

Министерство образования Республики Беларусь  
Учреждение образования «Витебский государственный  
университет имени П.М. Машерова»  
Кафедра экологии и географии

# ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОМОРФОЛОГИЯ

*Методические рекомендации  
к выполнению лабораторных работ*

*Витебск  
ВГУ имени П.М. Машерова  
2023*

УДК 551.4(075.8)  
ББК 26.823.71я73  
И62

Печатается по решению научно-методического совета учреждения образования «Витебский государственный университет имени П.М. Машерова». Протокол № 6 от 10.03.2023.

Составители: профессор кафедры экологии и географии ВГУ имени П.М. Машерова, доктор геолого-минералогических наук, профессор **А.Н. Галкин**; заведующий кафедрой геологии и географии ГГУ имени Ф. Скорины, кандидат географических наук, доцент **А.И. Павловский**

Р е ц е н з е н т :

профессор кафедры географии и природопользования  
БрГУ имени А.С. Пушкина, доктор геолого-минералогических наук,  
профессор, член-корреспондент НАН Беларуси *М.А. Богдасаров*

**И62**      **Инженерная геоморфология** : методические рекомендации к выполнению лабораторных работ / сост.: А.Н. Галкин, А.И. Павловский. – Витебск : ВГУ имени П.М. Машерова, 2023. – 47 с.

Данное издание представляет собой руководство по выполнению заданий лабораторно-практических работ по учебной дисциплине «Инженерная геоморфология» для студентов специальности магистратуры «География».

УДК 551.4(075.8)  
ББК 26.823.71я73

© ВГУ имени П.М. Машерова, 2023

## СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие .....	4
Лабораторная работа № 1. Построение карт оврагов и овражности территории .....	5
Лабораторная работа № 2. Изучение и оценка устойчивости оползневых склонов .....	10
Лабораторная работа № 3. Построение карты интенсивности опасных экзогенных процессов рельефообразования .....	25
Лабораторная работа № 4. Прогноз ширины зоны переработки берега водохранилища .....	29
Лабораторная работа № 5. Построение структурно-геоморфологической карты .....	34
Лабораторная работа № 6. Инженерно-геоморфологическая оценка городских территорий .....	39
Список используемой литературы .....	45

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Данные методические рекомендации составлены в соответствии с учебной программой дисциплины «Инженерная геоморфология» для учреждений высшего образования по специальности магистратуры «География» для студентов очной и заочной формы обучения.

В издании изложено содержание лабораторно-практических занятий, приводятся методические рекомендации, поясняющие последовательность выполнения заданий, перечисляются необходимые исходные материалы (учебные топографические карты, геологические, геоморфологические, инженерно-геологические, почвенные карты, карты опасных экзогенных процессов рельефообразования, геолого-стратиграфические колонки, инженерно-геологические разрезы, таблицы, содержащие данные бурения скважин и других полевых исследований).

Лабораторные работы направлены на закрепление знаний теоретического курса и развитие навыков построения и анализа карт и разрезов для инженерно-геоморфологических целей; для самостоятельного изучения, описания и прогнозных оценок развития различных экзогенных процессов на основе анализа топографических и других карт, аэрофото- и космических снимков, геолого-геоморфологических профилей, описания геологических скважин; составления объяснительных записок к картам инженерно-геоморфологического назначения и др.

Успешная реализация лабораторных заданий предполагает не только использование практических навыков по топографии, картографии, геологии и геоморфологии, но и хорошее владение теоретическим материалом. Поэтому каждая работа требует тщательного изучения соответствующего раздела теоретического курса.

Выполнение работ является обязательным и предусмотрено учебной программой. Для этого необходимы миллиметровая и чертежная бумага, канцелярские принадлежности. Каждое задание оформляется в соответствии с требованиями к графическим документам.

Итоговая оценка по практическим заданиям выставляется после устного собеседования преподавателя со студентом по каждой работе, в ходе которого выясняется степень усвоения полученных знаний и уровень практических навыков.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1 ПОСТРОЕНИЕ КАРТ ОВРАГОВ И ОВРАЖНОСТИ ТЕРРИТОРИИ

**Цель:** освоить методики построения карт оврагов, их распространения, густоты и плотности овражной сети; научиться анализировать карты овражности территории.

### **Задание.**

1. Построить крупномасштабную карту оврагов территории и составить объяснительную записку к ней.

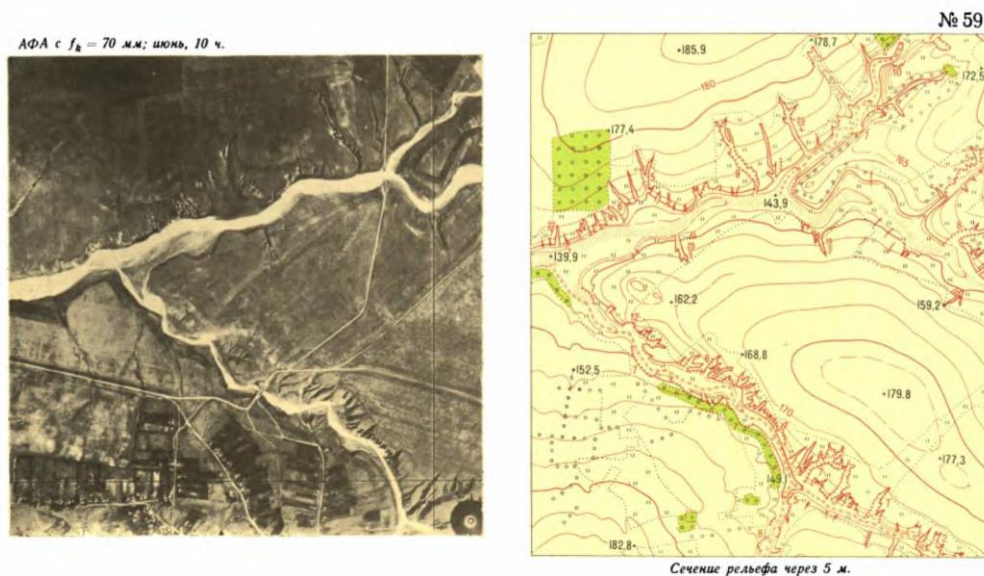
2. Построить среднемасштабные карты овражности: распространения оврагов, густоты овражного расчленения, плотности оврагов.

**Исходные материалы:** топографическая карта крупного масштаба, геоморфологическая карта, геолого-стратиграфическая колонка, таблица размываемости горных пород, характеристика инженерно-геологических условий территории развития оврагов, космо- и аэрофотоснимки.

### **Указания к выполнению задания.**

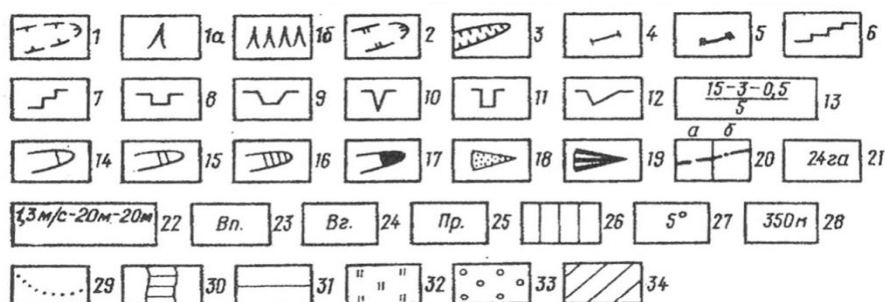
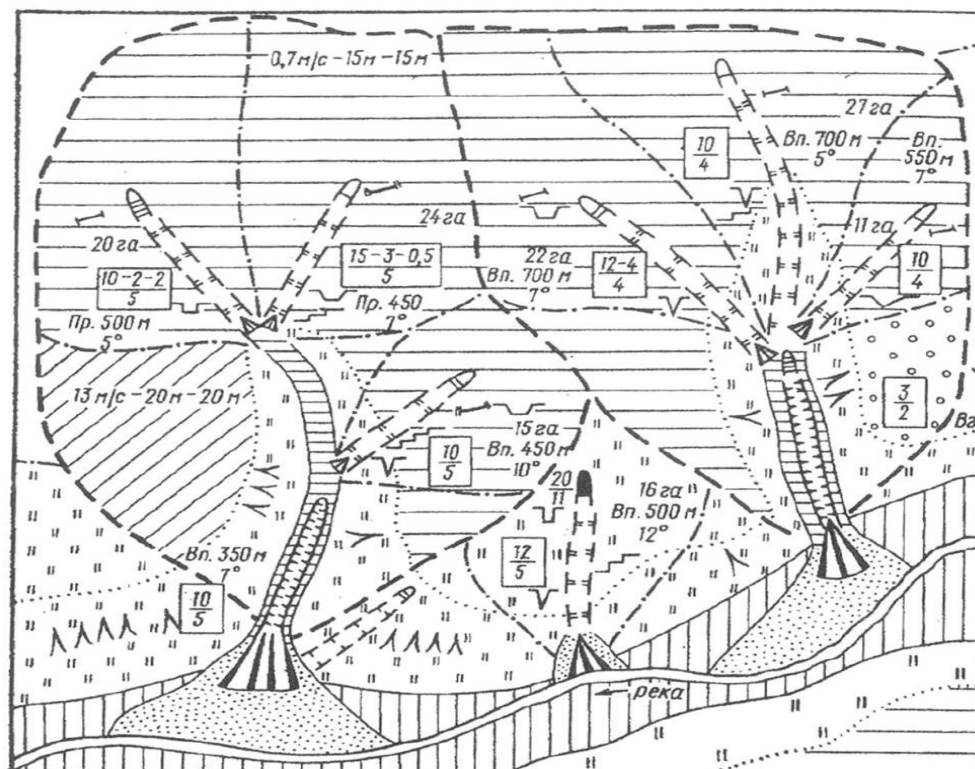
*Карты оврагов* составляются в крупном масштабе (1:25 000 и крупнее), поскольку по топографическим картам соответствующего масштаба возможно определить положение и морфометрические характеристики линейных эрозионных форм длиной более 70 м.

