,90
	<p>Зона особенно чувствительна к количеству вегетационной биомассы, представленной снятой сцене. Это полезно для идентификации сельскохозяйственных почв / культур, оценки урожайности, а также для определения береговых линий водных объектов на местности (по контрасту воды / грунта). Максимум интенсивности излучения хлорофилла от здоровой растительности получается в характеристике «красной границы» по разнице между сигналами в 3 и 4 зонах спектра. Растительность, загрязненная нефтепродуктами, может также показать измеримое смещение на «красной границе». В отсутствие растительности соотношение сигналов в диапазоне с 1 по 5 каналы показывает отношение содержания в горных породах и минералах 2-х валентного железа к 3-х валентному.</p>	
Коротковолновый инфракрасный/Short Wave Infrared (Middle InfraRed)	band5, B5, SW IR, MIR	1,55-1,75
	<p>Зона чувствительна к содержанию воды в растительности и почвах, оценка которого является полезной в стадии плодоношения изучения засухи и исследований здоровья растений. Вещество, содержащее воду, дает сигнал ниже, чем сухой материал. На участках свободных от растительности в данном диапазоне спектра дифференцируются соответствующие различные оксиды железа, содержащиеся в породах и почвах, и обычно в ней отлично отображаются выветренные горные породы. Эта зона – одна из немногих, в которой можно дифференцировать облака от снега и льда (низкий сигнал – от снега, интенсивный – от облаков).</p>	
Тепловой инфракрасный	band 6, B6 TIR	10,40-12,50
	<p>Тепловой ИК участок, используемый для определения температуры подстилающей поверхности, интенсивности теплоты объектов. Эта зона предназначена для оценок урожая «на корню» обнаружения и анализа нагрузок на растительность, применения</p>	

	инсектицидов, и для определения теплового загрязнения. Может также использоваться, чтобы обнаруживать геотермальную активность. Предпочтительнее для отображения темных породообразующих минералов с высокой плотностью.	
Коротковолновый инфракрасный/Middle InfraRed	band 7, B7, MIR	2,08-2,35
	Зона важна для выделения типов геологических пород. Она была отобрана из-за наличия потенциала для того, чтобы различать горные породы, измененные гидротермальные зоны и для других исследований в целях геологоразведки. В данной зоне спектра богатые кремнием материалы, пыль в воздухе и оголенные почвы часто дают относительно высокий сигнал. Зона важна для выделения границ почв, а также степени увлажненности почв и растительности.	

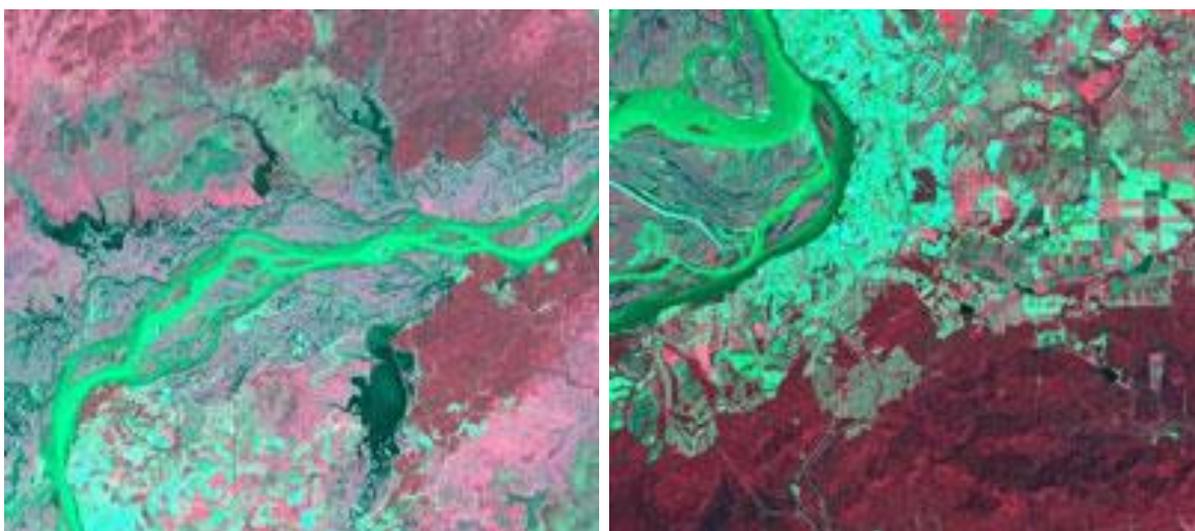


Рис. 14. Снимки комбинации каналов 4-3-2 данных Landsat 8

Комбинация каналов 4-3-2 (рис. 14) является стандартной, которая образует композицию «искусственных цветов». При этой комбинации данные инфракрасного канала изображаются красной гаммой. Для растительного покрова характерны различные оттенки красного цвета, городские территории представлены сине-голубым окрасом. Цвет почвы выражен от темных тонов до светло-коричневых. Облака, покровы льда и снега отображаются белыми или светло-голубыми цветами.

Композиция «искусственных цветов» применяется для многих целей. Она позволяет изучать растительный покров на различных фазах созревания урожая сельскохозяйственных культур, степень насыщения почвой (грунтом) воды (увлажненность). В отличие от других пород деревьев с твердой древесиной, породы хвойных деревьев отображаются в гораздо темных оттенках красного и коричневого цветов. Следует обратить внимание, что насыщенные оттенки красного цвета показывают здоровый растительный покров, к которым относятся хвойные деревья и лиственные породы (деревья с широкими и мелкими лиственными пластинками). Блеклыми оттенками красного обозначаются травяной покров и редкая кустарниковая растительность.

Городские районы с плотной застройкой и их агломерации отображаются оттенками сине-голубого цвета. Изображение местности территории при комбинация 4-3-2 спектральных каналов подобно привычной инфракрасной аэрофотосъемке.



Рис. 15. Снимки комбинации каналов 3-2-1 данных Landsat 8

Комбинация 3-2-1 спектральных каналов (рис. 15) создает так называемую композицию «натуральных цветов», которая аналогична цветным фотоизображениям. При данной комбинации применяются полосы видимой части электромагнитного спектра, доступные для зрения человека.

В результате обработки снимков объекты местности получаются приближенными к естественным цветам.

При композиции «натуральных цветов» здоровый растительный покров на снимках изображается в зеленом цвете, убранные от сельскохозяйственных культур поля – в очень светлых тонах. Окраска растений, которые поражены болезнетворными микроорганизмами, может меняться от желтых до коричневых. Дорожные сети отображаются в сером цвете, а береговые линии в белесом. Облака и снежный покров будут иметь белый цвет, поэтому на практике их трудно различить друг от друга.

Комбинация 3-2-1 спектральных каналов позволяет отследить распределение водных объектов на земной поверхности. Они часто используются при батиметрическом картографировании мелководий, определении месторасположения наносов осадочных пород, исследованиях городских районов местности и других объектов антропогенного происхождения. Лесные вырубки и территории с редким растительным покровом трудно распознаются на снимках, чем при комбинациях каналов 4-5-1 или 4-3-2. Следует отметить, что при комбинации 3-2-1 виды растительности также плохо распознаются в отличие от комбинации 4-5-1. Мелководья и почвенные покровы также являются едва различимыми, чем при комбинации 7-5-3. К тому же, композицию «натуральных цветов» применяют при первичных просмотрах результатов съемки, для визуального дешифрирования объектов на местности.

Комбинация каналов 7-4-2 (рис. 16) позволяет получить снимки близкие к естественным цветам независимо от присутствия частиц и смога в атмосфере. Здоровый растительный покров изображается ярко-зеленым цветом. Во время вегетационного периода (или сезона созревания) растения могут иметь насыщенный зеленый оттенок. Территории лугов и пастбищ также отображаются зеленым, а районы с бедным почвенным покровом окрашиваются в розовый цвет. Области со скудным растительным покровом проявляются в оттенках оранжевого и коричневого. Земли с сухой

растительностью представлены оранжевой гаммой. Цвета водных объектов выражены в голубых и синих тонах. Поверхности песков, почвенных покровов, грунтов и минералов изображаются в различных оттенках цветовой палитры.

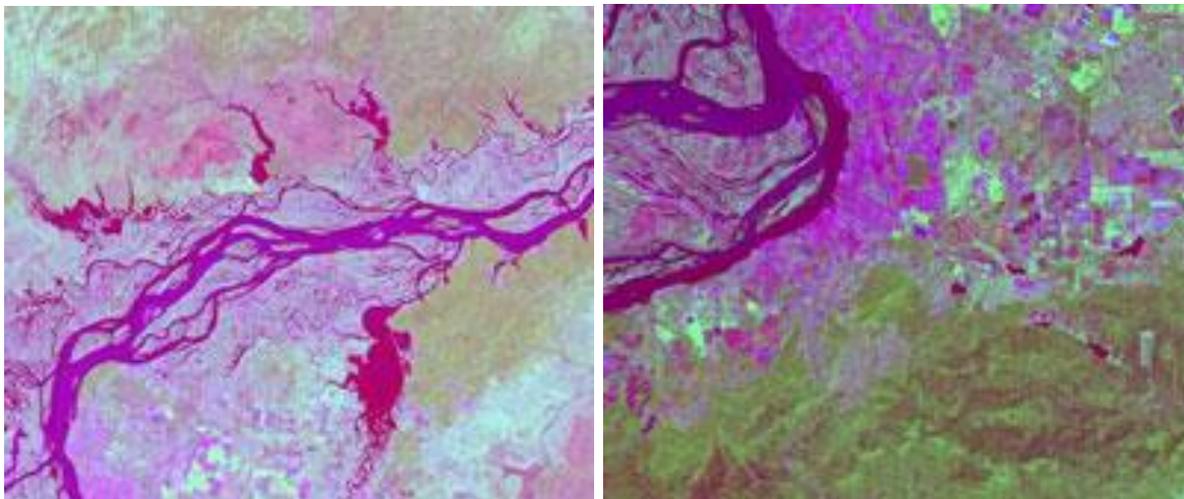


Рис. 16. Снимки комбинации каналов 7-4-2 данных Landsat 8

Комбинация каналов 7-4-2 наиболее широко применяется при изучении земель сельскохозяйственного назначения и территорий, которые подвержены заболачиванию. В случае присутствия на снимках зоны пожаров или огней, после обработки они будут изображены оттенками красного цвета. Кроме того, данная комбинация позволяет произвести оценку степени зарастания лесом территорий, которые были уничтожены пожаром, получить необходимую информацию для последующего управления хозяйством на сгоревших участках.

Земли городской застройки отображаются на снимках пурпурным цветом. Светло-зелеными включениями внутри городских районов обозначается травяной покров земли (парки, кладбища и др.). Территории лугов и пастбищ представлены светло-зеленой гаммой. Цветовые оттенки от коричнево-зеленых до ярко-зеленых характерны для лесных массивов с хвойными породами.

Эту композицию также использует и для геологических исследований. Она дает возможность определить типы горных пород. При комбинации каналов 7-4-2 необходимо использовать снимки засушливых террито-

рий и пустынь. Поскольку на поверхностях горных пород, насыщенных водой, цветовая палитра плохо выделяется.

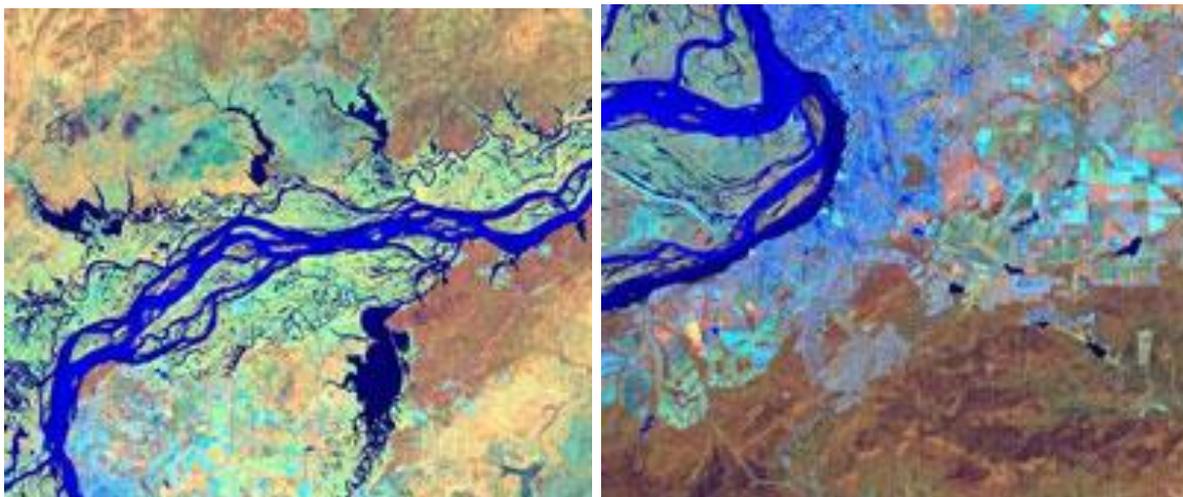


Рис. 17. Снимки комбинации каналов 4-5-3 данных Landsat 8

Комбинация каналов 4-5-3 (рис. 17) применяется при оценке состояния растительного покрова и поверхностей горных пород. Данная комбинация позволяет определить различные виды растительности, границы земель и водных объектов. Главным достоинством этой композиции является детальность, которую практически невозможно получить в видимом диапазоне электромагнитного спектра. На точность определения водных объектов влияет количество используемых инфракрасных каналов (чем больше, тем точнее). Увлажненные почвенные покровы на снимках будут отображаться более темными. Связано это с тем, что в инфракрасном диапазоне электромагнитного спектра вода поглощает солнечное излучение.

При комбинации каналов 4-5-3 виды растительности и её состояние проявляются разнообразными наборами оттенков и тонов коричневого, зеленого и оранжевого цветов, зеленого и оранжевого цветов. Данная композиция отражает различные степени содержания воды в почве и пригодна для анализа горных пород, растительного и почвенного покровов.



Рис. 18. Снимки комбинации каналов 7-5-3 данных Landsat 8

Комбинация каналов 7-5-3 (рис. 18) применяется крайне редко. Она позволяет получить псевдо-натуральные цвета. При текущей композиции цветовая палитра снимки приближена к естественным. Композиция используется для анализа атмосферной дымки, состояния взвешенных частиц и содержания дыма в атмосфере.

Растительный покров отображается в темно- и светло-зеленых тонах, городские территории – в белых, серых или пурпурных. Поверхности почв, песков и минералов представлены разнообразными цветовыми палитрами.

Стоит заметить, что вода, снежный покров и лед практически полностью поглощают солнечное излучение в среднем диапазоне инфракрасного электромагнитного спектра. Поэтому на изображении легко распознаются береговые линии, водотоки и водоемы. Территории, подверженные подтоплению, имеют серый окрас и едва заметны на снимках.

Участки земной поверхности, обладающие повышенной температурой из-за лесных пожаров и воздействия вулканов, изображаются красным или желтым цветом. По этой причине, комбинацию каналов 7-5-3 используют и при мониторинге лесных пожаров.

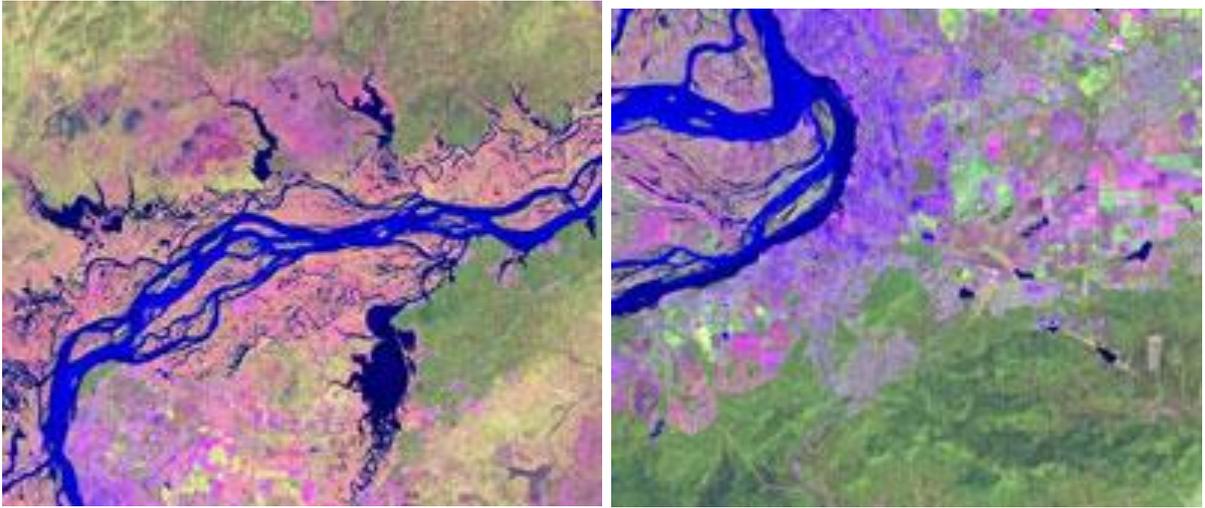


Рис. 19. Снимки комбинации каналов 5-4-3 данных Landsat 8

Комбинация каналов 5-4-3 (рис. 19) является аналогичной комбинации 4-5-1. Она предоставляет большой объем информации и многообразие цветовых оттенков. При данной композиции здоровый растительный покров отображается в ярко-зеленых тонах, почвы и грунты – в розовато-лиловых, сиреневых. Эта комбинация незаменима при изучении растений, их заражения болезнетворными микроорганизмами. Чаще всего применяются в сфере управления лесозаготовками и при исследованиях лесных сообществ.



Рис. 20. Снимки комбинации каналов 5-4-1 данных Landsat 8

Комбинация каналов 5-4-1 (рис. 20) имеет сходство с каналами 7-4-2. Здоровый растительный покров представлен ярко-зеленым цветом. Комбинация используется при оценке сельскохозяйственных земель.

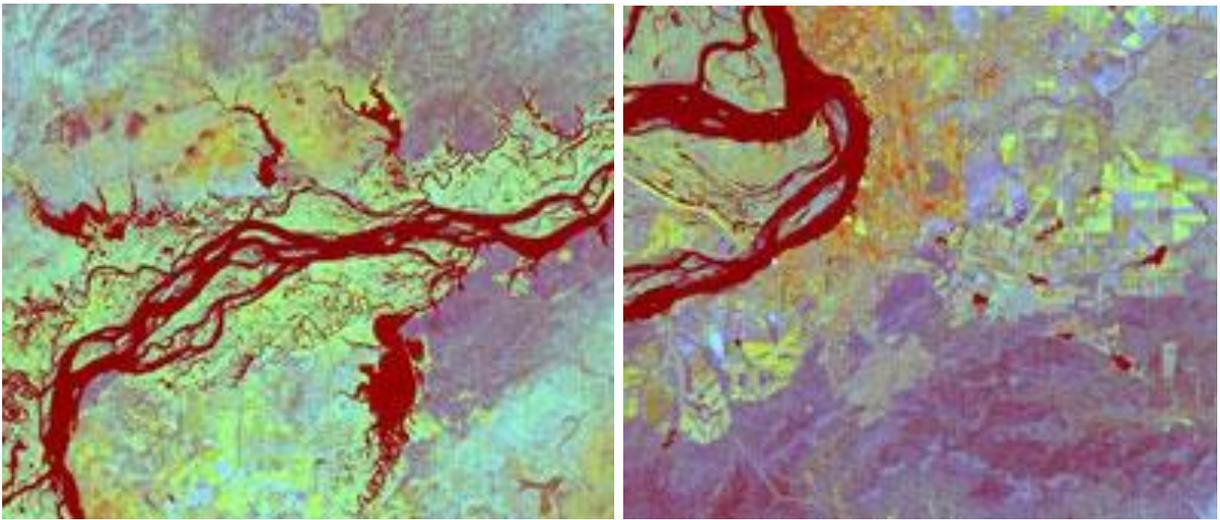


Рис. 21. Снимки комбинации каналов 7-5-4 данных Landsat 8

В состав комбинации каналов 7-5-4 не входят каналы видимого диапазона электромагнитного спектра. Используется она при анализе состояния атмосферной среды. При текущей композиции береговые линии отчетливо видны на изображениях. Растительный слой отображается голубым цветом.

Комбинация каналов 7-5-4 находит применение при изучении текстуры и влагосодержания почвенного покрова.



Рис. 22. Снимки комбинации каналов 5-3-1 данных Landsat 8

При комбинация каналов 5-3-1 (рис. 22) на изображениях отражаются морфологические особенности и текстура горных пород. Тем временем, с использованием комбинации каналов 7-3-1 возможно определение только их состава.

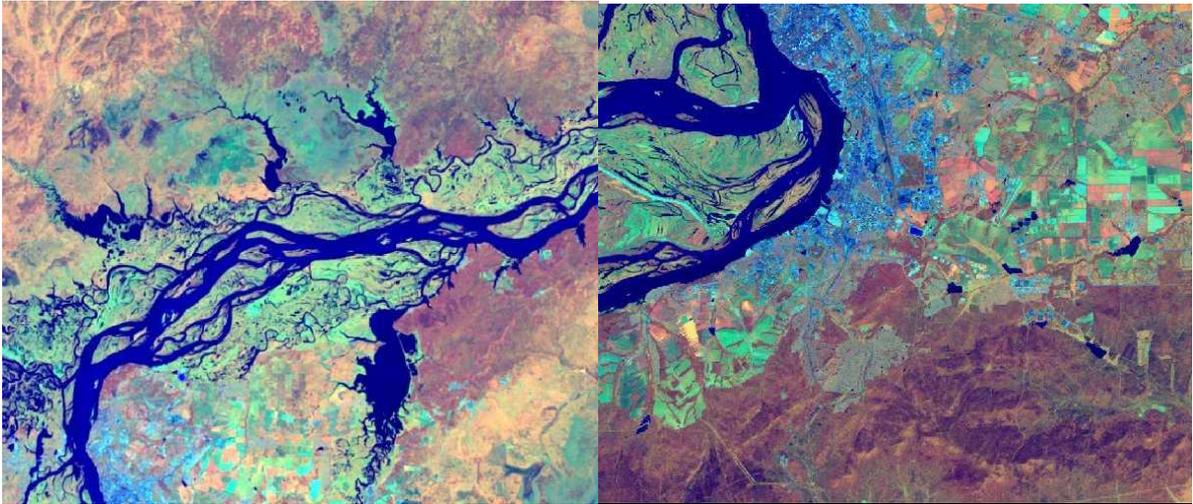


Рис. 23. Снимки комбинации каналов 4-5-1 данных Landsat 8

Комбинация каналов 4-5-1 (рис. 23) используется для изучения растительного покрова и водных объектов. При этой комбинации водные объекты могут быть представлены оттенками сине-голубого цвета в соответствии с их глубиной, содержанием взвешенных частиц в толще воды и другие. Растительный покров выражен зеленым цветом и оттенками от оранжевого до коричневого. Ярко-голубые тона характерны для участков, на которых происходила вырубка лесов. Красным цветом отображаются восстановленные территории или земли с редкой растительностью.

Необходимо подчеркнуть, что эта комбинация не предназначена для изучения антропогенных объектов (здания, сооружения, дорожные сети, аэродромы и т.д.) в силу возможных рисков при дешифрировании снимков. Преимущественное влияние на распознавание этих объектов оказывают атмосферные осадки. Проблему можно решить, если сделать сравнительный анализ снимков различной комбинацией каналов.

В результате комбинации каналов 5-4-2 получают изображения местности в псевдоцветах (pseudo color). Естественные (натуральные) цвета объектов отличаются от тех, которые представлены на снимках этой композиции. Дорожные сети могут быть окрашены в красный, водные объекты в желтый, растительный покров в синий. Данные после тематической обработки снимков также будут преобразованы в псевдоцвета.

В большинстве случаев, изучение деградиционных процессов почвы дистанционными способами осуществляется на основании аэрокосмических методов. Выбор аэрокосмических методов обусловлен рядом преимуществ, которыми они обладают.

Аэрокосмические методы представляют собой набор снимков, сделанных с космических или других летательных аппаратов.

Аэрокосмические снимки обладают огромным потенциалом возможностей при изучении природных и антропогенных объектов. Они предоставляют большой объем информации о земной поверхности в отличии от других методов исследований.

Использование аэрокосмических методов съемки гораздо упрощает процесс изучения. Поскольку значительная часть работ выполняется в камеральных условиях. Они являются хорошей альтернативой полевым методам исследований, требующих больших затрат. При использовании аэрокосмических методов отпадает необходимость в осуществлении полевых экспедиционных исследований, которая окупает материальные расходы на организацию поездки. Со снимками удобно работать и в том плане, что ими можно пользоваться постоянно, изучать долгое время без больших затрат времени и средств.

Аэрокосмические съемки земной поверхности характеризуются тем, что регулярно повторяются. Вследствие чего появляется возможность вести наблюдения с любой периодичностью (год, месяц, день, час, минута), которая позволяет отслеживать темпы роста различного рода процессов и явлений во времени. К примеру, при исследовании процессов деградации почв можно определить их скорости развития и посчитать площадь вынесенного грунта.

Аэрокосмические съемки выполняются в широких диапазонах электромагнитного спектра, при которых возможно наблюдать за земной поверхностью в любое время года и суток, при любых погодных условиях.

Для аэрокосмических методов характерны высокая производительность, быстрое получение информации. В современное время аэрофотоснимки и космические снимки являются общедоступными и могут быть использованы любой категорией людей. Стоит заметить, что эти особенности служат определяющими факторами при решении отдельных видов задач.

Одними из множества других достоинств аэрокосмических методов выступает их дешевизна относительно остальных методов исследований. Тем не менее, необходимо учесть то, что тарифы цен аэрокосмических методов непосредственно зависят от вида летательного аппарата. Выделяют:

- *воздушные летательные аппараты* (беспилотные летательные аппараты (БПЛА), самолеты, вертолеты, планеры, воздушные шары, авиомоторные модели управляемые по радио);

- *космические летательные аппараты* (спутники, ракеты, космические корабли и т.д.)

Самыми распространенными и простыми в использовании видами летательного аппарата считаются беспилотные летательные аппараты: дроны или квадрокоптеры (рис. 24).



Рис. 24. Беспилотный летательный аппарат

Применение беспилотных летательных аппаратов значительно упрощает процесс выполнения научных и практических исследований. Они обладают целым рядом преимуществ, такие как компактность, оперативность. Беспилотные летательные аппараты имеют сравнительно маленькие размеры, их производство не требует больших затрат. БПЛА получают снимки хорошего качества с высоким разрешением и детальностью (Шовенгердт, 2010).

Аэрокосмические методы имеют и недостатки, независимо от огромного количества достоинств, которыми они обладают. Они менее точные по сравнению с полевыми методами. Данные с космических аппаратов не применяются при создании топографических карт и планов. Для обработки снимков необходимо специальное оборудование и программное обеспечение. Кроме того, для их обработки и анализа требуется высокая квалификация и большой практический опыт (Шалькевич, 2005).

Глава 2. Печищинский геологический разрез как объект исследований

Исторически сложилось, что волжские берега являются ассиметричными: высокий, обрывистый правый берег и более пологий левый. Причиной такой асимметрии послужила многовековое отклонение русла реки вправо. Практически напротив Казани наблюдается резкий поворот, где река Волга обтекает Верхнеуслонскую антиклиналь, постепенно размывая берега. В результате чего эрозионный уступ обнажает слои пермского возраста, а береговой склон между Печищами и Набережными Морквашами вскрывает нижнюю часть верхнеказанского подъяруса.

История села Печищи (рис.), находящегося близ разреза, начинается в 1600 году. В то время селяне добывали бутовый камень-известняк для строительства монастырей и Казанского Кремля. Поэтому Казань и называют белокаменной. Несколько веков, вплоть до 1932 года, добычу камня производили открытым способом. Гипс или иначе алебастр после обжига размалывали, вручную катая по кругу большие камни. Затем эти камни везли на алебастровый завод, который располагался по дороге в Верхний Услон, где осуществляли обработку известняка и гипса. Рядом с заводом были размещены штольни, уходящие вглубь Услонской горы. Говорят, что одна из таких штолен тянется под землей на три километра. Вполне возможно, что на сегодняшний день, система местных каменоломен и штолен может быть самой большой и длинной в Республике Татарстан.

Долгое время село Печищи было центром горного производства. Добываемый здесь известняк считался очень высококачественным, поэтому за ним приезжали из разных уголков России.