На топокартах крупные овраги изображаются системой горизонталей, средние овраги – линией, секущей горизонтали, а мелкие эрозионные формы – внесмачными условными знаками (рисунок 1). Рядом с изображением оврага, как правило, дается информация о его глубине и ширине. Таким образом, по топографической карте можно определить важнейшие морфометрические признаки оврага: длину, ширину, глубину, площадь водосбора.



**Рисунок 1 – Изображение оврагов на топографической карте и аэрофотоснимке (по Альбом образцов изображения рельефа..., 1968)**

При составлении карт оврагов большое внимание уделяется изображению местоположения оврага в пространстве, его морфологическим характеристикам, генезису, динамике. Специальными условными знаками изображают положение оврага на склоне. Далее каждый овраг характеризуется набором признаков: морфометрические (длина, глубина, ширина, площадь водосбора), динамические (скорость роста, стадия развития), генетические (природные, антропогенные) и т.д. (рисунок 2).



**Рисунок 2 – Фрагмент геоморфологической карты оврагов (по Б.П. Любимову и др., 1987).**

**Морфологические типы оврагов:** 1 – береговые (внемасштабные знаки: 1а – отдельные, 1б – серии оврагов); 2 – склоновые; 3 – донные. **Типы продольного профиля оврагов:** 4 – пологий, плавный, близкий к предельному, с наклоном 1–5°; 5 – крутой, более 5°; 6 – ступенчатый, с перепадами до 0,5–1,0 м; 7 – «водопадный», с перепадами более 1 м. **Типы поперечного профиля оврагов:** 8 – ящикообразный, с крутыми откосами; 9 – корытообразный, с плоским дном и пологими откосами; 10 – V-образный; 11 – каньонообразный; 12 – асимметричный, с пологими и крутыми

бортами. **Числовая характеристика овражных врезов:** 13 – в числителе ширина оврага (новерху, по днищу, ширина русла), в знаменателе – глубина оврага, м (для небольших оврагов в числителе – ширина поверху, в знаменателе – глубина оврага). **Типы вершин оврагов и признаки роста по ним:** 14 – вершины пологие, с перепадом высот менее 1 м, задернованные и заросшие растительностью; 15 – вершины растущих оврагов с незадернованными участками и перепадами высот до 1–3 м, с ежегодным приростом 1–3 м; 16 – вершины активно растущих оврагов, с перепадами высот от 3 до 10 м, с ежегодным приростом 5–10 м; 17 – вершины катастрофически растущих оврагов с перепадами более 10 м, с ежегодным приростом более 10 м. **Типы конусов выноса оврагов и признаки их роста:** 18 – конусы выноса со значительным ежегодным приростом, частично незадернованные; 19 – конусы выноса с малым приростом. **Овражные водосборы и факторы оврагообразования:** 20 – контур водосборов (*a* – балок, *b* – оврагов); 21 – площадь водосбора, га или км<sup>2</sup>; 22 – размываемость пород в овражных врезках (неразмывающая скорость, м/с; мощность слоя, м; глубина базиса эрозии, м). **Форма склонов, на которых распространены овраги:** 23 – выпуклый; 24 – вогнутый; 25 – прямой; 26 – террасированный; 27 – средняя крутизна склона; 28 – длина склона; 29 – бровка склона; 30 – днище балки. **Виды хозяйственного использования водосборов:** 31 – пашня; 32 – пастбище; 33 – лес, кустарник; 34 – стройплощадки.

*Карты овражности* показывают, насколько распространены овраги на территории, но не дают характеристики отдельным оврагам, составляются, как правило, в средних и мелких масштабах.

К ним относятся:

- карта распространения оврагов, показывающая местоположение отдельных крупных оврагов и очагов (ареалов) овражной эрозии (рисунок 3);
- карта густоты овражной сети (карта овражного расчленения), выделяющая территории с различными показателями суммарной длины оврагов на единицу площади (км/км<sup>2</sup>) (рисунок 4, А);
- карта плотности овражной сети, на которой изображены участки по числу вершин оврагов на единицу площади (рисунок 4, Б).

Для картографического изображения распространения оврагов применяются способы значков и линейных знаков. Для отображения густоты и плотности оврагов применяются способы картограмм, картодиаграмм и псевдоизолиний.

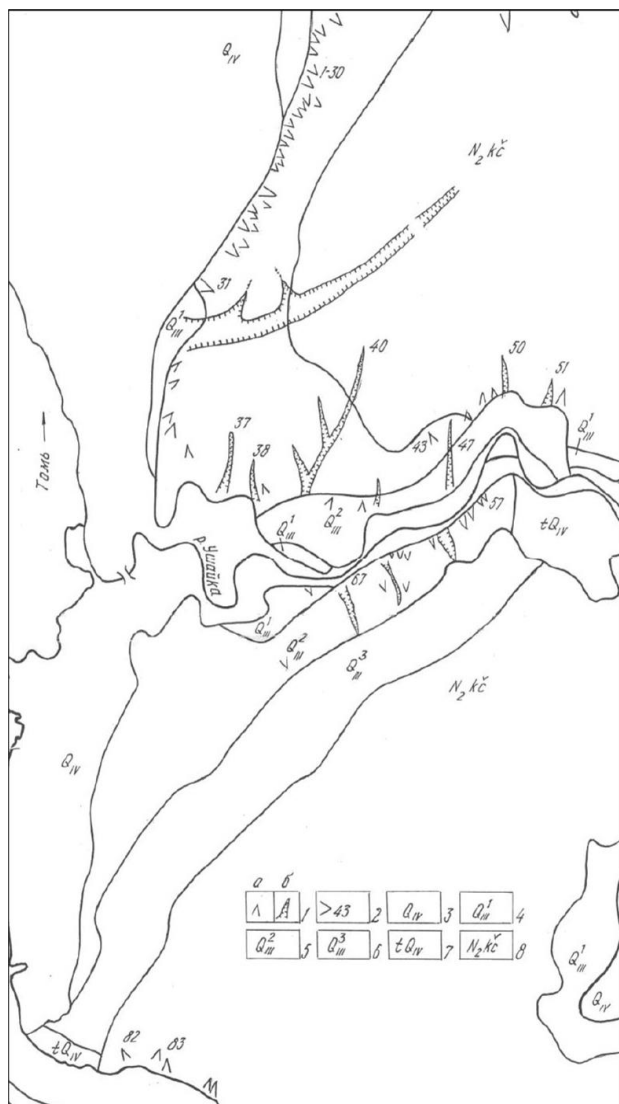
Наиболее часто в качестве способа картографического изображения густоты и плотности оврагов применяют картограммы и картодиаграммы. Они показывают суммарное количество / длину объектов для принятого контура, но не отражают размещение оврагов внутри контуров.

В качестве единиц деления территории при построении карт овражности могут применяться геометрические фигуры (квадрат, треугольник, круг) или водосборные бассейны. Поскольку овраги являются верхними звеньями эрозионной системы, тесно связанными с процессами внутри бассейна, то выбор водосборных бассейнов в качестве контуров картографирования представляется наиболее обоснованным.

## Порядок выполнения.

### Построение карты оврагов.

1. Подготовить географическую основу. Ее составляют на основе топографической карты крупного масштаба. На основу наносят контуры всех линейных эрозионных форм, которые затем уточняются по аэрофотоснимкам и космическим снимкам.



**Рисунок 3 – Пример карто-схемы распространения оврагов (по Н.В. Осинцевой, 2001).**

Овраги: 1а – немасштабный знак, 1б – плановые очертания; 2 – номер оврага. Отложения, в которых развиваются овраги: 3 – отложения поймы; 4 – отложения первой надпойменной террасы; 5 – отложения второй надпойменной террасы; 6 – отложения третьей надпойменной террасы; 7 – техногенные отложения; 8 – озерно-аллювиальные отложения (кочковская свита)

2. Измерить и обозначить на карте морфометрические признаки оврагов: длину, ширину, глубину.

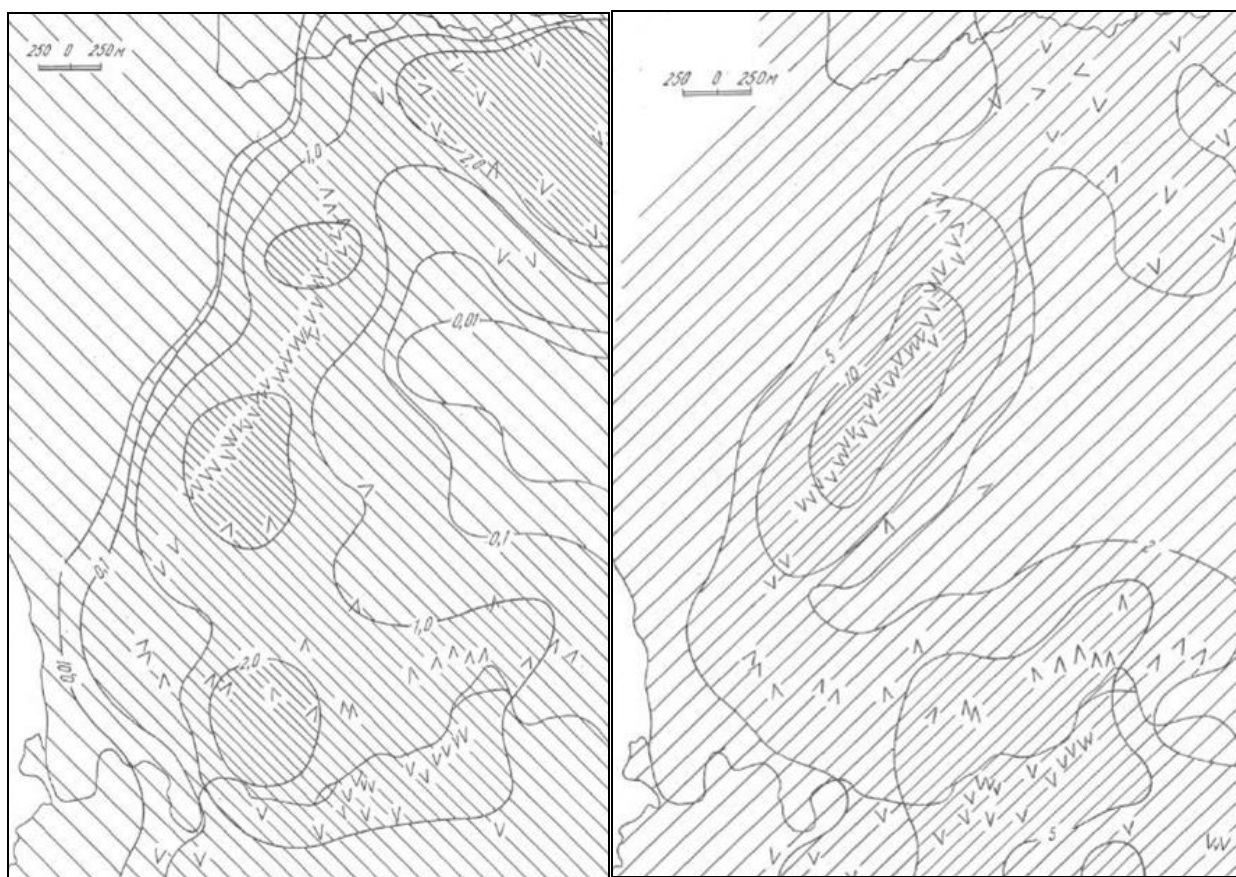
3. Провести контуры водосборной площади каждого оврага. Обозначить линии водоразделов, тальвеги, бровки, тыловые швы. Внутри водосборной площади указать ее характеристики: площадь, размываемость пород, форма, длина и крутизна склона, вид хозяйственного использования водосбора.

4. Указать морфологический тип оврага (береговой, склоновый, донный), типы продольного и поперечного профилей.



а)

б)



**Рисунок 4 – Примеры картосхем густоты (а) и плотности (б) овражной сети территории (по Н.В. Осинцевой, 2001)**

5. Обозначить типы вершин и признаки их активности, типы конусов выноса и признаки их роста.

6. Определить глубину базиса эрозии.

7. Полученные характеристики оврага изобразить на подготовленной основе при помощи условных знаков. Система условных знаков к карте оврагов и образец оформления карты представлены на рисунке 2.

***Построение карты распространения оврагов.***

1. Подготовить географическую основу карты. На нее нанести все водотоки, контуры водосборных бассейнов.

2. Используя топографическую карту, аэрофотоснимки и космические снимки, нанести на основу все эрозионные формы, которые могут быть дешифрованы в данном масштабе. Овраги длиной менее 5 мм в масштабе карты обозначить внемасштабным условным знаком, от 5 мм до 2 см – линией, свыше 2 см – контуром бровки оврага.

### ***Построение картограмм густоты и плотности оврагов***

1. Подготовить основу карты. Для этого построить карту *распространения оврагов*, на нее нанести реки длиной более 3 см в масштабе карты.

2. Очертить водосборные бассейны рек, подсчитать их площадь.

3. Внутри каждого бассейна определить плотность / густоту оврагов и подписать внутри контура карандашом.

Густота овражной сети ( $N$ ) измеряется в км/км<sup>2</sup> и вычисляется по формуле  $N = L/S$ , где  $L$  – суммарная длина всех оврагов внутри водосборного бассейна, км;  $S$  – площадь водосборного бассейна, км<sup>2</sup>.

Плотность оврагов ( $P$ ) измеряется в ед./км<sup>2</sup> и вычисляется по формуле  $P = A/S$ , где  $A$  – число овражных вершин внутри водосборного бассейна, ед.;  $S$  – площадь водосборного бассейна, км<sup>2</sup>.

4. Построить шкалу густоты / плотности оврагов. Шкала равномерная, состоит из четырехшести интервалов (в зависимости от амплитуды значений густоты или плотности). Каждому интервалу присвоить условный знак в виде штриховки различной плотности по принципу: чем выше значение показателя, тем плотнее штриховка.

5. Каждый из водосборных бассейнов заполнить штриховкой в соответствии со шкалой. Оформить картограмму.

## **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2 ИЗУЧЕНИЕ И ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ ОПОЛЗНЕВЫХ СКЛОНОВ**

**Цель:** определить положение поверхности скольжения на оползневом склоне, выполнить прогноз возникновения оползня.

**Задание 1.** Определить положение поверхности скольжения на оползневом склоне.

**Исходные данные:** результаты полевых исследований (таблица 1).

**Указания к выполнению задания.**

*Оползень* как явление – это масса горных пород, сползшая или сползающая вниз по склону или откосу под влиянием силы тяжести, гидродинамического давления, сейсмических и некоторых других сил.

Строение оползня зависит от рельефа склона, расположения и формы залегания отдельных горизонтов и слоев горных пород, расположения водоносных горизонтов (рисунок 5). Главным элементом строения оползневого склона является поверхность скольжения.

При простом строении оползня однородные массы горных пород смещаются по одной наклонной поверхности скольжения. Если оползневые массы горных пород разделены на части, они смещаются

дифференцированно друг относительно друга, часто с разной скоростью интенсивностью по разным поверхностям и зонам скольжения.

*Оползневой процесс* – геологический процесс образования оползня, проявляющийся в вертикальном и горизонтальном смещениях масс горных пород вследствие нарушения их равновесия и устойчивости, разрушения склонов и откосов, изменения их очертаний, рельефа и внутреннего строения оползневых накоплений.

Таблица 1 – Варианты результатов полевых исследований

**Вариант 1**

Грунты массива	Глубина залегания подошвы пород в выработках, м									Точка А	Точка Б	Уровень воды в реке, м
	с.1	с.2	с.3	с.4	с.5	с.6	ш.11	ш.12	ш.13			
Почва Q <sub>IV</sub>	1	1	1	1	0,5	0,3	0,5	н.в.	0,2			
Суглинок легкий Q <sub>II</sub>	8	4	5	2	н.в.	н.в.	6	н.в.	н.в.			
Супесь Q <sub>II</sub>	14	8	6,5	н.в.	н.в.	н.в.	7	1	н.в.			
Песок м/з Q <sub>I-II</sub>	17	11	10	4	н.в.	н.в.	н.в.	3	н.в.			
Глина пластичная N	20	15	15	10	10	10	н.в.	4	3			
Абсолютная отметка устья	136	128	125	117	111	103	132	121	106	135	110	100
Расстояние от нулевого репера, м	110	135	155	185	210	230	123	174	222	122	220	240
Глубина залегания грунтовых вод, м	12	7	6	1,5	0,6	0,5						
Глубина (угол наклона) поверхности скольжения, м (град.)			15	13	11		6–7 (60)	3–4 (55)	1–2 (35)			

## Вариант 2

Грунты массива	Глубина залегания подошвы пород в выработках, м									Точка А	Точка Б	Уровень воды в реке, м
	с.1	с.2	с.3	с.4	с.5	с.6	ш.11	ш.12	ш.13			
Почва Q <sub>IV</sub>	1	1	1	1	0,5	0,3	0,5	н.в.	0,2			
Суглинок легкий Q <sub>II</sub>	9	4	5	2	н.в.	н.в.	6	н.в.	н.в.			
Супесь Q <sub>II</sub>	13	8	6,5	н.в.	н.в.	н.в.	7	1	н.в.			
Песок м/з Q <sub>I-II</sub>	17	11	10	4	н.в.	н.в.	н.в.	3	н.в.			
Глина пластичная N	20	15	15	10	10	10	н.в.	4	3			
Абсолютная отметка устья	129	121	118	110	104	96	125	114	99	128	103	93
Расстояние от нулевого репера, м	10	35	55	85	110	130	23	74	122	22	120	140
Глубина залегания грунтовых вод, м	10	7	6	1,5	0,6	0,5						
Глубина (угол наклона) поверхности скольжения, м (град.)			15	13	11		6–7 (60)	3–4 (55)	1–2 (35)			

## Вариант 3

Грунты массива	Глубина залегания подошвы пород в выработках, м									Точка А	Точка Б	Уровень воды в реке, м
	с.1	с.2	с.3	с.4	с.5	с.6	ш.11	ш.12	ш.13			
Почва Q <sub>IV</sub>	1	1	1	1	0,5	0,3	0,5	н.в.	0,2			
Суглинок легкий Q <sub>II</sub>	8	4	5	2	н.в.	н.в.	6	н.в.	н.в.			
Супесь Q <sub>II</sub>	14	8	6,5	н.в.	н.в.	н.в.	7	1	н.в.			
Песок м/з Q <sub>I-II</sub>	17	11	10	4	н.в.	н.в.	н.в.	3	н.в.			
Глина пластичная N	20	15	15	10	10	10	н.в.	4	3			
Абсолютная отметка устья	129	121	118	110	104	96	125	114	99	128	103	93
Расстояние от нулевого репера, м	10	35	55	85	110	130	23	74	122	22	120	140
Глубина залегания грунтовых вод, м	12	7	6	2	0,6	0,5						
Глубина (угол наклона) поверхности скольжения, м (град.)			15	13	11		6–7 (60)	3–4 (55)	1–2 (35)			

### Вариант 4

Грунты массива	Глубина залегания подошвы пород в выработках, м									Точка А	Точка Б	Уровень воды в реке, м
	с.1	с.2	с.3	с.4	с.5	с.6	ш.11	ш.12	ш.13			
Почва Q <sub>IV</sub>	1,5	1,5	1,5	1,5	1	0,8	1	н.в.	0,7			
Суглинок легкий Q <sub>II</sub>	9	5	6	3	н.в.	н.в.	7	н.в.	н.в.			
Супесь Q <sub>II</sub>	15	9	7,5	н.в.	н.в.	н.в.	8	2	н.в.			
Песок м/з Q <sub>I-II</sub>	18	12	11	5	н.в.	н.в.	н.в.	4	н.в.			
Глина пластичная N	21	16	16	11	11	11	н.в.	5	4			
Абсолютная отметка устья	129	121	118	110	104	96	125	114	99	128	103	93
Расстояние от нулевого репера, м	80	105	125	155	180	200	93	144	192	92	190	210
Глубина залегания грунтовых вод, м	12	7	6	1,5	0,6	0,5						
Глубина (угол наклона) поверхности скольжения, м (град.)			16	14	12		7-8 (60)	4-5 (55)	2-3 (35)			