В 80-х годах прошлого века из-за нерентабельности завод был закрыт, а вход в шахту замурован. Однако подземелье дает о себе знать в виде карстовых провалов и воронок.

На берегу села Печищи до сих пор сохранились остатки старых заброшенных печей для обжига известняка и гипса. Именно от печей и про-

изошло название села. Когда то печей было около 20-ти. Сейчас почти целиком сохранилась только одна. Она стоит на самом берегу и напоминает маяк.

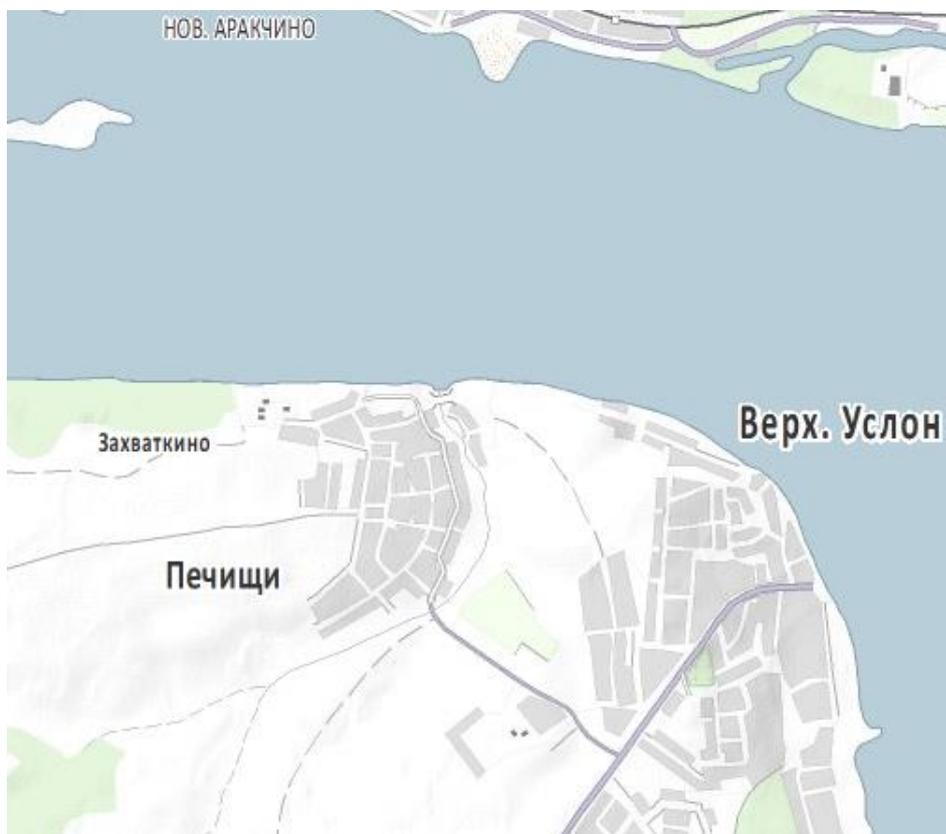


Рис. 25. Месторасположение Печищинского сельского поселения

Печищинское сельское поселение представляет собой кладезь геологических памятников, так как здесь «собраны» особо ценные памятники культуры.

Однако наиболее знаменитым объектом является Печищинский геологический разрез (рис. 26).

Вот уже многие годы Печищинский геологический разрез служит объектом для научных, геологических и многих других исследований или изысканий. Обращает на себя внимание отечественных и зарубежных исследователей. Заинтересованность научных деятелей Печищинским разрезом связано с тем, что на поверхности разреза вскрываются слои пермского возраста. Собственно, слои пермского возраста представлены в роле эталонного разреза верхнеказанского подъяруса.



Рис. 26. Печищинский геологический разрез

Месторасположение Печищинского геологического разреза приурочено к правому берегу реки Волги, у села Печищи и недалеко от самого города Казани (рис. 27). Размер имеет общую площадь более 250 га.



Рис. 27. Картограмма исследуемой территории

Впервые Печищинский геологический разрез был описан ещё в далеком 1899 году в трудах геолога Михаила Эдуардовича Ноинского. В дальнейшем подвергался изучению таких исследователей, как Г.П. Игнатович, Е.Н. Ларионова, Е.И. Тихвинская, В.А. Чердынцев и многих других (Шевелев, 2007).

Печищинский геологический разрез признан одним из самых крупных осадочных бассейнов земли Пермского периода – наиболее крупного геодинамического цикла в истории Земли. А в Печищах этот цикл представлен в своем истинном и первозданном виде.

Каждый слой в Печищинском разрезе соответствует отложениям определенной эпохи, в сумме которые насчитываются около миллионами лет. Белые и серые толщи доломитов перемешиваются коричневыми, зеленоватыми и ржаво-бурыми глинами, также обнаруживаются и вкрапления белого гипса.

Отложения Пермского периода встречаются на площади разреза повсеместно и в основном они принадлежат к биармийскому отделу системы (рис. 28).

Эра-те-ма	Сис-те-ма	Отделы и подотделы	Ярус	Возраст, млн лет		
				1	2	
Палеозойская PZ	Пермская P	Татарский P ₃	Вятский P _{3v}	251±3	251,0±0,4	
			Северодвинский P _{3s}	265,8	265,8	
		Биармийский P ₂	Уржумский P _{2ur}	270,6	270±0,7	
			Казанский P _{2kz}			
		Приуральский P ₁	Уфимский P _{1u}	(280)	(295±5)	
			Кунгурский P _{1k}			
			Артинский P _{1ag}			275,6±0,7
			Сакмарский P _{1s}			284,4±0,7
			Ассельский P _{1a}			294,6±0,8
					299,0±0,8	

Рис. 28. Стратиграфические подразделения Печищинского разреза
(Стратиграфический кодекс России, 2006)

В составе биармийского отдела (P_2) выделяются отложения казанского и уржумского ярусов, которые имеют суммарную мощность до 360 м, выходящие на дневную поверхность. В составе казанского яруса представлены нижнеказанские и верхнеказанские подъярусы. Печищинскому разрезу характерен верхнеказанский подъярус, поскольку он имеет наибольшее распространение (Силантьев и др., 1998).

В основном нижнеказанские отложения слагаются известняками и доломитами с редкими включениями гипса. Внизу залегает пачка так называемая “лингуловых глин”. Верхнеказанские отложения представляются толщами чередующихся толсто- и тонкослоистых доломитов и известняков, глин, мергелей и песчаников. Уржумский ярус слагаются такими породами, как аргиллиты, алевролиты, известняки, мергели и доломиты. Глубина залегания кровли яруса возрастает от нескольких десятков метров до 180 м (Буров и др., 2003).

Необходимо подчеркнуть, что среди множества видов осадочных пород в слоях разреза все ещё сохранились остатки древней морской фауны. Прослеживаются там останки древних ископаемых животных, отпечатки древних рыб, моллюсков, а также морские лилии и водоросли.

Печищинский разрез является геологическим памятником природы (ГПП). Такой статус утверждён Постановлением Совета Министров Татарской АССР №251 от 19 мая 1972 года (Геологические ..., 2007).

Печищинский разрез, будучи памятником природы, обладает большой научной, познавательной и образовательной ценностью. Печищинский геологический разрез - эталон стратотипической местности пермского времени. Он служит не только фактографической базой для изучения окружающего мира, но и представляет важнейший элемент ландшафта. Ведь данный разрез единственный в своем роде, он уникален, не имеющий аналогов. Даже малейший ущерб, причиненный ему, может стать необратимым. Поэтому, согласно Федеральному закону от 14 марта 1995 года

№33 «Об особо охраняемых природных территориях», для Печищинского геологического разреза был установлен особый режим охраны (рис. 29) и он не подвергается хозяйственному использованию.



Рис. 29. Границы разреза как зоны с особым условием использования территории
Масштаб 1:5000
(Публичная кадастровая карта)

Сохранение геологических памятников природы (ГПП) всегда будет актуальной. Во многих странах, мероприятия по охране природы регламентируются законами различных уровней: государственного и местного. При этом ещё и реализуются специальные государственные программы по сохранению национального природного наследия и создается список объектов всемирного наследия.

Водораздельная поверхность исследуемого участка рассечена сетью многочисленных глубоких оврагов, которые имеют крутые обрывистые склоны, широкими балками и небольшими промоинами типа рытвин. Ведь именно здесь расположены два заповедных оврага – Каменный и Черемушки. Разрезы в этих оврагах получили статус геологических памятников природы в 1986 году.

Каменный овраг (рис. 30) является единственным в Приказанье местом, где на поверхность выходят мощные породы нижнеказанского подь-

яруса, толщиной от 6,8 до 7,8 м. Склоны оврага так же сложены коренными породами пермской системы.



Рис. 30. Каменный овраг

Овраг Черемушки (рис. 31) расположен в 1,5 километрах к западу от села Печищи. Он по размеру меньше Каменного оврага. Так как его площадь составляет всего 3 гектара. На обнаженных участках оврага видны породы нижнетатарского и верхнеказанского подъярусов.



Рис. 31. Овраг Черемушки

Помимо широко развитой овражно-балочной сети, в пределах верхнего плато исследуемой территории наблюдаются и карстовые образования в форме воронок, западин и колодцев. Самое глубокое карстовое образование – воронка (рис.32), имеющая 18-ти метровую глубину при ширине около 3 метров (Шевелев, 2007). Возникновение этой воронки связано с ходами заброшенной шахты, которые осыпаются и грунт, соответственно, проваливается внутрь.



Рис. 32. Карстовая воронка

Исходя из вышеизложенного, можно утверждать, что Печищи представляет собой «золотой фонд» объектов геологического наследия, так как именно здесь «собраны» особо ценные памятники культуры.

Глава 3. Материалы и методика исследований

3.1. Методика проведения научно-исследовательской работы

Любая исследовательская деятельность обусловлена совокупностью систем, которые ориентированы на решение определенного рода задач. Совокупность таких систем представлена принципами, формами, способами и средствами, широко применяемыми при выполнении исследовательских работ.

Все текущие составляющие объединяются под определением «методика проведения научно - исследовательской деятельности». Направление научного исследования будет выступать преобладающим фактором при выборе методики.

Цель выпускной квалификационной работы (ВКР) основана на выявлении деградационных процессов почвы на территории Печищинского сельского поселения Верхнеуслонского муниципального района Республики Татарстан посредством использования данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ).

В целом, основной упор в ВКР сделан на изучение динамики развития деградации почвенного покрова на примере склоновых процессов, преимущественно осыпных. Такой выбор связан с тем, что процессы осыпания особенно ярко выражены на территории исследования.

Весь объем необходимых работ выполнен с использованием данных дистанционного зондирования Земли. Соответственно, методика проведения исследовательской деятельности базировалась на комплексном подходе к сравнительному анализу аэрофотоснимков и космических снимков. К тому же, методика учитывала вычисление количественных характеристик динамики развития деградационных процессов почвы.

В ходе исследовательской деятельности, производимые действия условно были разделены на несколько этапов:

- подбор дистанционных методов зондирования Земли для выявления и изучения динамики развития деградационных процессов почвы;

- проведение дешифровочных работ;
- осуществление пространственной привязки аэрофотоснимков и космических снимков;
- выполнение оцифровки различных объектов местности;
- вычисление количественных характеристик динамики развития процессов деградации почвы;
- анализирование результатов вычислений;
- описание изменений рельефа местности исследуемой территории.

3.2. Подбор данных дистанционного зондирования Земли и их обработка

Первый этап научно-исследовательской деятельности выпускной квалификационной (ВКР) работы включал в себя подбор дистанционных методов зондирования Земли для выявления и изучения динамики развития деградационных процессов почвы. При исследованиях использовался набор снимков, сделанных при аэрокосмических съемках земной поверхности. Аэрокосмические методы дистанционного зондирования Земли были выбраны в силу их широких возможностей при исследованиях различного рода.

Одним из основных достоинств аэрокосмических методов является повторяемость съемок. Повторяемость позволяет вести наблюдения с любой регулярностью за процессами и явлениями, которые происходят на поверхности Земли. За счет периодичности наблюдений можно следить за динамикой развития различных процессов геологического характера.

Использование аэрокосмических методов съемок предоставляет возможность просматривать большие территории земной поверхности и крупные объекты местности. При этом отсутствует необходимость в осуществлении выезда на исследуемую территорию. К аэрофотоснимкам и космическим снимкам можно обращаться неоднократно, просматривать их можно неограниченное количество времени.

Кроме того, для аэрокосмических методов съемок характерна высокая оперативность, относительно быстрое получение необходимых данных с определенной информацией.

Характеристики снимков, как доступность, детальность, пространственное разрешение, дешифровочные качества, также оказали определенное значение при подборе дистанционных методов зондирования Земли для выявления и изучения динамики развития деградационных процессов почвы.

При научно-исследовательской работе исходными данными послужили:

- аэрофотоснимок Великой отечественной войны (аэрофотоснимок ВОВ) 1942-го года съемки (рис. 34);
- космические снимки 1966-го (рис. 35), 2002-го (рис. 36) и 2019-го годов съемки (рис. 37);
- цифровой ортофотоплан территории исследования 2013 года (рис. 33).

Ортофотоплан местности нам любезно предоставили авторы публицистической статьи «Возможности использования БПЛА при изучении труднодоступных участков геологических разрезов (на примере Печищенского стратотипа)» из журнала «Инженерная и горная геофизика».



Рис.33. Цифровой ортофотоплан (2013г.)



Рис. 34. Аэрофотоснимок ВОВ (SASPlanet, 1942г.)
Масштаб 1:16000



Рис. 35. Космоснимок (1966г.)