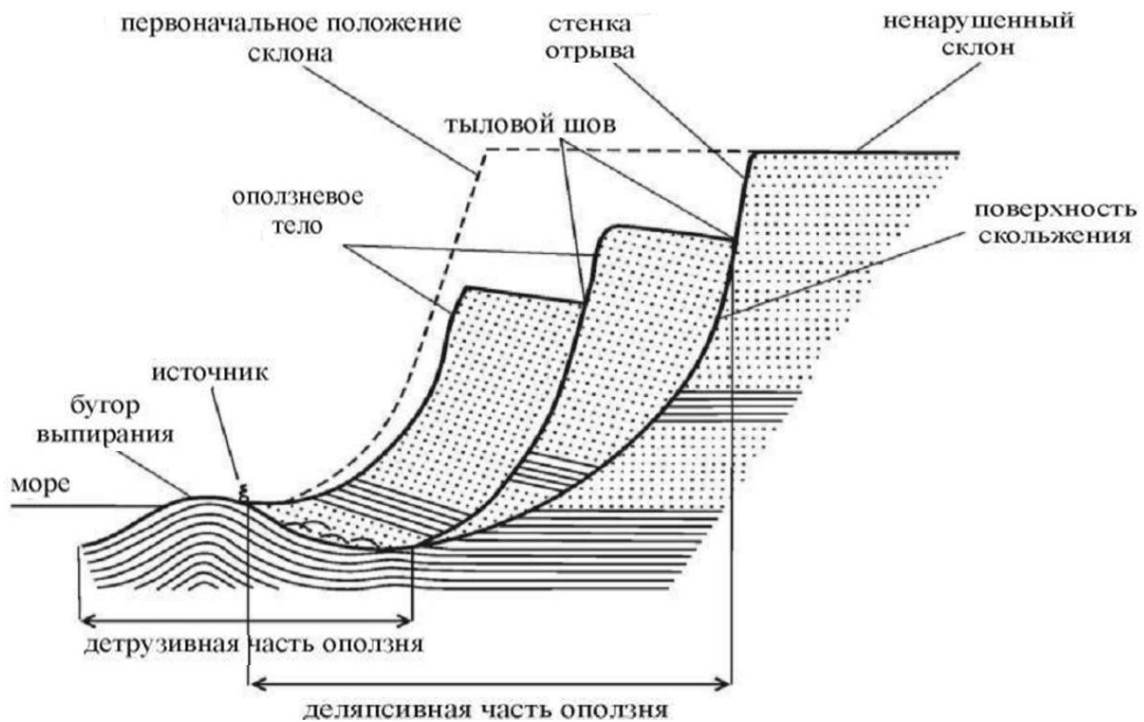


Рисунок 5 – Профиль оползневого склона

В оползневом процессе различают три этапа:

– *подготовка* оползня, когда постепенное нарушение равновесия и устойчивости масс горных пород на склонах и в откосах под влиянием естественных или искусственных причин приводит к неизбежности их сдвижения, проявляющегося в медленных, едва заметных подвижках, образовании трещин, часто задолго до наступления второго этапа – фактического образования оползня;

– *образование* оползня, когда вследствие окончательной потери равновесия и устойчивости масс горных пород на склонах и в откосах начинается их быстрое или медленное, непрерывное или с остановками, повторяющееся неоднократно смещение;

– *стабилизация* оползня, когда после оползания масс горных пород со склонов и откосов их равновесие и устойчивость восстанавливаются при новом положении в рельефе, процесс стабилизации развивается постепенно, плавно или прерывается некоторыми подвижками.

По строению оползневого склона или положению поверхности скольжения выделяют (рисунок 6):

*Оползни асеквентные* – вид структурных оползней, образующихся в однородных, обычно неслоистых породах: глинах, суглинках, супесях и др. Поверхность скольжения в таких породах вогнутая, имеет форму, близкую к круглоцилиндрической, обусловленную их физико-механическими свойствами. Трещины отрыва в верхней части склона или откоса у таких оползней образуют один или несколько заколов и массы горных пород сползают в виде одного или нескольких блоков. В рельефе, таким образом, возникают главный и внутренние уступы.



*Оползни инсеквентные* – структурные оползни, образующиеся в неоднородных слоистых породах, залегающих горизонтально или наклонно, чаще в сторону склона. Поверхность скольжения у таких оползней врезается и пересекает слои пород разного состава вкрест их простираения. Форма ее ломаная, неровная, вогнутая, в целом круглоцилиндрическая.

*Оползни консеквентные* – структурные оползни в неоднородных породах, у которых поверхности скольжения предопределены строением

склона или откоса, поверхностями и зонами ослабления горных пород (моноклинально наклонной поверхностью напластования пород; наклоном слоев и прослоек слабых пород; наклоном поверхности коренных пород или нижней границы зоны сильно выветрелых пород; наклоном поверхности трещин; наклоном поверхности нижней границы оттаявших пород и др.). Оползание масс горных пород во всех таких случаях происходит по поверхностям и зонам ослабления пород.

**Порядок выполнения.**

1. По указанному варианту (таблица 1) построить инженерно-геологический разрез без учета данных о закономерностях развития оползневых процессов, используя только данные бурения.

2. Построить инженерно-геологический разрез с учетом понимания строения оползневого массива. Для этого дополнительно были выполнены: а) геодезические наблюдения в точках А и Б; б) шурфование в местах трещин отрыва; в) переинтерпретированы документация проходки скважин.

3. Скважину 1 расположить вне оползня.

4. По 1 скважине принять залегание слоев горизонтальным.

5. Дневную поверхность до точки А провести горизонтально.

6. В оползневом теле принять мощность слоев по 1 скважине.

7. Поверхность скольжения приурочена к контакту с глинами.

8. Первый цикл может быть разрушен эрозией.

При построениях разрезов использовать условные обозначения согласно ГОСТ 21.302–2013.

**Задание 2.** Определить положение наиболее вероятной поверхности скольжения.

**Исходные данные:** высота откоса  $H$ , угол откоса  $\alpha$  по вариантам (таблица 2),  $\varphi = 20^\circ$ ;  $c = 3,0$  тс/м<sup>2</sup>;  $\gamma = 2$  тс/м<sup>3</sup>.

Таблица 2 – Параметры склона (откоса)

Вариант	Высота, $H$ , м	Угол заложения $\alpha$ , град
1	15	55
2	20	46
3	25	40
4	30	36
5	32	35
6	35	34
7	37	32
8	40	31
9	45	30
10	50	28
11	55	27
12	60	41
13	24	38
14	27	37
15	29	37

### Указания к выполнению задания.

*Поверхность скольжения* – поверхность, по которой происходит пластическое разрушение и перемещение одной части горных пород по другой.

Определение наиболее опасной круглоцилиндрической поверхности скольжения ведется разными способами, которые можно разделить на две группы.

1. Поиск методом проб и ошибок при расчете коэффициента устойчивости алгебраическим суммированием по большому количеству поверхностей, проведенных в склоновом массиве из различных центров. Минимальное значение коэффициентов устойчивости соответствует наиболее вероятной поверхности скольжения. Число центров может быть различным. При этом все прочие условия и параметры откоса остаются постоянными.

2. Построение наиболее вероятной поверхности скольжения из теоретических соображений, при этом считается, что ее положение соответствует минимальному значению коэффициента устойчивости.

### Порядок выполнения.

А. Поиск наиболее опасной круглоцилиндрической поверхности предлагается провести по методу В. Феллениуса. Метод применим для квазиоднородных массивов дисперсных горных пород.

1. По указанному варианту (таблица 2) построить откос (склон) высотой  $H$  и углом заложения  $\alpha$ .

2. В зависимости от значения  $\operatorname{ctg} \alpha$  определить углы  $\beta_1$  и  $\beta_2$  (рисунок 7).

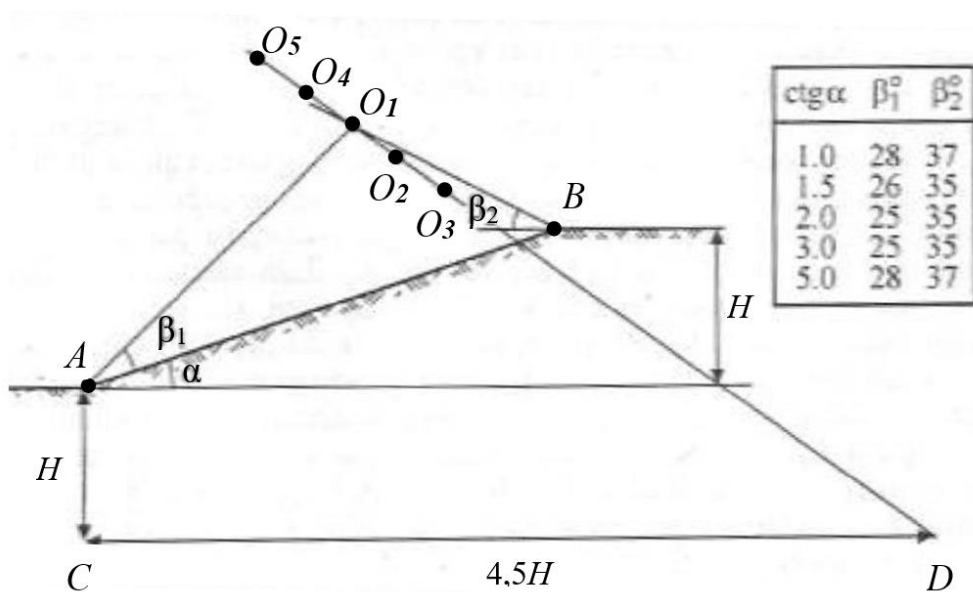


Рисунок 7 – Схема к нахождению центров круглоцилиндрических поверхностей скольжения



3. Первый центр ( $O_1$ ) дуги скольжения определяется как точка пересечения двух лучей, проведенных под рекомендуемыми углами  $\beta_1$  и  $\beta_2$  из нижней и верхней бровки откоса (рисунок 7).

4. Провести поверхность скольжения радиусом  $AO_1$ .

5. Для установления положений дополнительных центров выполняется еще одно построение. Из точки  $A$  в масштабе построения отложить вниз отрезок  $AC = H$ . От точки  $C$  вправо отложить отрезок  $CD = 4,5 H$ . Провести луч  $O_1D$ .

6. Выше и ниже точки  $O_1$  отметить точки  $O_2$  и  $O_3$ .

7. Провести еще две поверхности скольжения радиусом  $O_2A$  и  $O_3A$ .

Б. Построение наиболее опасной поверхности скольжения по методу Г.Л. Фисенко (рисунок 8).

1. По указанному варианту вновь построить откос (склон) высотой  $H$  и углом заложения  $\alpha$ .

2. Определить глубину трещины отрыва, т.к. в массивах, обладающих сцеплением, площадки скольжения возникают с глубины  $H_{90}$  (в метрах).

$$H_{90} = 2c/\gamma \times \text{tg} (45 + \varphi/2),$$

где  $c$  – сцепление;  $\varphi$  – угол внутреннего трения;  $\gamma$  – удельный вес пород.

3. Определить ширину призмы обрушения.

$$H' = H / H_{90},$$

где  $H$  – высота откоса;  $H_{90}$  – глубина трещины отрыва.

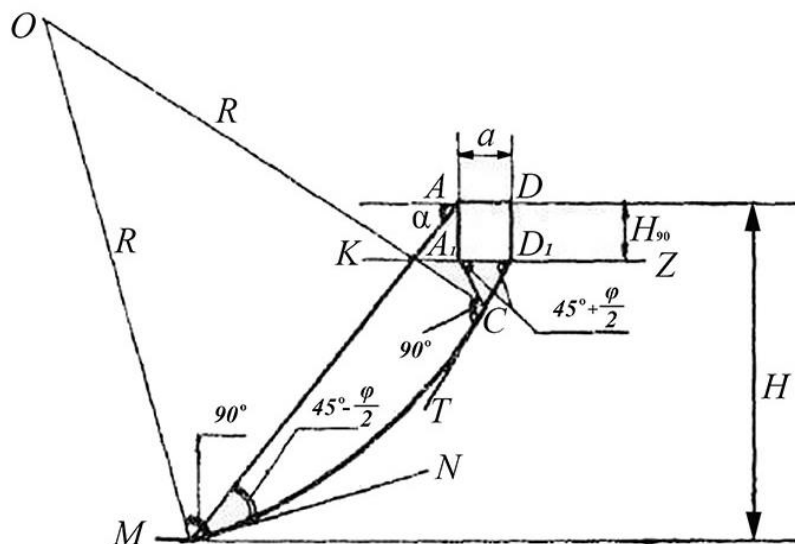


Рисунок 8 – Схема к нахождению поверхности скольжения откоса плоского профиля в квазиоднородном массиве

4. При заданных значениях  $H'$  и  $\varphi$  по графику определить  $a'$  и выразить ширину призмы обрушения  $a$  (рисунок 9).

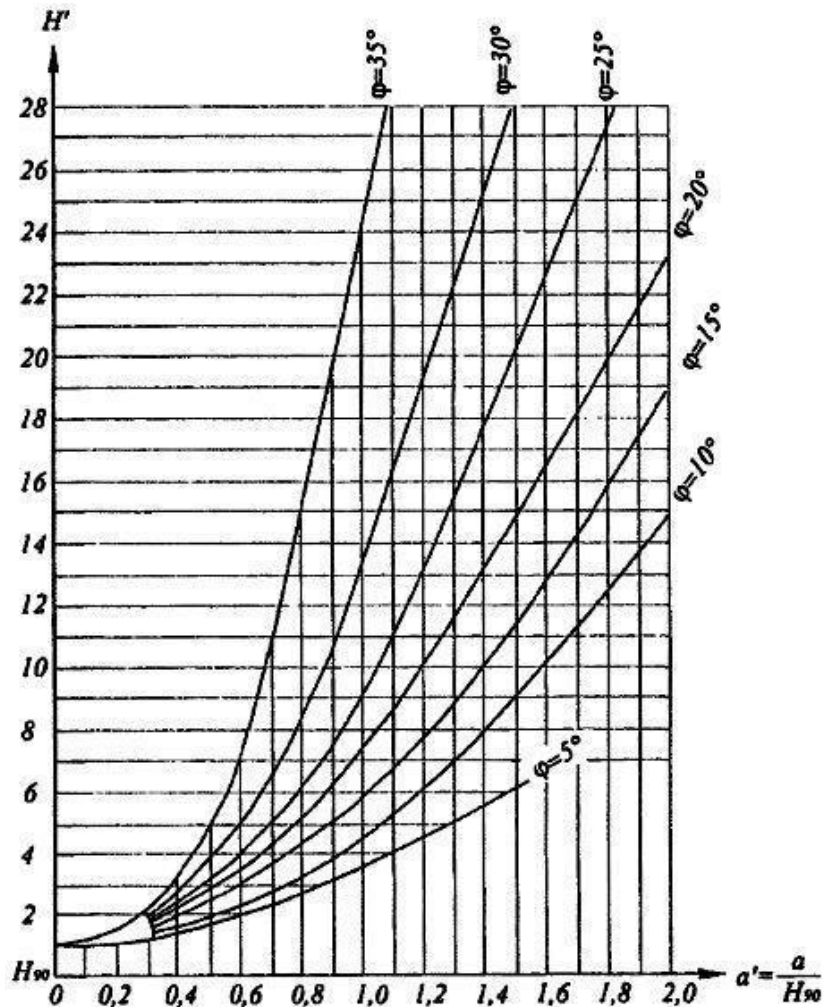


Рисунок 9 – График к определению ширины призмы обрушения  
(по ВНИМИ, 1987)

5. От верхней бровки отложить отрезок  $AD = a$ . Из точек  $A$  и  $D$  отложить вниз отрезки  $AA_1 = H_{90}$  и  $DD_1 = H_{90}$  (рисунок 8).
6. Строим равнобедренный треугольник  $A_1D_1C$  (основание  $A_1D_1$ ,  $\angle CA_1D_1 = \angle CD_1A_2 = 45^\circ + \varphi/2$ ).
7. К лучу  $TC D_1$  построить перпендикуляр через точку  $C$ .
8. От поверхности откоса (отрезок  $AM$ ) отложить угол  $\angle = 45^\circ - \varphi/2$  (луч  $MN$ ). К лучу  $MN$  построить перпендикуляр через точку  $M$ .
9. Точка пересечения построенных перпендикуляров ( $O$ ) – центр дуги скольжения.
10. Провести поверхность скольжения радиусом  $OM = OC = R$ .

**Задание 3.** Выполнить инженерную оценку состояния оползневого склона.

**Исходные данные** представлены в таблицах 3 и 4.

### Указания к выполнению задания.

Под инженерной оценкой состояния склона понимают: 1) оценку вероятности возникновения оползневого процесса на склоне в ближайшем будущем; 2) параметры оползневого процесса.

Оценка вероятности возникновения оползневого процесса достаточно сложный алгоритм и, как правило, производится специалистами оползневых станций (по данным многолетних наблюдений). Принципиальная схема вероятностного прогноза возникновения нового оползня на естественном склоне в заданном районе и в заданный период времени  $T$  состоит в следующем. На первом этапе осуществляется получение исходных данных. Для этого определяют среднюю годовую величину коэффициента  $K_{\text{ср}}^{\text{н}}$  устойчивости данного склона в настоящее время (т.е. на начало периода  $T$ ), под которым понимают отношение суммарного сопротивления сдвигу вдоль какой-либо потенциальной поверхности скольжения к сумме сдвигающих усилий вдоль этой поверхности:

$$K_{\text{ср}}^{\text{н}} = \sum_{i=1}^n \frac{C_i \cdot l_i}{\tau_i \cdot \Delta l_i}$$

где  $C_i$  – сопротивление сдвигу на  $i$ -ом участке;  $\tau_i$  – касательная напряженность;  $l_i$  – деформация склона на  $i$ -ом участке;  $\Delta l_i$  – абсолютная деформация.

Рассчитывают среднюю скорость необратимых изменений коэффициента устойчивости склона (за год в настоящее время и ее прогноз на период  $T$ )  $\Delta K_{\text{ср}} = f(T)$ . Определяют зависимость амплитуды  $A$  обратимых колебаний коэффициента устойчивости склона от показателей  $F$  соответствующих факторов:  $A = f(\Sigma F)$ .

Рассчитывают среднюю величину годовой амплитуды  $A_{\text{ср}}$  отрицательного отклонения коэффициента устойчивости склона и вероятной максимальной ее величины  $A_{\text{max}}$  за период  $T$ .

На втором этапе осуществляют анализ данных. Для этого определяют возможность оползня. Конечная средняя годовая величина коэффициента устойчивости склона  $K_{\text{ср}}^{\text{к}}$  в конце прогнозируемого периода  $T$  составит:

$$K_{\text{ср}}^{\text{к}} = K_{\text{ср}}^{\text{н}} - T \cdot \Delta K_{\text{ср}}$$

Таблица 3 – Исходные данные для расчета

Вариант	$T$ , лет	$K_{\text{ср}}^{\text{н}}$	$\Delta K_{\text{ср}}$	$A_{\text{ср}}$	$A_{\text{max}}$
1	35	1,26	$4,56 \cdot 10^{-3}$	$2,96 \cdot 10^{-2}$	0,11
2	50	1,27	$4,86 \cdot 10^{-3}$	$2,86 \cdot 10^{-2}$	0,13
3	70	1,28	$4,46 \cdot 10^{-3}$	$2,92 \cdot 10^{-2}$	0,10
4	45	1,26	$4,89 \cdot 10^{-3}$	$2,76 \cdot 10^{-2}$	0,11
5	52	1,25	$4,96 \cdot 10^{-3}$	$3,01 \cdot 10^{-2}$	0,12
6	74	1,29	$4,56 \cdot 10^{-3}$	$2,72 \cdot 10^{-2}$	0,12
7	77	1,20	$5,01 \cdot 10^{-3}$	$3,16 \cdot 10^{-2}$	0,11
8	25	1,22	$5,22 \cdot 10^{-3}$	$3,12 \cdot 10^{-2}$	0,13

9	28	1,26	$4,86 \cdot 10^{-3}$	$3,66 \cdot 10^{-2}$	0,10
10	37	1,27	$5,12 \cdot 10^{-3}$	$3,44 \cdot 10^{-2}$	0,12
11	45	1,27	$4,76 \cdot 10^{-3}$	$4,21 \cdot 10^{-2}$	0,11
12	47	1,26	$5,16 \cdot 10^{-3}$	$2,92 \cdot 10^{-2}$	0,13
13	55	1,22	$4,52 \cdot 10^{-3}$	$3,55 \cdot 10^{-2}$	0,10
14	60	1,24	$5,18 \cdot 10^{-3}$	$3,14 \cdot 10^{-2}$	0,12
15	65	1,26	$4,75 \cdot 10^{-3}$	$3,11 \cdot 10^{-2}$	0,13

Таблица 4 – Исходные данные для расчета

Вариант	Тип грунта	$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	$H$ , м	$\delta$ , м	$\beta$ , град.	$\lambda$ , град.	$\varphi$ , град.
1	песок	2660	150	1,0	27	15	37
2	супесь	2695	123	1,5	15	12	22
3	суглинок	2585	117	2,3	10	5	15
4	глина	2730	92	4,3	16	8	9
5	лёсс	2685	105	3,1	22	13	20
6	песок	2665	59	2,7	25	17	39
7	супесь	2705	87	4,1	19	11	25
8	суглинок	2720	131	2,1	23	14	21
9	глина	2745	91	1,7	17	9	16
10	лёсс	2695	64	1,9	24	8	20
11	песок	2660	81	2,3	21	12	11
12	супесь	2705	77	4,2	18	7	14
13	суглинок	2695	108	3,5	22	15	19
14	глина	2740	93	2,8	14	11	22
15	лёсс	2695	85	2,4	18	10	17

Выводы об устойчивости или неустойчивости склона делаются на основании анализа следующих условий.