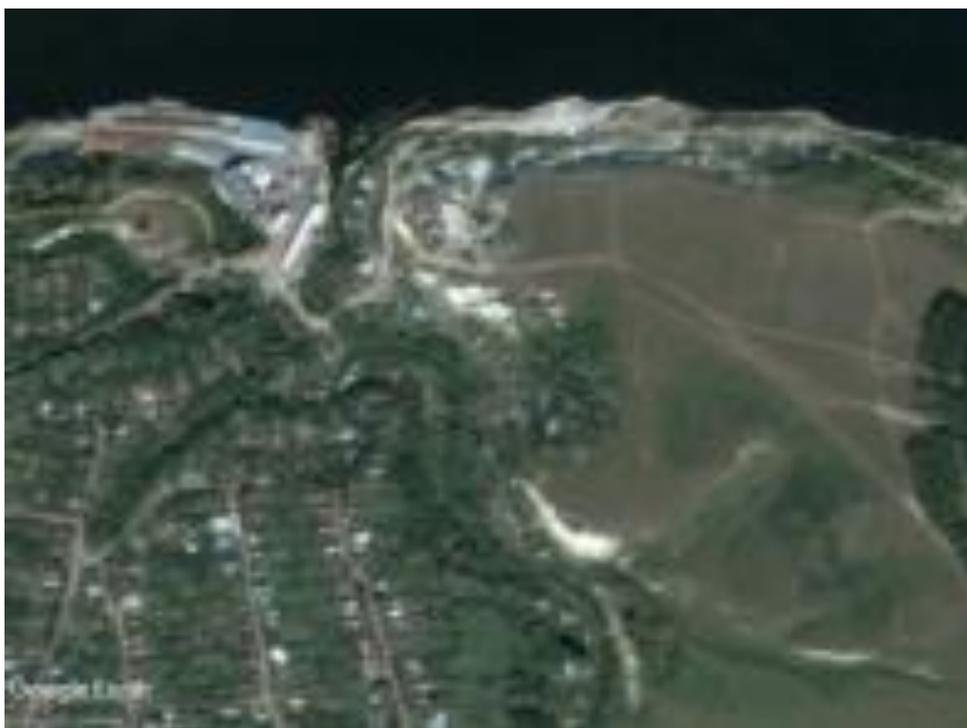


Рис. 36. Космоснимок (GoogleEarth, 2002г.)
Масштаб 1:16000

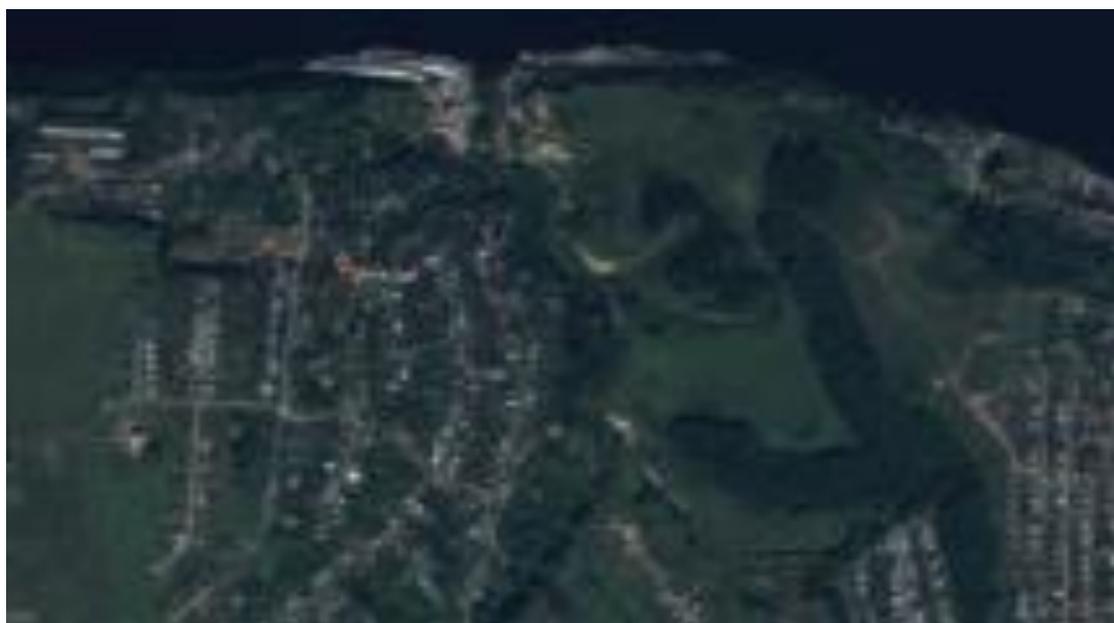


Рис. 37. Космоснимок (GoogleEarth, 2017г.)
Масштаб 1:16000

Загрузили исходные данные с использованием программ SASПланета (SASPlanet) и Google Планета Земля, специализированных в области дистанционного зондирования Земли. SASПланета (SASPlanet) и Google Планета Земля представляют собой уникальные навигационные програм-

мы, которые позволяют просматривать карты и спутниковые фотографии земной поверхности, сохранять и загружать необходимые аэрофотоснимки и космические снимки. В этих программах также возможно визуализировать географические данные (геоданные) Земли, присутствует функция обработки снимков.

Однако программа SASПланета предоставляет более широкий круг возможностей, чем Google Планета Земля. Поскольку в SASПланета имеются файлы привязки космических снимков с известными координатами в заданных проекциях карт. В программе Google Планета Земля такое не предусмотрено.

Итак, космические изображения из программы SASPlanet были выгружены в заданной проекции Geographic (Latitude/Longitude) / WGS84 / EPSG:4326.

WGS 84 (World Geodetic System 1984), так называемая географическая, является международной геодезической системой координат, которая полностью отображает всю поверхность Земли. Координаты обозначаются градусами широты и долготы. Эта самая математически простая проекция. Используется она для ориентирования в мировом пространстве.

При выгрузке космических снимков в качестве результирующего формата указали JPEG. В дальнейших этапах научно-исследовательской работы потребуются привязки снимков для присвоения объектам космических изображений корректного пространственного месторасположения. В связи с чем, дополнительно создали электронные файлы привязок в формате TAB.

В силу некоторых особенностей стандарта JPEG, космические снимки с высоким разрешением при сохранении в данном формате искажаются появлением блоков пикселей. Все это способствует ухудшению качества снимков, влияющее на распознавание самих объектов и их границ на изображении. Поэтому космические снимки были конвертированы из JPEG в TIFF формат с использованием программы GTT (иначе конвертера).

При любых видах работ или исследований, где приходится использовать данные дистанционного зондирования Земли, главным фактором правильной интерпретации объектов космических снимков является дешифрирование. Поскольку его назначение состоит в том, чтобы получить смысловую информацию об различных объектах местности.

Дешифрирование загруженных космических снимков проводилась по определенным свойствам объектов, которые отображены на этих изображениях. Эти свойства объектов на научном языке называются дешифровочными признаками. При дешифрировании также были использованы картографические материалы.

Распознавание объектов местности требовалась для дальнейшей обработки материалов съемки, а именно для пространственной привязки космических изображений, наблюдения за динамикой развития различных видов геологических процессов и для выявления изменений рельефа природной среды.

При распознавании объектов дешифровочными признаками послужили: формы объектов, конфигурация объектов (расположение на местности), отражение теней, рисунок фотоизображения, размеры объектов.

Отражения теней позволили распознать бровку склона и деревья, которые размещены одиночно или небольшими группами. Из-за теней деревья и бровка склона приобретают объемную форму. У отдельно стоящих деревьев также можно увидеть проекции крон, а их тени вытянуты в одну сторону.

Посредством тени и его отражения, получилось определить бровки склона на аэрофотоснимке ВОВ 1942 г., космических снимках 1966-х, 2002-х и 2017-х гг. На цифровом ортофоплане 2013 года контур бровки сочетается с границей растительного покрова, которым покрыта водораздельная поверхность. По форме тени удалось разобрать очертания земной поверхности исследуемой территории.

Формы объектов или их конфигурации распознаются на изображениях в первую очередь. С их помощью можно установить наличие объектов на местности и их свойства. При верхнем ракурсе формы объектов воспринимаются несколько иначе, чем они выглядят в действительности. Для зрительной системы человека они являются непривычными.

Формы объектов позволили опознать систему дорог. По сравнению с рекой, для дорог характерна вытянутая форма и плавные изгибы.

При выявлении объектов антропогенного происхождения учитывается их конфигурация, которые имеют правильный геометрический контур.

Размер объектов является ненадежным признаком при проведении дешифрирования. Ведь они дают возможность оценивать только относительный размер объектов. Жилые строения, сооружения различного вида пользования были определены разницей из размеров на снимках и в действительности.

Овраги и промоины идентифицируются на космических снимках рисунком фотоизображения. На аэрофотоснимке ВОВ овраги представлены древовидным рисунком, для которого характерна расчлененная форма.

По прямоугольным рисункам получилось распознать территории огородов и обрабатываемые земли сельскохозяйственного назначения. Эти объекты отображены прямоугольной формой.

По итогам проведения дешифрирования были получены предметные, тематические (качественные) информации об объектах и различных геологических процессах на основании космических снимков (Богомолов, 1976).

3.3. Пространственная привязка и расчеты

Существует различные способы изучения динамики развития процессов деградации почвы с использованием дистанционных методов. Одним из таких способов является пространственная привязка аэрофотоснимков и космических снимков.

Пространственная привязка - это процесс, при котором векторным объектам карт и снимков присваивают пространственное местоположение с применением систем координат. С помощью таких карт и снимков можно просматривать данные, анализировать их вместе с другими географическими данными, делать к ним запросы, изучать динамику развития разнообразных процессов, рассчитать количественные характеристики различных векторных объектов, определять положение объектов и их изменения во времени (Елисеев, Гаврилова, 2008).

Пространственная привязка аэрофотоснимков и космических снимков происходила с использованием пространственных (целевых) данных (рис. 38). В качестве целевых данных выступил снимок 2019 года, с уже имеющейся пространственной привязкой и с заданной системой координат. Космические снимки 1942-х, 1966-х, и 2002-х годов и цифровой ортофотоплан 2013 года были задействованы как привязываемые растры.

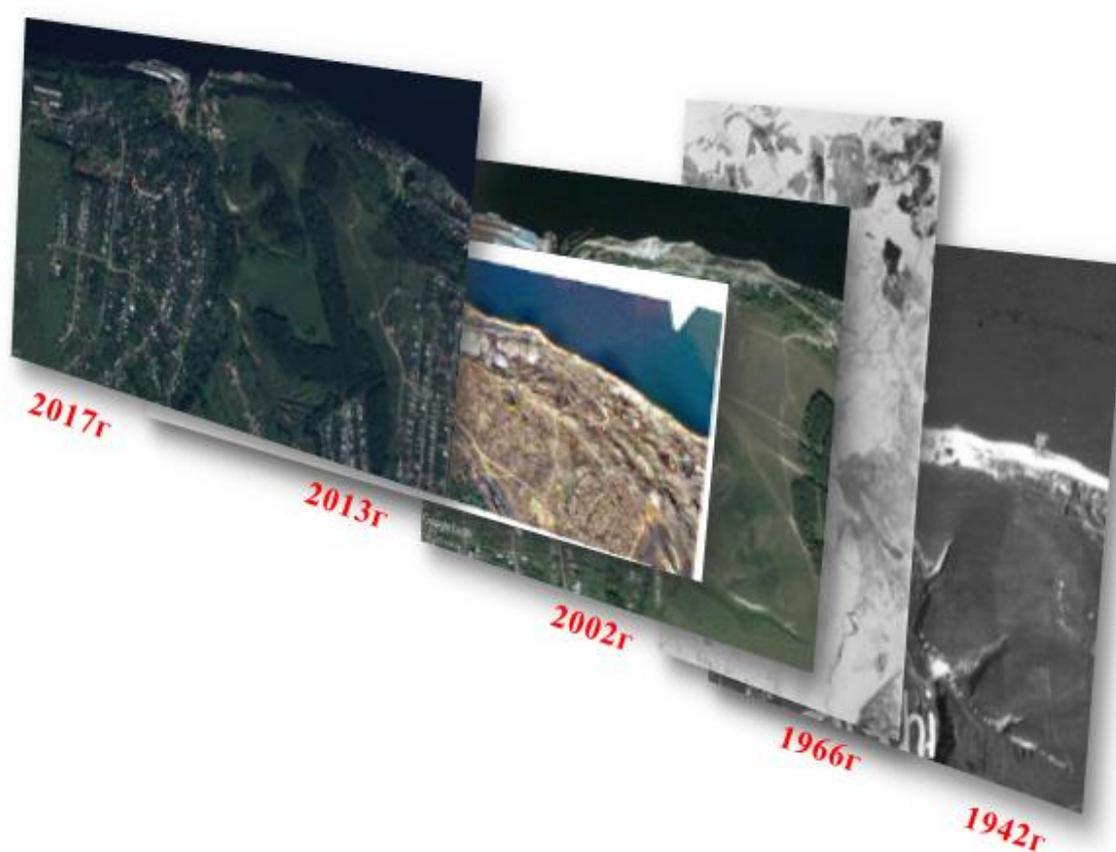


Рис. 38. Принцип привязки снимков в программе ArcMap 10.2.2

Для осуществления привязки требуется серия опорных или контрольных точек с известными координатами x и y . Опорные точки позволяют связать известные местоположения в наборе космических снимков с соответствующими местами в снимках, у которых уже есть пространственная привязка (иначе целевые данные).

В качестве опорных точек используются объекты местности, которые со временем не подвержены изменению (имеют постоянный характер). Ими могут быть пересечения дорог или водных потоков, устья рек, обнажения горных пород, углы улиц или площадей, пересечения лесозащитных полос.

В ходе работы опорными точками стали пересечения дорог, углы улиц и зданий (рис. 39). Количество используемых нами контрольных точек колеблется в пределах 10-15. Такого количества опорных точек вполне достаточно, чтобы довольно качественно привязать снимки.



Рис. 39. Опорные точки, которые были использованы в ходе привязки

Как завершающим этапом привязки становится трансформация или преобразование космических снимков (рис. 40). Трансформация представляет собой преобразование космических снимков, при котором наборы

растровых данных привязываемых снимков сдвигаются в географически верное местоположение и будут соответствовать координатам исходных данных.