Если:

$K_{\text{ср}}^{\text{к}} - A_{\text{max}} > 1$ , то оползень маловероятен,

$K_{\text{ср}}^{\text{к}} - A_{\text{max}} < 1$ , то оползень возможен,

а если:

$K_{\text{ср}}^{\text{к}} - A_{\text{ср}} < 1$ , то вероятность оползня очень велика.

Рассчитывают вероятное время  $T_{\text{оп}}$  смещения оползня (лет от начала прогнозируемого периода), т. е. наиболее вероятно смещение оползня в этот период по формуле:

$$\text{от } \frac{K_{\text{ср}}^{\text{н}} - A_{\text{max}} - 1}{\Delta K_{\text{ср}}} \text{ до } \frac{K_{\text{ср}}^{\text{н}} - A_{\text{ср}} - 1}{\Delta K_{\text{ср}}}.$$

На практике обычно заблаговременно выявляют условие, изменение которого способно вызывать оползни участка склона, и выполняют все противооползневые мероприятия, повышающие устойчивость пород. На специальных постах специалистами оползневых станций ведется наблюдение за причинами возникновения оползневых смещений, изучение их динамики и определение противооползневых мероприятий. В их задачи

входит так же: контроль колебания уровня воды в колодцах дренажных сооружений, буровых скважин, реках, озерах и водохранилищах; наблюдение за режимом подземных вод, скоростью и направлением оползневых смещений, выпадением и стоком атмосферных осадков.

На наиболее ответственных участках такие посты оборудуют створы глубинных реперов (репер – фундаментальный геодезический знак, закладываемый в практически несжимаемые грунты и предназначенный для сохранения высотной отметки) и наблюдают за ними. В качестве реперов обычно используют буровые штанги длиной 2–2,5 м. В районах глубокого промерзания штанги-реперы устанавливают на глубину до 3 м и заливают раствором цемента. Особенно внимательно наблюдение за реперами ведут в осенне-весенний период, когда выпадает наибольшее количество осадков (являющихся одной из основных причин возникновения оползней).

На основании анализа результатов проведенных наблюдений, выявляют оползневые районы и выполняют противооползневые работы на тех участках, где зафиксировано смещение пород.

Вычисление параметров оползневого процесса также довольно сложно, т. к. в этом случае особое значение имеет динамика значительных изменений земной поверхности. С этим связана проблема определения условий, при которых такие изменения не происходят, т.е. условий устойчивости рельефа Земли.

Прежде всего, следует определить устойчивость склона, который сложен рыхлыми породами. Прочность рыхлых пород определяется уравнением:

$$\tau = \sigma \cdot \operatorname{tg} \varphi + c,$$

где  $\tau$  – сопротивление сдвигу;  $\sigma$  – нормальное напряжение;  $c$  – сцепление,  $\varphi$  – угол внутреннего трения.

Для простоты предварительной оценки обстановки при оползневом процессе ограничиваются решением плоской задачи. В этом случае мы получим геометрическую схему, изображенную на рисунке 10.

На этом рисунке  $W$  – вес клина  $ABC$ ;  $H$  – высота откоса,  $\beta$  – угол откоса;  $\lambda$  – угол наклона плоскости скольжения.

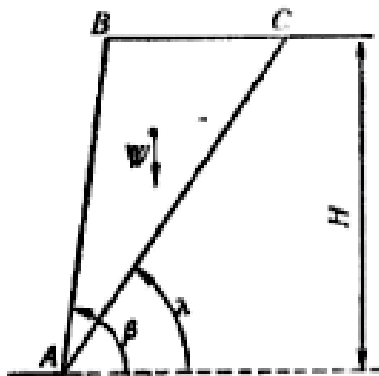


Рисунок 10 – Геометрическая модель склона

Равновесие треугольника ABC определяется выражением:

$$W \sin \lambda = c \frac{H}{\sin \lambda} + W \cos \lambda \cdot \operatorname{tg} \varphi,$$

Вес треугольника ABC (принимая его толщину, равной единице измерения) равен:

$$W = \rho \cdot g \frac{H^2 \cdot \sin(\beta - \lambda)}{2 \sin \beta \cdot \sin \lambda},$$

где  $\rho$  – средняя плотность материала, слагающего склон, кг/м<sup>3</sup>;  $g$  – ускорение свободного падения ( $g = 9,81$  м/с<sup>2</sup>),  $H$  – высота откоса, м,  $\beta$  – угол откоса, градусы;  $\lambda$  – угол наклона плоскости скольжения, градусы.

В этом случае сила сцепления грунта ( $c$ ) составит:

$$c = - \frac{W(\sin \lambda - \cos \lambda \cdot \operatorname{tg} \varphi) \sin \lambda}{H}.$$

Критическую высоту склона  $h_c$  можно определить по выражению:

$$h_c = \frac{c}{\rho \cdot g} \cdot \frac{2 \sin \beta \cdot \cos \varphi}{\sin^2 \frac{1}{2}(\beta - \varphi)},$$

где  $\varphi$  – угол внутреннего трения (градусы) – угол наклона прямолинейной части диаграммы сдвига грунта к оси нормальных давлений. Угол внутреннего трения является показателем сил трения в грунте, возникающих при явлениях сдвига и оказывающих сопротивление сдвигу.

Эта формула обычно выражается через коэффициент устойчивости  $N$  ( $\beta, \varphi$ ):

$$h_c = \frac{c}{\rho \cdot g} \cdot N(\beta, \varphi),$$

где

$$N(\beta, \varphi) = \frac{2 \sin \beta \cdot \cos \varphi}{\sin^2 \frac{1}{2}(\beta - \varphi)}.$$

В практике проектирования сооружений на склонах критическую высоту откоса массива грунтов, при которой сохраняется устойчивость, можно рассчитать из уравнения значения коэффициента устойчивости или сведения можно получить из графика (рисунок 11).

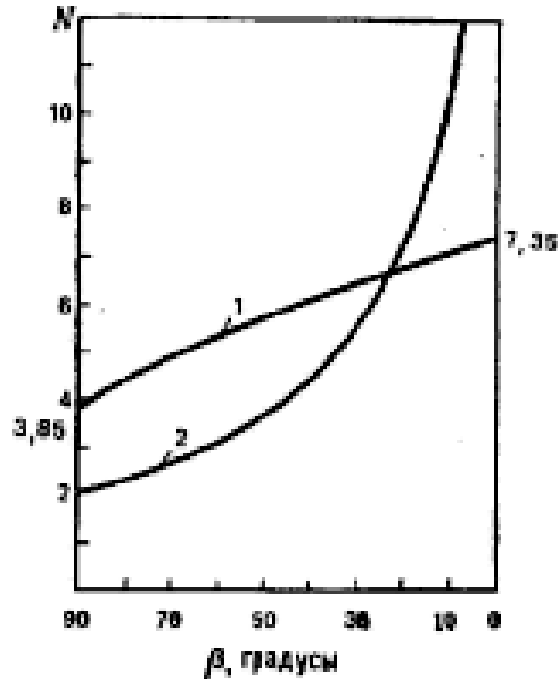


Рисунок 11 – Значения величин коэффициента устойчивости склона от угла наклона

Величина нормального давления, которое оказывает склон весом  $W$  вышележащих пород равна:

$$\sigma_n = W \cdot \cos \beta.$$

откуда сопротивление сдвигу составит:

$$\tau(x) = \delta \cdot \rho \cdot g \cdot \text{tg} \varphi.$$

Среднее сопротивление сдвигу в слое мощностью  $\delta$  составит:

$$\bar{\tau} = \delta \cdot \rho \cdot g \cdot \text{tg} \varphi.$$

В заключение отметим, что любой естественный или искусственный склон рано или поздно способен подвергнуться оползневому процессу. Причину возникновения оползня надо искать в нарушении условий устойчивости склона. Поэтому мероприятия по предотвращению оползней должны быть направлены, прежде всего, против них. Эти нарушения могут проходить разными путями.

1. Угол склона  $\beta$  постепенно возрастает до предела, когда нарушается устойчивость. Это может быть следствием медленных геодинамических движений, однако чаще всего вызывается эрозией подножия склонов. Этот процесс часто происходит при развитии (и разрушении) речных берегов. Поэтому мероприятия, препятствующие увеличению крутизны склонов, в частности, предотвращающие подмыв оснований речных берегов путем корректировки русла, являются полезными.

2. Неустойчивость склона может быть вызвана его пригрузкой искусственными объектами (например, возведение сооружений, складирование материалов на склоне или вблизи его бровки и т.д.).

3. Причиной неустойчивости может явиться изменение эффективного давления. Любое повышение давления воды в порах или трещинах породы снижает устойчивость склона. Поэтому хороший дренаж всегда повышает устойчивость склона. Он может быть дополнен электроосмосом с помощью установки электродов или просто коротким замыканием различных слоев путем забивки в них проводящих стержней.