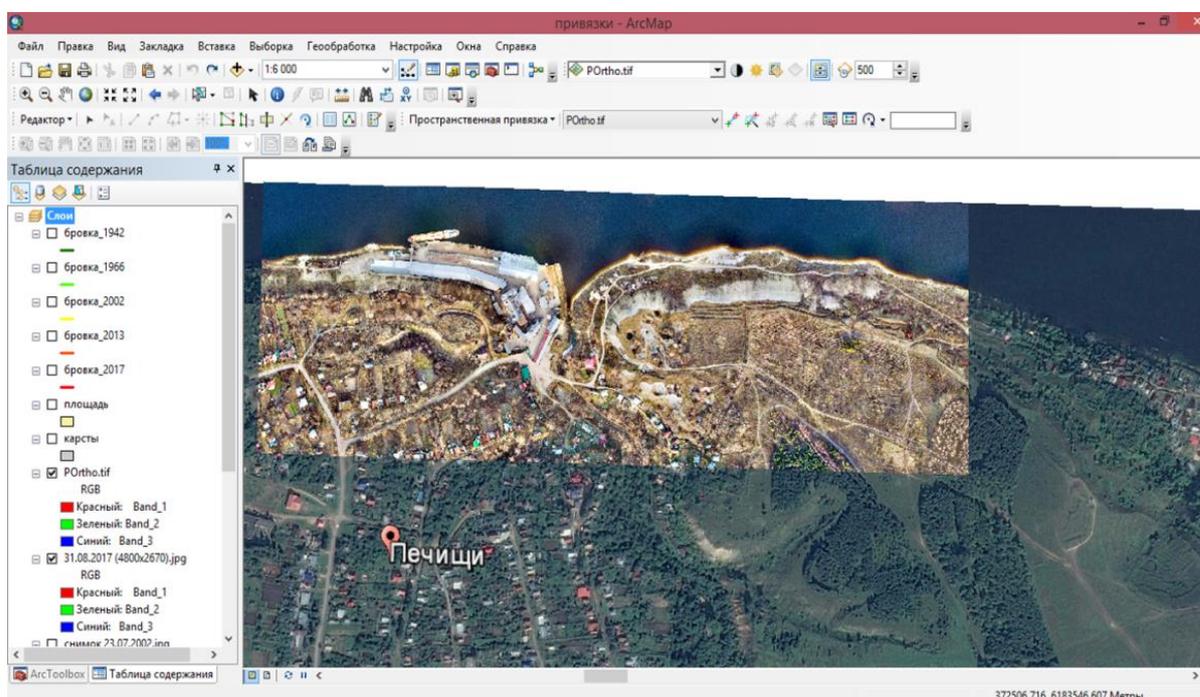


Рис. 40. Результат пространственной привязки снимков в программе ArcMap 10.2.2

Принято выделять несколько видов метода преобразований:

- 1) полиномов (1,2,3-го и нулевого порядков);
- 2) сплайнов;
- 3) подгонки;
- 4) подобия.

Преобразование полиномом 1-го порядка позволяет перевести исходный снимок в прямоугольную систему координат, либо трансформировать изображения из прямоугольной в другую систему координат. Применяется при преобразовании относительно небольших фрагментов.

Полином 2-го порядка используются для преобразования изображений в географические (широта, долгота) и прямоугольные системы координат, для трансформации снимков больших территорий (например, для учета кривизны Земли), для точной привязки искаженных изображений и т.д.

Преобразования методом сплайна позволяют точно совместить исходные и конечные опорные точки. Однако они не обеспечивают точность совпадения удаленных пикселей изображения. Метод больше направлен на обеспечение локальной точности привязки снимков, чем глобальных. Общую точность привязки растровых изображений можно увеличить при добавлении дополнительных опорных точек.

Преобразование методом подгонки осуществляется с использованием двух наборов контрольных точек. Для обеспечения точного совпадения границ при подгонке потребуются минимум три опорных точки. При методе подгонки может осуществляться, и локальная точность привязки снимков, и глобальная.

Линейное преобразование снимков – самый простой образец полиномиальных трансформаций, при которых применяются полиномы 1-го порядка. Линейное преобразование используется при переводе необработанных снимков (исходных) в плоскую проекцию, трансформации изображений из одной плоской проекции в другую плоскую проекцию, и при преобразовании относительно маленьких по площади территорий снимков.

Трансформация космических снимков проводилась полиномом 2-го порядка, поскольку она позволяет как нельзя лучше скорректировать сложные искажения. При преобразовании полиномом 2-го порядка снижаются большие значения погрешностей (невязок).

Значения невязок, которые получены в ходе работы, находятся в пределах 0-2. Это свидетельствует о достаточно точно выполненной пространственной привязке (рис. 41).

Стоит заметить, что процессы, связанные с привязкой и преобразованием космических снимков, непосредственно осуществлялись в программе ArcMap.

Связь	X источника	Y источника	X карты	Y карты	Невязка_x	Невязка_y	Невязка
✓	1	371314,215674	6183673,928800	371308,144682	6183657,009692	-0,0904254	0,0904254
✓	2	372914,797833	6183595,475797	372940,633332	6183597,342740	0,171296	0,227281
✓	3	371460,647662	6182693,022828	371472,905176	6182673,110573	-0,726416	1,02691
✓	4	371967,337067	6183505,851158	371971,452077	6183518,465968	-0,623485	0,693244
✓	5	371478,078221	6183011,604060	371493,389037	6183002,116238	-1,15173	1,65076
✓	6	371372,334343	6183401,096692	371379,062633	6183403,665906	0,332897	0,339382
✓	7	371839,415611	6183213,099134	371852,759890	6183207,445775	-0,483152	0,483152
✓	8	371535,062694	6183339,161132	371545,276277	6183339,634224	-0,398406	0,689654
✓	9	371658,753474	6182892,437325	371673,832408	6182884,233092	0,142833	0,598055
✓	10	373006,743173	6183558,312106	373031,312037	6183566,799671	-0,124975	0,172757
✓	11	371707,080531	6182995,076094	371723,297790	6182986,386384	0,591003	0,615173

Общая ср. кв. ошибка: Forward:0,875516

Автонастройка: Трансформация: Полином 2-го порядка

Градусы, минуты, секунды Forward Residual Unit : Unknown

Рис. 41. Полученные значения невязок

ArcMap представляет собой основное приложение программных продуктов ArcGIS, с помощью которых решаются различные задачи геоинформационных систем. ГИС-задачи. ArcMap широко используется при создании и редактировании карт, управления географической информацией, осуществлении пространственного анализа, при отображении, объединении и представлении пространственных данных.

В программе АркМап были оцифрованы бровка склона и карстовые образования (рис. 42).

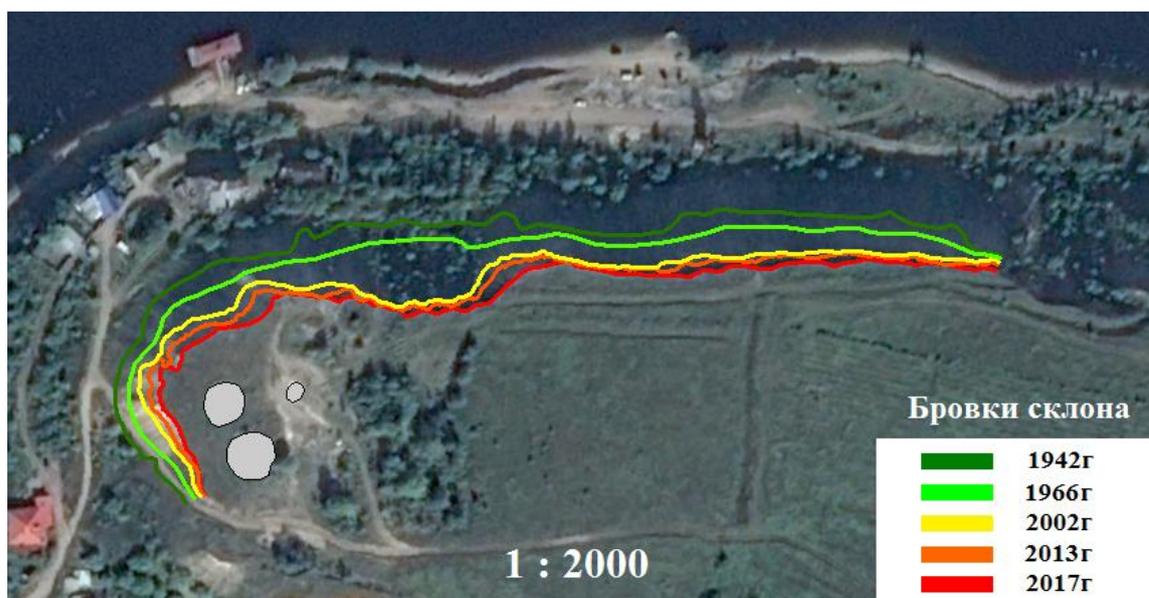


Рис. 42. Оцифровка бровок склона в программе ArcMap 10.2.2 Масштаб 1:2000

Необходимо отметить, что бровка склона оцифрована по состоянию в разных годах. Для лучшей наглядности, линейные и площадные векторные объекты были отображены в виде схематичного изображения (рис. 43).

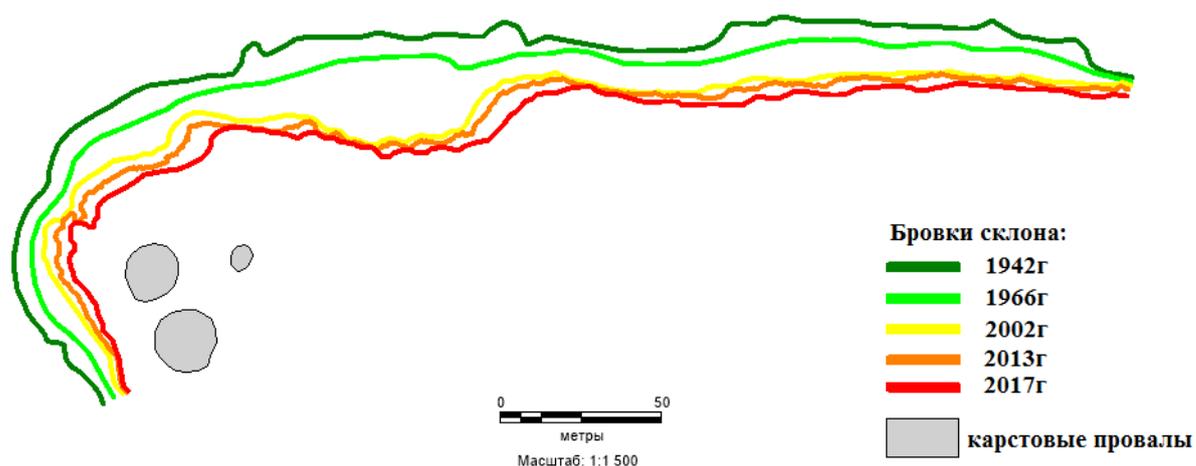


Рис. 43. Схематичное изображение векторных объектов

При изучении процессов деградации почвенного покрова или других видов явлений одним из важных этапов является вычисление количественных показателей динамики развития этих процессов. В нашем случае, динамика развития деградационных процессов почвы рассматривается на основе подсчета параметра отступления бровки склона (Методы количественной оценки ..., 1972).

Изучение динамики отступления бровки проводилась по космическим снимкам 1942, 1966, 2002 и 2017 годов, цифровому ортофотоплану 2013 года. Промежутки времени составили 1942-1966, 1966-2002, 2002-2013 и 2013-2017 гг. соответственно.

Подчеркиваем, что необходимые вычисления проводились для всего участка в целом и для его части, где наблюдается максимальное разрушение и значительные потери частей горных пород (рис. 44).

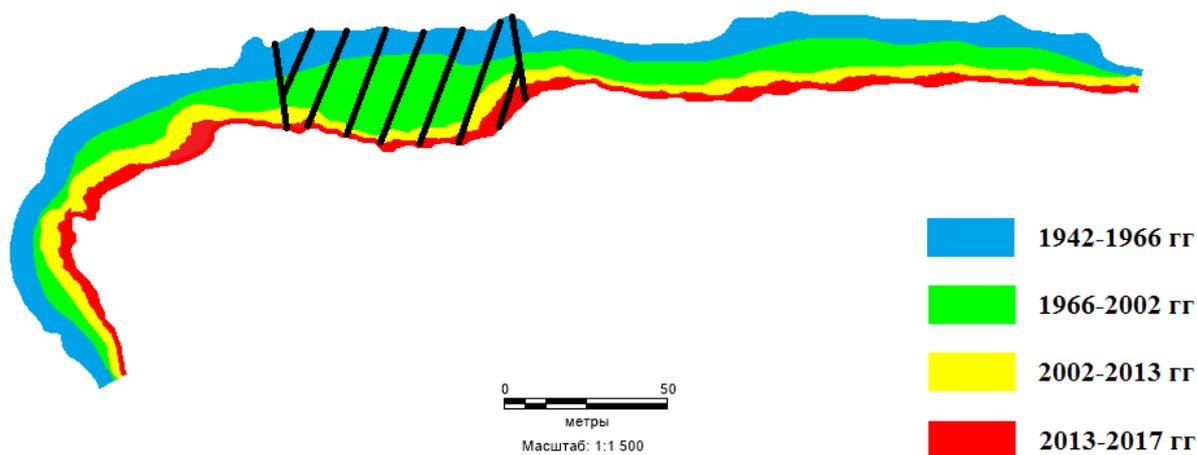


Рис. 44. Области вычислений
штриховка – часть участка с максимальным отступанием бровки

При оценке отступления бровки склона учитываются следующие количественные характеристики:

- среднее смещение бровки;
- площадь изъятой земли;
- средняя скорость переработки,
- удельные потери земель.

Необходимые расчеты по определению площади изъятой земли, длины протяженности и среднего смещение бровки проводились непосредственно в программе ArcMap 10.2.2.

Скорость смещения бровки рассчитывалась по следующей формуле:

$$v = \frac{L'}{t} \quad (1)$$

где, L' - среднее смещение бровки;

t – промежуток времени.

Удельные потери земель определяются как отношение длины протяженности бровки склона от площади изъятой земли в определенный промежуток времени (2).

$$y = \frac{S}{L_B * t} * 10^3 \quad (2)$$

где, L_B – длина протяженности бровки склона;

S – площадь изъятной земли;

t – промежуток времени.

Для наилучшей визуализации Печищинского геологического разреза была создана трехмерная модель с использованием программы Agisoft PhotoScan (рис. 45).