#### Порядок выполнения.

Пользуясь алгоритмом, представленным в указаниях к выполнению задания, согласно указанному варианту (таблицы 5, 6) оценить вероятность возникновения оползневого процесса и параметры оползневого очага:

- а) вес оползневого очага при заданной его мощности  $\delta$ ;
- б) критическую высоту склона при данных углах  $\beta$  и  $\varphi$ ;
- в) силу сцепления грунта  $c$ ;
- г) коэффициент устойчивости склона  $N(\beta, \varphi)$ ;
- д) величину нормального давления склона  $\sigma_n$  (Па);
- е) среднее сопротивление сдвигу  $\bar{\tau}$  (Па).

Сделать выводы, охватывающие все фактические и расчетные данные.

Вероятное время возникновения оползня в горизонтальных склонах рассчитать согласно нижеприведенному примеру.

Прогнозируемый период  $T = 50$  лет; значение среднего начального коэффициента устойчивости склона  $K_{\text{ср}}^{\text{н}} = 1,27$ ; сравнительно равномерный подмыв подошвы склона и сопутствующие процессы обуславливают среднее годовое уменьшение коэффициента его устойчивости  $\Delta K_{\text{ср}} = 5 \cdot 10^{-3}$ ; среднее годовое отрицательное отклонение коэффициента устойчивости склона в результате колебаний его водонасыщения и перегрузки основания наносами  $A_{\text{ср}} = 3 \cdot 10^{-2}$ ; максимальное негативное отклонение коэффициента устойчивости склона за 50 лет (соответствующее наиболее неблагоприятному сочетанию факторов в течение года 2%-й обеспеченности)  $A_{\text{max}} = 0,1$ .

Решение. Наиболее вероятное смещение оползня следует ожидать в период

$$\text{от } \frac{K_{\text{ср}}^{\text{н}} - A_{\text{max}} - 1}{\Delta K_{\text{ср}}} \text{ до } \frac{K_{\text{ср}}^{\text{н}} - A_{\text{ср}} - 1}{\Delta K_{\text{ср}}} = \text{от } \frac{1,27 - 0,1 - 1}{5 \cdot 10^{-3}} \text{ до } \frac{1,27 - 3 \cdot 10^{-2} - 1}{5 \cdot 10^{-3}} =$$

$$= \text{от } 34 \text{ до } 48 \text{ лет.}$$

Следовательно, возведение на этом склоне объекта со сроком амортизации 50 лет и более требует дополнительного проведения противооползневых мероприятий. Тем не менее, временные (со сроком эксплуатации 10–15 лет) объекты в настоящее время и в ближайшие годы возводить можно.

$$K_{\text{ср}}^{\text{к}} = K_{\text{ср}}^{\text{н}} - T \cdot \Delta K_{\text{ср}} = 1,27 - 50 \cdot 5 \cdot 10^{-3} = 1,02$$

$$K_{\text{ср}}^{\text{к}} - A_{\text{max}} = 1,02 - 0,1 = 0,92 < 1, \text{ оползень вероятен.}$$



### ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

## ПОСТРОЕНИЕ КАРТЫ ИНТЕНСИВНОСТИ ОПАСНЫХ ЭКЗОГЕННЫХ ПРОЦЕССОВ РЕЛЬЕФООБРАЗОВАНИЯ

**Цель:** научиться выделять на карте элементарные бассейны и определять интенсивность опасных экзогенных процессов рельефообразования внутри этих бассейнов. Овладеть методикой интегральной оценки интенсивности проявления опасных процессов рельефообразования.

#### **Задание.**

Используя топографическую карту и карту экзогенных процессов рельефообразования, аэрофотоснимки и космические снимки территории, составить карту интенсивности проявления экзогенных процессов рельефообразования и объяснительную записку к ней.

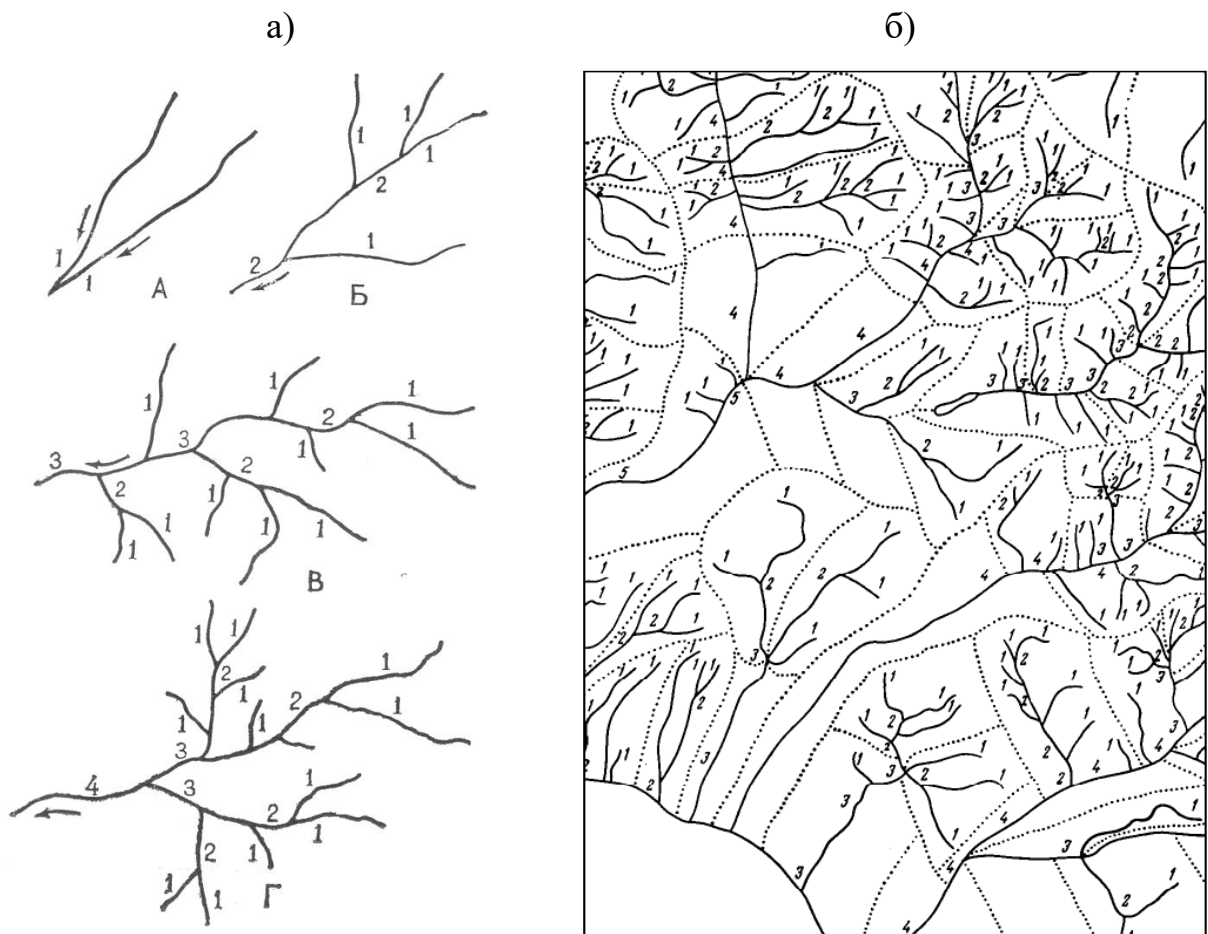
**Исходные материалы:** топографическая основа крупного масштаба, карта опасных экзогенных процессов рельефообразования, данные полевых исследований опасных процессов рельефообразования.

#### **Указания к выполнению задания.**

1. **Выделение водотоков первого, второго, третьего и т.д. порядков** проводится по топографической карте. Водоток первого порядка считается водоток, который не принимает притоков и не сливается с другим водоток. Счет водотоков идет от истоков вниз по течению.

При слиянии водотоков одного порядка порядок водотока увеличивается на единицу. Так, при слиянии двух водотоков первого порядка получатся водоток второго порядка, при слиянии двух водотоков второго порядка – водоток третьего порядка и т.д. Порядок водотока обозначается арабской цифрой, подписанной рядом с водоток (рисунок 12, а).

2. **Разделение территории на «элементарные бассейны»** производится путем выделения бассейнов водотоков одного порядка. Такое выделение начинается с водотоков второго или третьего порядка в зависимости от величины (рисунок 12, б). Порядок «элементарного бассейна» соответствует порядку водотока, в зоне которого он выделяется. Элементарные бассейны нумеруются, подсчитывается площадь каждого элементарного бассейна ( $F$ ). Номера бассейнов подписываются на карте, данные об их площади заносятся в таблицу (таблица 5).



**Рисунок 12 – Примеры картосхем:**  
**а) порядков долин, б) элементарных бассейнов с порядками водотоков**  
**(сплошные линии – водотоки, отточие – границы элементарных бассейнов)**  
**(по В.П. Филосову, 1975; Методическое руководство, 1978)**

Таблица 5 – Данные для расчета коэффициента пораженности территории опасными экзогенными процессами (используется показатель площади пораженности процессами)

№ элементарного бассейна	Площадь элементарного бассейна ( $F$ )	Площадь, пораженная оползанием ( $fg$ )	Коэффициент пораженности оползанием ( $Kg = fg/F$ )	Площадь, пораженная оползнеобразованием ( $fs$ )	Коэффициент пораженности оползанием ( $Ks = fs/F$ )	Другие показатели	Общая интенсивность опасных экзогенных процессов ( $Kp$ )
1							
2							
3							

**3. Расчет коэффициента площадной пораженности экзогенными процессами** включает несколько операций. Сначала устанавливаются виды опасных экзогенных процессов, которые проявляются на данной

территории (оползнеобразование, оврагообразование, подтопление, сели, обвалы, осыпи, карст и т.п.).

Затем внутри каждого элементарного бассейна подсчитывается коэффициент площадной пораженности каждым видом опасного процесса ( $K$ ). Данные заносятся в таблицу (таблица 5).

Коэффициент пораженности ( $K$ ) рассчитывается как отношение площади, пораженной процессом ( $f$ ), к общей площади элементарного бассейна ( $F$ ) (Методическое руководство..., 1978):  $K = f / F$ .