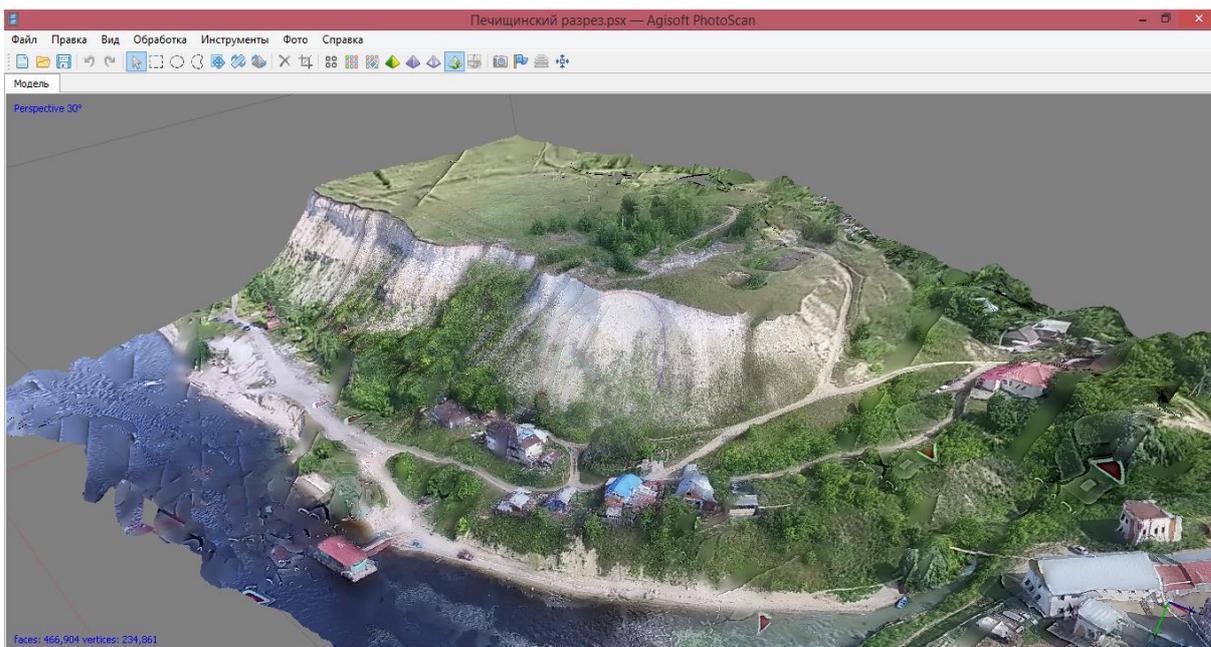


Рис. 45. Трехмерная модель Печищинского геологического разреза в программе Agisoft PhotoScan

Эта программа предоставляет возможность создавать трехмерные модели высокого качества любых объектов. Трехмерные модели образуются на основе использования цифровых фотографий. Необходимым условием реконструкции 3D модели объектов в программе Agisoft PhotoScan является применение серий снимков, сделанных с любых ракурсов.

Процесс создания трехмерной модели полностью автоматизирован. В программе Agisoft PhotoScan можно измерять расстояния и рассчитать площади объектов и их объемы в случае, если трехмерным моделям был задан масштаб. Для масштабирования модели необходимо провести предварительные измерения в пределах реконструируемой сцены.

Глава 4. Анализ полученных результатов

Напомним, что вычисление количественных характеристик отступления бровки склона проводилось за разные промежутки времени: от 1942 года и до 2017 года. При этом периоды устроены во временных рамках 1942-1966, 1966-2002, 2002-2013 и 2013-2017 годы, а длина протяженности бровки склона получилась равной 467,1 м.

В ходе проведенных вычислений получены следующие результаты, которые можно наблюдать в таблице 3.

Таблица 3

Результаты вычислений количественных характеристик отступления бровки склона

Показатели всего участка					
Периоды	Количество лет	Площадь изъятая земли,	Среднее смещение бровки, м	Скорость отступления бровки, м/год	Удельные потери земель, $n \cdot 10^{-3}$ га/км*год
1942-1966	24	1936,18	9,76	0,41	17,3
1966-2002	36	6632,74	15,38	0,43	39,4
2002-2013	11	519,26	2,59	0,24	10,1
2013-2017	4	176,40	0,92	0,23	9,4
Показатели части участка с максимальным смещением бровки					
Периоды	Количество лет	Площадь изъятая земли,	Среднее смещение бровки, м	Скорость отступления бровки, м/год	Удельные потери земель, $n \cdot 10^{-3}$ га/км*год
1942-1966	24	782,9	13,55	0,56	35,1
1966-2002	36	2061,35	20,45	0,57	61,6
2002-2013	11	103,29	2,19	0,2	2,0
2013-2017	4	37,4	0,47	0,12	2,0

Данные, которые приведены в таблице 2, показывают, что исследуемые периоды исследований имеют разные временные рамки между собой. Поэтому и результаты произведенных вычислений представлены разными значениями. В свою очередь, периоды с неодинаковыми временами не дают возможности проследить основные тенденции в динамики развития осыпных процессов.

Ранее упоминалось, что скорость смещения бровки выступает в качестве самого главного параметра при изучении динамики развития осыпных процессов. По результатам вычислений скорости в среднем получились равными 0,3–0,4 м/год. Эти значения характерны для всего участка и для части участка с максимальным смещением бровки. Невысокая величина скорости смещения свидетельствует о том, что процессы осыпания происходят менее интенсивно. Маленькая скорость отступления бровки могла быть предопределены составом пород, которые слагают склон.

Состав пород Печищинского разреза представлен чередованием толщ чередующихся доломитов, алевролитов, известняков, мергелей, песчаников и с включениями других видов, таких как гипс или глина. Возможно маленькой скорости смещения бровки способствовало преобладание доломитов в составе пород склона. Они являются наиболее прочными и устойчивыми в отличие от легко выветриваемых пород.

Если не учитывать временную разницу количества лет периодов, то можно наблюдать уменьшение скорости отступления бровки, начиная с 2000-х годов. Вполне возможно, что это вызвано отложением за предшествующие годы произошло довольно большого объема обломочных материалов, то есть коллювия. Со временем они могли перерабатываться абразивными процессами, которые создают благоприятные условия для дальнейшего осыпания по всему склону. К примеру, после создания Куйбышевского водохранилища (1955-1957 гг) уровень воды в реке Волга значительно повысилась, что вполне вероятно и стало причиной размыва значительного количества аккумулятивных отложений склона. Но в

настоящее время на исследуемом участке воздействие береговых волн (абразионных процессов) не наблюдается, в связи с чем, такие отложения остаются на месте формирования. Поэтому, вследствие роста осыпи, денудационная стенка постепенно перекрывается, что и обуславливает уменьшение скорости отступления бровки. Однако склон подвержен воздействию эрозионных процессов, которые постепенно размывают отложения. Но по сравнению с абразионными процессами их разрушающая сила незначительна.

Особого внимания заслуживает и участок с максимальным смещением бровки склона. Результаты произведенных вычислений показывают, что этой части исследуемой территории характерны наибольшие значения площади изъятой земли, скорости отступления бровки и удельной потери земель. Такие большие значения могли быть обусловлены многими факторами, которые вызывают развитие процессов осыпания. Среди них можно выделить:

- высоту денудационной стенки;
- климатические условия, которые были в каждом конкретном году;
- попеременное замерзание воды в трещинах и состав пород, которые слагают склоны.

Кроме этих факторов, разрушению склона также могли способствовать колебания температур, изменения объема пород при смене увлажнения и высыхания, а также талые воды.

Возможно, максимальное смещение бровки в этой части участка связано с выходом на поверхность склона легко выветриваемых пород, таких как мергели или алевролиты. Наличие большого количества трещин также могло стать определяющим фактором.

К сожалению, указать наиболее точную причину максимального смещения бровки склона в этой части участка не предоставляется возможным. Для этого необходимо осуществление полевых экспедиционных исследований. Как правило, полевые исследования дают наибольшие воз-

возможности при изучении склоновых процессов, в особенности при выявлении закономерностей их развития. А применение дистанционных методов позволяет лишь проследить динамику развития осыпных процессов. В связи с этим, можно только предполагать возможные причины таких существенных разрушений склона.

По итогам вычислений произвели типизацию осыпного склона по степени опасности, которая осуществлялась на основе классификации берегов морей и водохранилищ, представленной в таблице 4 (Рагозин, Бурова, 1995).

Как можно наблюдать из таблицы, по скорости переработки исследуемый участок относится к малоопасному типу. Такой тип опасности склона присущ, и для всего участка, и для его части с максимальным смещением бровки склона.

По такому показателю, как удельная потеря земель, склон имеет весьма различные типы опасности. Для всего участка за первый и третий исследуемые периоды отмечаются сравнительно небольшие значения удельной потери земель. Склон в эти периоды характеризуется, как умеренно опасный. С 1966 по 2002 год наблюдается увеличение значения удельной потери земель, в связи с чем, склон относится к опасному типу. И за четвертый исследуемый период (2013-2017 годы) склон можно охарактеризовать как малоопасный.

Показатели удельной потери земель для участка с максимальным смещением бровки имеют весьма большие значения. По результату первого исследуемого периода (1942-1966 годы) склон характеризуется как опасный. За второй временной период (1966-2002 годы) наблюдаются критические значения удельной потери земель, поэтому исследуемый участок относится к весьма опасному типу. С 2002 по 2013 годы существенных потерь не произошло и склон можно охарактеризовать как малоопасный. Такой тип опасности склона отмечается и за четвертый период.

Типизация берегов морей и водохранилищ России по степени опасности развития процесса их переработки (Рагозин, 1997)

Тип опасности	Удельные объемы переработки, м ³ /км*год	Пораженность переработкой, %	Средняя по водоему скорость переработки берегов, м/год	Удельные потери земель, п*10 ⁻³ га/км*год	Средняя по отдельным участкам и стадиям скорость переработки, м/год	
					1 ст.	2 ст.
Очень опасный	На локальных участках при развитии оползней объемом более 80-100 тыс, м ³				>30*	>10**
Весьма опасный	>12	30-70	0,7-3,0	50-160	10-30	3-10
Опасный	6-12	25-60	0,4-2,2	30-50	5-10	1,2 – 3
Умеренно опасный	<6	20-45	0,1-1,9	10-30	1,5-5,0	0,5-1,2
Малоопасный					<1,5	<0,5

При визуальном осмотре снимков были выявлены основные изменения на территории Печищинского сельского поселения.

Печищинский геологический разрез и примыкающая к нему местность перенесли существенные изменения. Основные поверхности рельефа осложнены формами, которые созданы разнообразными экзогенными процессами. Среди экзогенных процессов наиболее четко видно проявление склоновых, флювиальных и карстовых явлений.

В числе форм рельефа особое преимущество распространены овраги и балки. Приурочены они к водораздельной поверхности, протяженностью

по всей территории села Печищи. Для овражно-балочной сети характерно высокая густота распространения, которой способствовали небольшая залесенность, обилие крутых склонов, раннее освоение территории и сравнительно большая глубина эрозионного расчленения. Стоит отметить, что балочная сеть по густоте значительно превосходит овражную. Подавляющее большинство территорий балок покрыто зарослями деревьев. Более того, наибольшая залесенность территории приходится к востоку от расположения балочной сети.

Особое внимание хотелось бы уделить на интенсивное развитие карстовых процессов в данной местности. Расположение преобладающего числа карстовых форм приходится на территории долин и значительно реже они располагаются на водоразделах. Чаще всего карст представлен такими поверхностными формами как воронки и провальные колодца.

Возникновение карстовых процессов предопределено широким развитием карбонатно-сульфатных отложений. Однако прослеживаются и карсты, которые возникли в результате горных выработок. Образованные при горных работах пустоты представлены в виде просадок и колодцев. Одна из таких карстовых воронок (колодцев) (рис. 31), которая имеет 18-метровую глубину при диаметре 2-3 м, расположена на вершине крутого берега возле села Печищи. Возникновение его связано с обрушением кровли над одной из древних шахт. Ведь когда – то в Печищи работал мощный завод по добыче известняка. Место добычи карбонатных отложений располагалось у северо – восточной окраины села. Именно там, где и сконцентрированы большинство карстовых провалов. Завод по добыче известняка считался очень высококачественным, так как за ним приезжали из разных уголков России. Из – за нерентабельности завод по добыче известняка был закрыт, а вход в шахту замуровали. До сих пор эти подземные шахты дают о себе знать в виде образований карстовых провалов.



Рис. 46. Образование карстовой воронки
слева – снимок участка за 2002 год, справа – снимок участка за 2018 год

Глава 5. Разработка мероприятий по охране территории

Будучи памятником природы, Печищинский геологический разрез должен подвергаться особой охране и защите. Все это обусловлено стремлением сохранить памятник природы в первозданном виде. Ведь по прошествии времени памятники природы могут быть уничтожены под воздействием негативных процессов окружающей среды, таких как эрозия, абразия и другие.

В свою очередь, на Печищинском геологическом разрезе происходят склоновые процессы. В частности, это осыпание обломков горных пород. Для предотвращения процессов осыпания на памятнике природы и сохранения его облика, нами разработаны 2 варианта защитных мероприятий. Первый вариант включает посадку агролесомелиоративных насаждений и строительство гидротехнических противозэрозийных сооружений (водозадерживающие валы), второй – облесение территории.

Выбор мероприятий был обусловлен тем, что они являются наиболее эффективными и доступными при относительно малых затратах на необходимые материалы, средства, оборудования и техники. Кроме того, текущие мероприятия наиболее приемлемые в силу своих возможностей.

Гидротехнические противозэрозийные сооружения проектируются для предотвращения размыва почв на склонах и отвода избыточного поверхностного стока с целью их последующего сброса в гидрографическую сеть; закрепления растущих оврагов и т.д. Следует отметить, что они также широко применяются для усиления противозэрозийных функций водорегулирующих и прибалочных лесных полос. В свою очередь, совокупное применение посадки агролесомелиоративных насаждений и гидротехнических сооружений позволяет получить хороший результат при борьбе с эрозией на склонах. Такой прием значительно повышает эффективность использования любых противозэрозийных мероприятий.

Противозэрозийные гидротехнические сооружения делятся на несколько групп в соответствии с требованиями и выполняемыми функциями.

ми. А именно, на водозадерживающие, водоотводящие, водораспыляющие, водонакапливающие и водосбросные.

Проектирование водозадерживающих сооружений ориентировано на задержание поверхностного стока на водосборах, на дне оврагов для лучшего увлажнения полей и устранения дальнейшего разрастания оврагов. Среди водозадерживающих сооружений выделяют: водозадерживающие валы, канавы, террасы, валы-канавы, донные запруды, плотины и т.д..

Стоит заметить, что в числе водозадерживающих сооружений особым приоритетом в использовании обладают водозадерживающие валы, потому как являются наиболее доступными и эффективными, несмотря на их примитивность при устройстве. При этом их строительство не требует больших финансовых затрат. Вследствие своих обширных преимуществ, водозадерживающие валы имеют широкое распространение. Поэтому предпочтение в нашем случае было отдано строительству водозадерживающих валов. Они представляют собой сооружения в полувыемке-полунасыпи, которые состоят из вала и корытообразной выемки-канавы.

Итак, водозадерживающий вал планируется разместить в 1 ряд по горизонталям вдоль бровки склона на расстоянии 5 м выше от линии перегиба Печищинского разреза (рис. 47). Также будет сделан водообход на одном из концов вала.

Водозадерживающий вал будет иметь трапецеидальную форму с треугольно – поперечным сечением, из местного грунта высотой 1,5 м, шириной по гребню до 2,5 м и заложением откосов: сухого - 1:1,5; мокрого – 1:2. Длину водозадерживающего вала предполагается сделать не более 400 м (350 м). Вдоль вала будут расположены перемычки треугольного профиля через каждые 50 м, а на концах – шпоры. Шпоры и перемычки необходимы для лучшего удержания подтекающей воды. Иными словами, для ограничения движения воды вдоль вала.

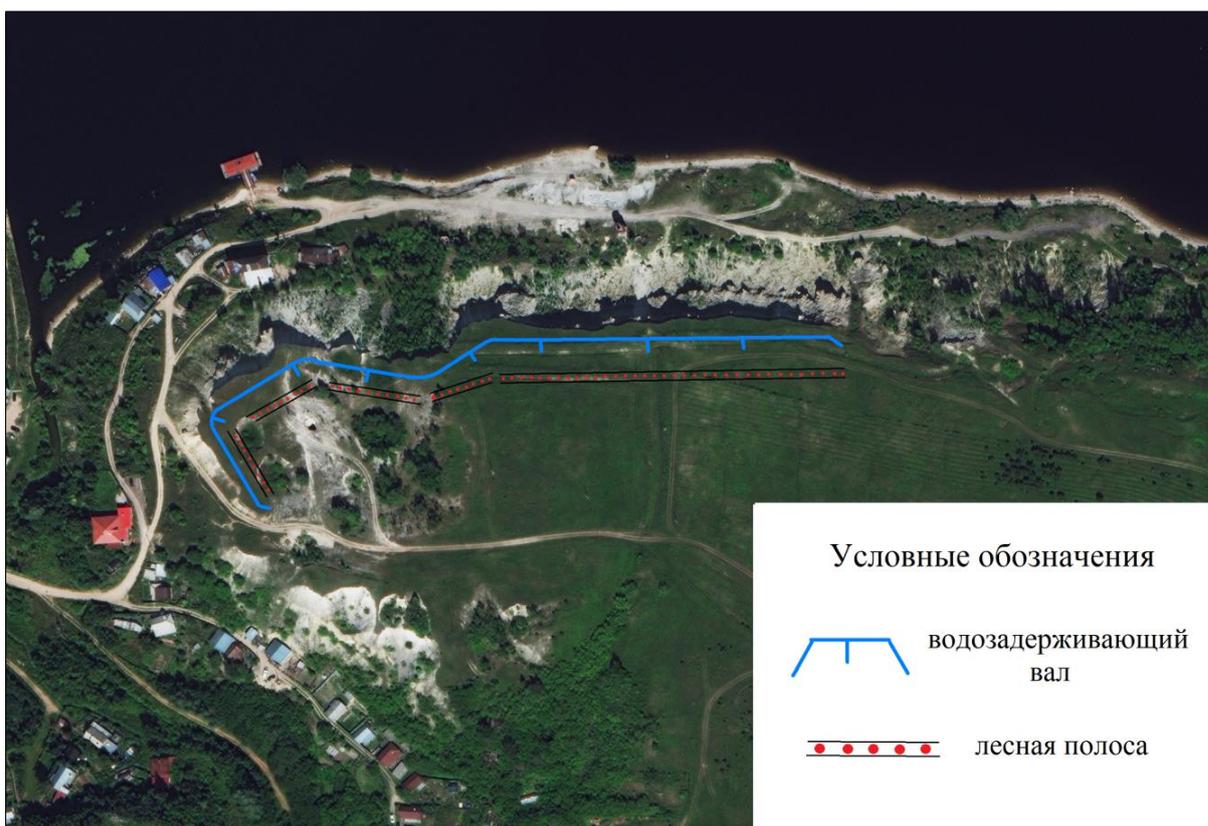


Рис. 47. План размещения водозадерживающего вала и лесной полосы

Дальше по направлению от вала (к югу) будет расположена приовражная лесная полоса.

Приовражные лесные полосы представляют собой лесные насаждения в виде лент, которые размещаются вдоль крупных оврагов с целью предотвращения дальнейшего развития эрозионных процессов. Относятся к одному из видов защитных лесных насаждений. Планируется посадка смешанной (древесно-кустарниковой) пятирядной лесной полосы с плотной (непродуваемой) конструкцией.

Говоря о конструкции лесной полосы, следует понимать, что она является сложением лесной полосы, которая характеризуется размерами и распределением просветов по вертикальному профилю (иначе ветропроницаемость лесного насаждения). Ветропроницаемость лесной полосы зависит от ширины, состава пород и ярусности. Если полосу сделать шире, то меньше в ней будет просветов и ее ветропроницаемость.

Всего различают 3 основных конструкции лесных полос:

1. *Плотная (непродуваемая)*. В его продольном вертикальном профиле отсутствуют сквозные просветы, либо количество таких просветов не превышает не больше 5–10% от общей площади профиля. Лесные полосы плотной конструкции представляют собой многорядные насаждения, которые состоят из плотнокронных древесных пород с высоким кустарником. Скорость ветра перед плотной полосой начинает снижаться на расстоянии 5-8Н (Н – высота древостоя) от нее. Внутри насаждения скорость ветрового потока нередко падает до 10%. С заветренной стороны образуется область максимального затишья шириной 1-5Н.

2. *Продуваемая*. Такая лесная полоса имеет внизу сплошные крупные просветы до высоты 1,5-2 м. В этих просветах можно увидеть только стволы деревьев, вверху, в кронах, такие полосы сомкнуты. Кустарники в продуваемой конструкции не присутствуют.

У лесных полос продуваемой конструкции ветровой поток разбивается на две части: нижняя часть ветрового потока проходит между стволами насаждений, а верхняя обтекает полосу сверху. На легких песчаных почвах за счет увеличения скорости ветра возможно даже выдувание почвы внутри полосы.

3. *Ажурная*. В облиственном состоянии ажурная конструкция имеет мелкие просветы, которые более или менее равномерно разбросаны по всему продольному вертикальному профилю. Такие просветы составляют 15-35 % от общей площади профиля лесной полосы. Ажурная конструкция способствует лучшему прохождению ветрового потока через лесную полосу. Внутри насаждения скорость ветрового потока падает до 40%. За лесной полосой на расстоянии 3-5Н снижение скорости ветра продолжается.

Расстояние в рядах лесной полосы будет равным 1,0 м (расстояние между древесно-кустарниковой растительностью в ряду), а ширина между рядами – 3 м (расстояние между рядами), ширина зарайки – 1,5 м. Протяженность лесной полосы составит 300 м при ширине равной 15 м. В ка-

честве главной (основной) породы будет посажена осина (тополь), сопутствующей – рябина, кустарника – акация.

Осина является породой быстрорастущей, высотой до 35 м, светолюбивой, к теплу не требовательна. Размножается семенами и корневыми отпрысками.

Рябина – дерево или кустарник, высота до 15 м, быстрорастущая. Размножение происходит корневой порослью, семенами и т.д.

Акация также относится к числу быстрорастущих пород, обладает хорошо развитой корневой системой. Большинство видов акации образуют обильную поросль от корневой шейки (приемлема при плотной конструкции) и дают обильные корневые отпрыски.

В 1 ряду будут расположены кустарники, во 2 – сопутствующие породы, с 3 по 4 ряд – основные породы, в 5 – кустарники. Таким образом, сопутствующие породы позволяют ускорить рост в высоту главных пород и создать большую плотность в верхнем ярусе. А кустарники, в свою очередь, защищают от сорняков, способствуют улучшению роста основных и сопутствующих пород.

Мероприятия по облесению территории предполагается провести на водораздельной поверхности (рис. 33), так как посадка древесных пород на самой поверхности склона разреза является неприемлемой в силу его ценности как памятника природы. С другой стороны, посадка деревьев в любом случае будет невозможной в связи с большой крутизной склона и отсутствием почвы на нем. При таких обстоятельствах, размещение деревьев на поверхности водораздела будет наилучшим решением, поскольку, корни деревьев будут способствовать закреплению почвы, предотвращая, таким образом, последующее разрушение склона (вширь).

Отметим, что облесение территории будет сплошным при 100 м в ширину и 300 м в длину.

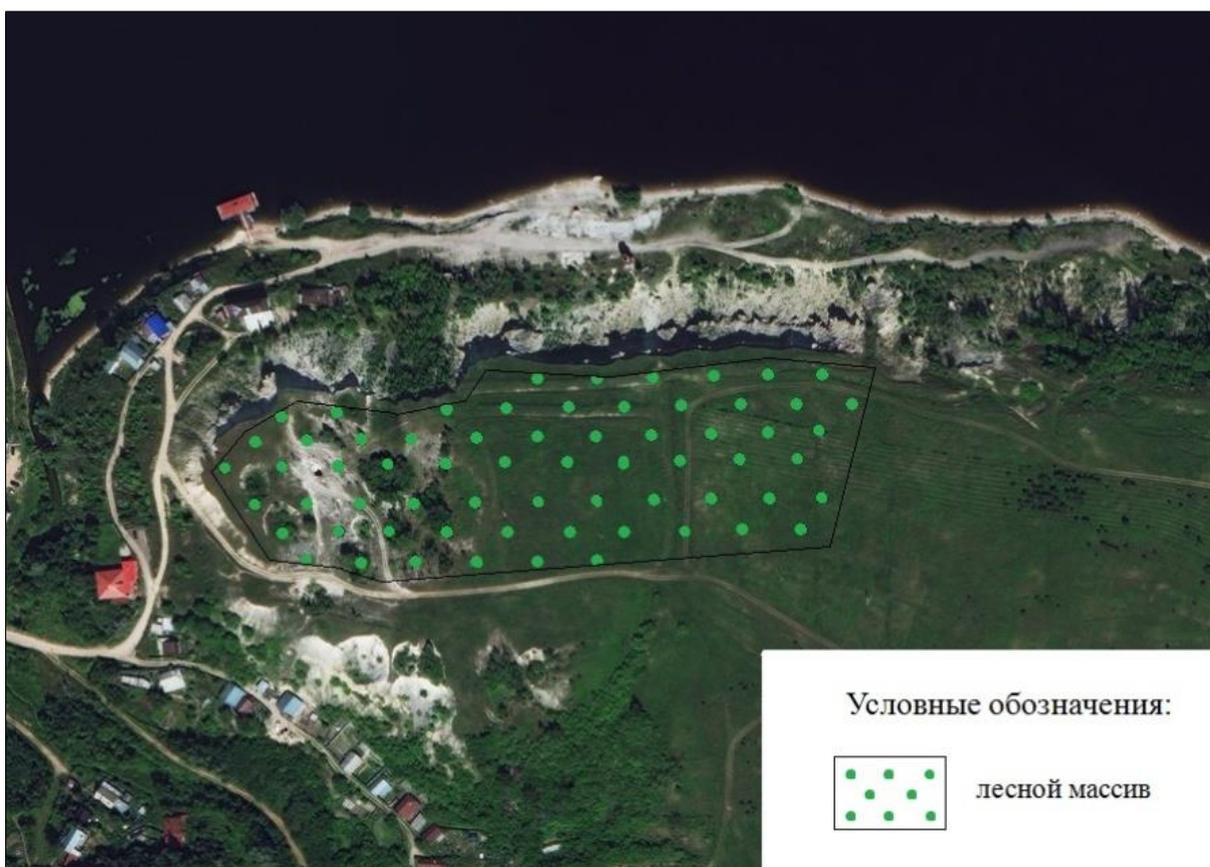


Рис. 48. План размещения лесного массива (облесение территории)

Исходя из экономических расчетов, проектирование защитных мероприятий обойдется примерно в 448 тыс. руб. для первого варианта и 1 380 тыс. руб. для второго. Следовательно, наиболее выгодным будет первый вариант, поскольку он гарантирует меньшее количество расходов и высокую эффективность при борьбе с эрозией вследствие сочетания 2 видов защитных мероприятий.

Расчеты по затратам на проектирование мероприятий по обоим вариантам представлены в таблице 5.

Экономическое обоснование затрат проектируемых защитных мероприятий

Наименование Мероприятий	Стоимость в расчете на 1 га/ 1 км (рублей)	Общая стоимость (рублей)
Вариант I		
Агролесомелиоративная: лесные полосы (S = 0,45 га)	475 000	214 000
Гидротехнические: водозадерживающие валы (L = 0,3 км)	780 000	234 000
Всего по I варианту		448 000
Вариант II		
Агролесомелиоративные: облесение территории (S = 3 га)	460 000	1 380 000
Всего по II варианту		1 380 000

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Подводя итоги научно-исследовательской деятельности выпускной квалификационной работы, следует сказать, что мы смогли достичь стоявшей перед нами цели. Разрешили ряд поставленных задач.

В ходе данной работы рассмотрели и изучили динамику развития деградационных процессов почвенного покрова на территории Печищинского сельского поселения Верхнеуслонского муниципального района Республики Татарстан с использованием данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). Изучение динамики развития деградации почвы осуществлялась на примере склоновых процессов, преимущественно осыпных, которые происходят на поверхности склона Печищинского геологического разреза. Такой выбор связан с тем, что процессы осыпания особенно ярко выражены на территории исследования.

В ходе исследовательской деятельности, все действия происходили в несколько этапов:

- подбор дистанционных методов зондирования Земли для выявления и изучения динамики развития деградационных процессов почвы;
- проведение дешифровочных работ;
- осуществление пространственной привязки аэрофотоснимков и космических снимков;
- выполнение оцифровки различных объектов местности;
- вычисление количественных характеристик динамики развития процессов деградации почвы;
- анализирование результатов вычислений;
- описание изменений рельефа местности исследуемой территории.

Для изучения динамики развития деградации почвенного покрова были использованы аэрокосмические методы дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). Выбор аэрокосмических методов обусловлен рядом преимуществ, которыми они обладают. Одним из основных достоинств аэрокосмических методов является повторяемость съемок. Повторяемость поз-

воляет вести наблюдения с любой регулярностью за процессами и явлениями, которые происходят на поверхности Земли. За счет периодичности наблюдений можно следить за динамикой развития различных процессов геологического характера.

Использование аэрокосмических методов съемок предоставляет возможность просматривать большие территории земной поверхности и крупные объекты местности. При этом отсутствует необходимость в осуществлении выезда на исследуемую территорию. К аэрофотоснимкам и космическим снимкам можно обращаться неоднократно, просматривать их можно неограниченное количество времени.

Кроме того, для аэрокосмических методов съемок характерна высокая оперативность, относительно быстрое получение необходимых данных с определенной информацией.

На всем протяжении научно-исследовательской деятельности использовались снимки высокого разрешения, которые получены путем аэро- и космосъемок, а также применением беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). Аэрофотоснимки и космические снимки позволили сделать сравнительный анализ и выявить основные изменения в рельефе территории исследования.

В результате вычислений были получены количественные показатели динамики развития процессов осыпания:

- площадь изъятой земли;
- средние скорости переработки;
- удельные потери земли от разрушений.

По степени опасности развития процесса переработки склон Печищинского разреза отнесен к малоопасному типу со скоростью смещения бровки склона не более 0,56 м/год, в том числе в период с 2002 г. – не более 0,24 м/год, что не представляет угрозы для жизни и здоровья людей или отрицательных воздействий на окружающую среду.

Территория Печищинского сельского поселения и Печищинский геологический разрез претерпели существенные изменения.

По всей протяженности села Печищи наблюдается расчленение территории оврагами и балками. Для овражно-балочной сети характерно высокая густота распространения, которой способствовали небольшая залесенность, обилие крутых склонов, раннее освоение территории и сравнительно большая глубина эрозионного расчленения. Балочная сеть по густоте распространения значительно превосходит овражную. Территории балок покрыты зарослями деревьев. Наибольшая залесенность территории приходится к востоку от расположения балочной сети.

На территории исследования также наблюдаются карстовые образования в форме воронок, западин и колодцев. Самое глубокое карстовое образование – воронка (рис.18), имеющая 18-ти метровую глубину при ширине около 3 метров (Шевелев, 2007). Расположена она на вершине крутого берега возле села Печищи. Возникновение этой воронки связано с ходами заброшенной шахты, которые осыпаются и грунт, соответственно, проваливается внутрь. Ведь когда – то в Печищи работал мощный завод по добыче известняка, который из-за нерентабельности закрыли, а вход в шахту замуровали.

Кроме того, по итогам разработаны комплексы защитных мероприятий в двух вариантах, которые помогут сохранить склон Печищинского геологического разреза от разрушений и эрозии. Самым экономически выгодным вариантом, по нашим расчетам, является первый, который включает посадку агролесомелиоративных насаждений и строительство водозадерживающего вала. Второй вариант – облесение территории – является более затратным, чем первый.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Опубликованная литература:

Книги, учебники, учебные пособия

- 1) Богомолов Л.А. Дешифрирование аэроснимков: учебное пособие / Л.А. Богомолов – М.: Изд-во «Недра», 1996. – 145 с.
- 2) Геология Татарстана: стратиграфия и тектоника / М-во экологии и природ. Ресурсов Республики Татарстан, Казан. гос. ун-т; гл. ред. Б.В. Буров; отв. ред.: Н.К. Есаулова, В.С. Губарева. - М.: ГЕОС, 2003. - 402 с.
- 3) Губин В.Н. Дистанционные методы в геологии: курс лекций/ В.Н. Губин. – Мн.: БГУ, 2014. – 138 с.
- 4) Рабочий проект противозерозионной охраны земель (гидромелиоративные сооружения и мероприятия): методич. указания для выполнения лаб. работ и курс. проектирования // А.В. Донцов, В.В. Пронин, В.В. Пименов, М.М. Гераськин; Под ред. проф. А.В. Донцова [Текст] - М.: ГУЗ, 2008. – 177 с.
- 5) Елисеев В.М. Формирование пространственно-привязанных локальных ГИС для целей картографирования: учебное пособие / В.М. Елисеев, О. В. Гаврилова. – М.: РУДН, 2018. – 162 с.
- 6) Золотарев Г.С. Основные закономерности развития обвалов и оползней в горно-складчатых областях, методы их изучения и прогноза // Вестник МГУ, Геология, 1969, №7, с. 45-57.
- 7) Карпунин А.М. Геокнига «геологические памятники природы» / А.М. Карпунин, С.В. Мамонов, О.А. Мироненко, А.Р. Соколов. – Изд-е: Центр. науч.-исслед. геологоразвед. Музей им. Ф.Н. Чернышева, Санкт-Петербург, 1998 г. – 165 с.
- 8) Кашкин В.Б., Сухинин А.И. Дистанционное зондирование Земли из космоса. Цифровая обработка изображений. Учеб. пос. – М.: Логос, 2001. – 264 с.
- 9) Конопелько Д.Л. Экзогенные процессы: учебно-методическое пособие / Д.Л. Конопелько. – СПб, 2011. – 69 с.
- 10) Кузнецов М.С. Эрозия и охрана почв / М.С. Кузнецов, Г.П. Глазунов. – М.: МГУ, 2004. – 330 с.

- 11) Кутепова В.М. Экзогенные геологические опасности / под ред. В.М. Кутепова, А.И. Шеко. - М.:Издат. Фирма "КРУК", 2002. - 348 с.
- 12) Ларочкина И.А. Геологические памятники природы Республики Татарстан / под ред. И.А. Ларочкиной; науч. ред. В.В. Силантьев. – Казань, Акварель-Арт, 2017. – 296 с.
- 13) Мазур И.И., Иванов О.П. Опасные природные процессы. Учебник. - М.: ЗАО «Издательство «Экономика», 2014. - 702 с.
- 14) Малышева О.Н. Геология района г.Казани / Казанский ордена трудового красного знамени гос. ун-т и В.И. Ульянова – Ленина; О.Н. Малышева, Н.Н. Нелидов, М.Н. Соколов. - Изд-во Казан. ун-та, 1965. – 145 с.
- 15) Осипов В.И. Опасные экзогенные процессы / В.И. Осипов; под ред. В.И. Осипова. – М.: ГЕОС, 1999. – 290 с.
- 16) Рагозин А.Л., Бурова В.Н. Региональный анализ абразионной опасности и риски на морях и водохранилищах России. Современные проблемы изучения берегов. СПб.: ИТА РАН, 1996.
- 17) Рис У.Г. Основы дистанционного зондирования / пер. с англ. М.: Техносфера, 2016. – 336 с.
- 18) Рычагов Г.И. Общая геоморфология: учебник. - 3-е изд., перераб. и доп. / Г.И. Рычагов. - М.: Изд-во Моск. ун-та: Наука, 2016.-416 с,
- 19) Силантьев В.В. Верхнепермские стратотипы Поволжья: путеводитель геологических экскурсий / В.В. Силантьев, И.Я. Жарков, Р.Х. Сунгатуллин, Р.Р. Хасанов. - Казань: Изд-во Казан. ун-та, 1998. - 67 с.
- 20) Симоненко Е. В., Лопырев А. Е., Криворотова А. А. Мониторинг земель дистанционным зондированием территории // Новая наука: Теоретический и практический взгляд. 2017. Т. 2. № 4. С. 205.
- 21) Хадыева В.С. Методы дистанционных исследований в геологии и географии / электрон. учеб. изд-е.; В.С. Хадыева, В.Н. Губин, Ф. Е. Шалькевич, М.А. Богдасаров. – 2015. – 256 с.

22) Шакиров А.Ш., Сочнева С.В. Учебно-метод. пособие по выполнению лаб. работ по курсу «Инженерное обустройство территории» для студентов по направлению 120301. – Казань, 2009. – 36 с.

23) Шалькевич Ф.Е. Методы аэрокосмических исследований: курс лекций / Ф.Е. Шалькевич. – Мн.: БГУ, 2005. – 161 с.

24) Шалькевич Ф.Е. Основные подходы к разработке и составлению атласа «Изучение Земли из космоса»./Шалькевич Ф.Е.// Непрерывное географическое образование: новые технологии в системе высшей и средней школы. Материалы Международ. науч.-практ. конф., Гомель, 23 – 25 сентября 2004г./Косяк УО «ГГУ им. Ф.Скорины; Ред. кол.: О.А. Малахов (гл. ред.) и др. – Гомель, 2004. – С.12 – 14.

25) Шалькевич Ф.Е. Роль дистанционных методов исследований в подготовке специалистов географического профиля //Дистанционное зондирование природной среды: теория, практика, образование. Материалы III Международ. науч.-практ. конф., Минск, 21 – 23 ноября 2006г./Белорус. гос. ун-т; редкол.: И.И. Пирожник [и др.]; науч. ред. Ю.М. Обуховский. – Минск: РИВШ, 2006. – С.197 – 198.

26) Шевелев А.И. Геология Приказанского района. Путеводитель по полигонам учебных геологических практик / Научн. ред. А.И. Шевелев. – Казань: ЗАО «Новое знание», 2017. – 208 с.

27) Шеко А.И., Максимов М.М., Лехатинов А.М., Пыркова В.Н. Методы количественной оценки интенсивности экзогенных геологических процессов при инженерно-геологическом картировании. (Пояснит. записка к картам). М., 1972. - 7 с. (МингеоСССР. ВСЕГИНГЕО. ВДНХ СССР).

28) Шовенгердт Р.А. Дистанционное зондирование. Модели и методы обработки изображений. – М.: Техносфера, 2010. – 516 с.

Нормативные документы

29) Стратиграфический кодекс России. Издание третье / Всероссийский науч.-исслед. геол. ин-т им. А.П. Карпинского; гл. ред. В.И. Гинцбург; тех. ред.: Д.Г. Воробьева. - СПб.:ВСЕГЕИ, 2006. -96 с.

Периодические издания

30) Методика и результаты изучения процессов осыпания и обваливания правобережья Воткинского водохранилища / Журнал «[Вестник Удмуртского ун-та. Серия «Биология. Науки о Земле»](#); И. Е. Егоров, И. В. Глейзер. - Изд-во Удмурт.ун-та, 2011. – 10 с.

31) Болякова К. Ю. Мониторинг опасных экзогенных процессов Татарстана на примере памятника природы «Печищинский геологический разрез» // Управление объектами недвижимости и развитием территорий. Саратов: Центр социальных агроинноваций СГАУ, 2017. С. 69–73.

Интернет-ресурсы:

Ссылки на сайты

32) Официальный сайт ArcGIS - Справочная библиотека ArcGIS, 1995-2013. – Режим доступа: www.resources.arcgis.com, свободный. (дата обращения 04.04.2019)

33) <https://egrp365.ru/map> - публичная кадастровая карта;

34) <https://earthexplorer.usgs.gov/> – официальный сайт геологической службы США;

35) ERDAS IMAGINE [Электронный ресурс]. URL: <http://gi.leicageosystems.com>.

36) James W. Quinn [Электронный ресурс]. URL: <http://web.pdx.edu>.

37) Сайт GIS-Lab: Геоинформационные системы и Дистанционное зондирование Земли: <https://gis-lab.info/qa/landsat-bandcomb.html>

Ссылки на документы

38) Старовойтов А.В., Королев Э.А., Ескин А.А., Чернова И.Ю., Рахматуллин Т.Р. Возможности использования БПЛА при изучении труднодоступных участков геологических разрезов (на примере Печищенского стратотипа). Журнал «Инженерная и горная геофизика» <http://www.earthdoc.org/publication/publicationdetails/?publication=91711> (дата обращения 23.03.2020).

39) М.Ю. Жиленев "Обзор применения мультиспектральных данных ДЗЗ и их комбинаций при цифровой обработке", ГЕОМАТИКА №3,2009 - https://www.agisoft.com/pdf/photoscan-pro_1_4_ru.pdf (дата обращения 05.04.2020).

40) Обзор применения мультиспектральных данных ДЗЗ и их комбинаций при цифровой обработке. М.Ю. Жилнев (ГКНПЦ им. М.В. Хруничева) - https://sovzond.ru/upload/iblock/c96/2009_03_008.pdf (дата обращения 02.02.2020).



СПРАВКА о результатах проверки текстового документа на наличие заимствований

Проверка выполнена в системе Антиплагиат.ВУЗ

Автор работы **Шарафиева Айгуль Маратовна**
Подразделение **Агрономический факультет**
Тип работы **Магистерская диссертация**
Название работы **21.04.02_ВКР_Шарафиева_2020**

Название файла **21.04.02_ВКР_Шарафиева_2020.pdf**

Процент заимствования **26.65 %**

Процент самоцитирования **0.00 %**

Процент цитирования **5.93 %**

Процент оригинальности **67.42 %**

Дата проверки **23:02:30 24 июня 2020г.**

Модули поиска **Модуль поиска ИПС "Адилет"; Модуль выделения библиографических записей; Сводная коллекция ЭБС; Модуль поиска "Интернет Плюс"; Коллекция РГБ; Цитирование; Модуль поиска переводных заимствований; Модуль поиска переводных заимствований по eLibrary (EnRu); Модуль поиска переводных заимствований по интернет (EnRu); Коллекция eLIBRARY.RU; Коллекция ГАРАНТ; Модуль поиска "КГАУ"; Коллекция Медицина; Диссертации и авторефераты НББ; Модуль поиска перефразирований eLIBRARY.RU; Модуль поиска перефразирований Интернет; Коллекция Патенты; Модуль поиска общеупотребительных выражений; Кольцо вузов**

Работу проверил **Сабирзянов Алмаз Мансурович**

ФИО проверяющего

Дата подписи **24.06.2020г.**

Подпись проверяющего

Чтобы убедиться
в подлинности справки,
используйте QR-код, который
содержит ссылку на отчет.



Ответ на вопрос, является ли обнаруженное заимствование
корректным, система оставляет на усмотрение проверяющего.
Предоставленная информация не подлежит использованию
в коммерческих целях.