Коэффициент пораженности может изменяться от нуля до единицы. Под площадью, пораженной оползнями, обвалами и осыпями, понимается вся площадь, на которой развиваются эти процессы, включая зоны денудации, транзита и аккумуляции.

Если на оцениваемой территории площадь отдельных проявлений экзогенных процессов (оползней, оврагов, карстовых воронок и т.п.) невелика и не выражается в масштабе карты, то для оценки интенсивности процесса пользуются промежуточным показателем: коэффициентом частоты ( $K'$ ), равным отношению числа проявлений экзогенных процессов (оврагов, оползней и т.п.) на участке ( $n$ ) к площади участка ( $F$ ):  $K' = n / F$ .

Коэффициент частоты может изменяться от единицы до бесконечности. Чтобы перейти от коэффициента частоты к коэффициенту площадной пораженности, устанавливается средний размер ( $fn$ ) формы рельефа (оползня, оврага и т.д.). Это делают по крупномасштабным картам, аэрофотоснимкам, космическим снимкам или в ходе полевых наблюдений. Тогда коэффициент площадной пораженности рассчитывается с учетом показателей: число проявлений опасного процесса на участке ( $n$ ), средний размер проявления опасного процесса ( $fn$ ), общая площадь участка:  $K_p = n \cdot fn / F$ .

В таком случае таблица для расчета коэффициента пораженности территории опасными процессами будет иметь следующий вид (таблица 6).

Количественную оценку интенсивности всех процессов записывают в виде формулы, имеющей вид  $0,4S + 0,2Q + 0,1G$ , где  $S$  – оползни,  $Q$  – обвалы и осыпи,  $G$  – овраги (Методическое руководство..., 1978). Данная формула означает, что на изучаемой территории коэффициент площадной пораженности оползнями составляет 0,4; обвалами и осыпями – 0,2; оврагами – 0,1. То есть 40% территории поражено оползнями, на 20% площади развиваются обвалы и оползни, 10% участка занято оврагами.

**4. Расчет общей интенсивности опасных экзогенных процессов ( $K_p$ )** производится по ведущему процессу, который имеет наибольшую интенсивность проявления на данном участке. Например, на участке, для которого справедлива вышеприведенная формула, общая интенсивность проявления опасных экзогенных процессов будет определяться интенсивностью проявления оползней и равна 0,4. Общая интенсивность

подсчитывается для каждого элементарного бассейна. Данные заносятся в таблицу 5 либо 6.

Таблица 6 – Данные для расчета коэффициента пораженности территории опасными экзогенными процессами (используется показатель количества и среднего размера форм рельефа, созданных опасными процессами)

№ элементарного бассейна	Площадь элементарного бассейна ( $F$ )	Число оврагов ( $ng$ )	Средний размер оврага ( $fg$ )	Коэффициент пораженности оврагами ( $Kg = ng * fg / F$ )	Число оползней ( $ns$ )	Средний размер оползня ( $fs$ )	Коэффициент пораженности оползнями ( $Ks = ns * fs / F$ )	Другие показатели	Общая интенсивность опасных экзогенных процессов ( $Kp$ )
1									
2									
3									

5. Построение **Карты интенсивности опасных экзогенных процессов**. На предварительно подготовленной карте «элементарных бассейнов» внутри каждого бассейна подписывается показатель величины общей интенсивности проявления опасных геологических процессов с указанием вида ведущего процесса. Затем производится районирование по степени интенсивности проявления этих процессов, исходя из следующей их градации (Методическое руководство..., 1978):

А. Проявления опасных процессов рельефообразования не зафиксированы ( $Kp = 0$ ).

Б. Слабая интенсивность проявления опасных процессов рельефообразования ( $Kp$  изменяется от 0 до 0,1).

В. Средняя интенсивность проявления опасных процессов рельефообразования ( $Kp$  изменяется от 0,1 до 0,25).

Г. Сильная интенсивность проявления опасных процессов рельефообразования ( $Kp$  изменяется от 0,25 до 0,5).

Д. Очень сильная интенсивность проявления опасных процессов рельефообразования ( $Kp > 0,5$ ).

Степень общей интенсивности процессов обозначается на карте цветом, а вид ведущего процесса – индексом, крапом или штриховкой различного рисунка. Районирование проводится по типологическому признаку. Участки, разобщенные территориально, но обладающие единством признаков, выделяются как единый элемент в системе районирования. Если в пределах соседних участков имеют место одни и те же процессы с одинаковой степенью интенсивности, они объединяются единым контуром.

6. После того как карта построена и оформлена, к ней составляется **объяснительная записка**, в которой подробно характеризуются:

– геоморфологическое строение территории;

- виды опасных процессов, их распространение и интенсивность;
- прогноз развития опасных процессов;
- рекомендуемые меры по защите территории от действия опасных процессов.

#### **Порядок выполнения задания.**

1. На топографической карте выделить водотоки первого, второго, третьего и т.д. порядков.
2. Разделить территорию на сеть элементарных бассейнов.
3. В пределах выделенных бассейнов рассчитать коэффициенты площадной пораженности экзогенными процессами.
4. Рассчитать общую интенсивность опасных экзогенных процессов рельефообразования.
5. Построить карту интенсивности опасных экзогенных процессов рельефообразования.
6. Составить объяснительную записку к Карте интенсивности опасных экзогенных процессов.

### **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4 ПРОГНОЗ ШИРИНЫ ЗОНЫ ПЕРЕРАБОТКИ БЕРЕГА ВОДОХРАНИЛИЩА**

**Цель:** определить расстояние, на которое через заданное время отступит береговая линия под действием переработки берега искусственного водохранилища.

#### **Задание.**

1. Построить профиль речной долины.
2. Пользуясь расчетной схемой метода Г.С. Золотарева (1969) выполнить прогноз переработки берегов (см. Инженерная геоморфология: учеб. пособие / А.Н. Галкин и др. – Витебск: ВГУ имени П.М. Машерова, 2022).

**Исходные материалы.** По вариантам (таблица 7) принимаются значения следующих показателей: нормальный подпорный уровень (НПУ), высота волны, срок прогноза, рельеф расчетного створа склона долины реки со схемы масштаба 1:1000 (рисунок 13).

Геологическое строение берега (сверху вниз от 43 горизонтали рельефа):

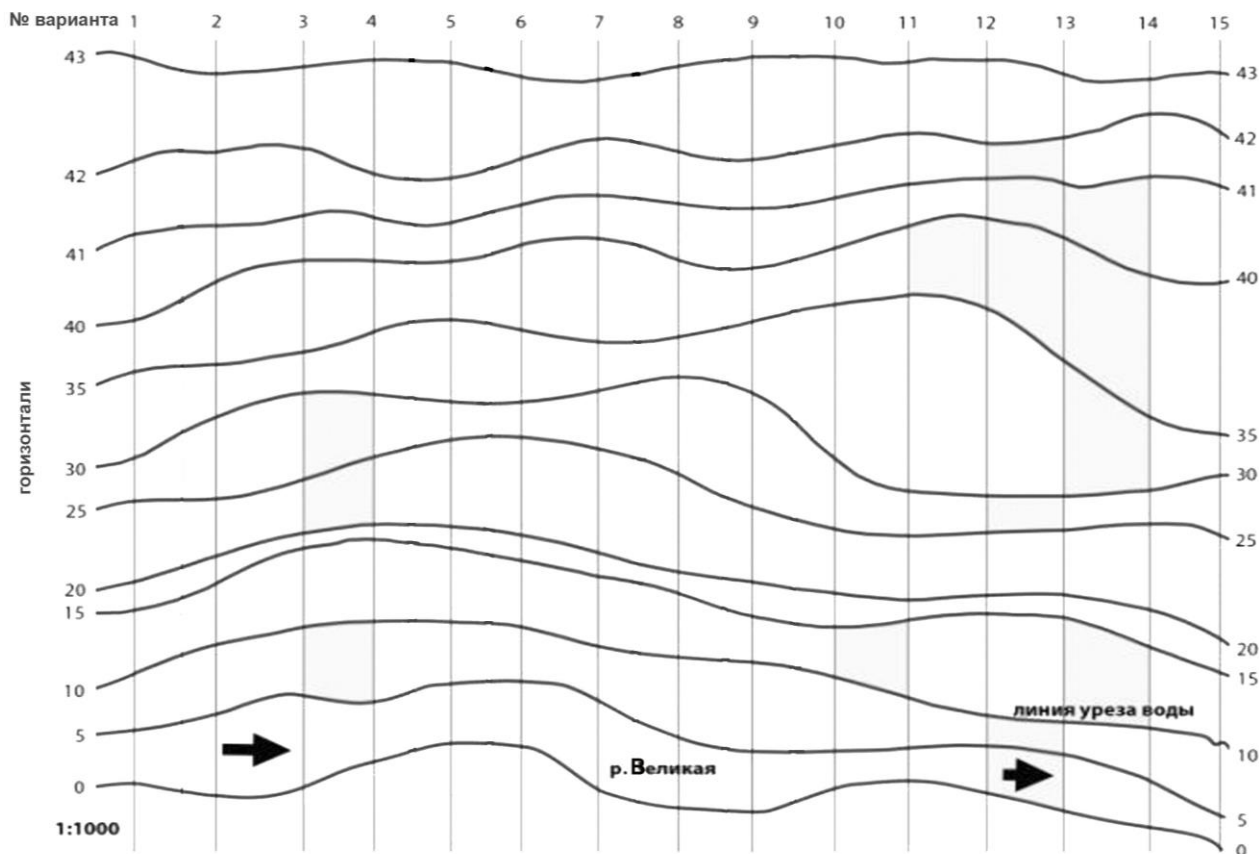
- суглинок лёссовидный, Q, мощность 10 м;
- суглинок тяжелый пылеватый, N, мощность 12 м;
- песок среднезернистый, N, мощность 8 м;
- глина, P, вскрытая мощность 20м.

#### **Указания к выполнению задания.**

Под *переработкой берегов* понимается совокупность экзогенных геологических процессов (абразия, эрозия, оползни, карст, суффозия и др.), приводящих к деформациям прибрежных территорий водохранилищ. Результат переработки берега – отступление береговой линии. Зная эту величину, можно планировать безопасное освоение прибрежной территории или проектировать мероприятия инженерной защиты берега и находящихся на нем инженерных сооружений.

Таблица 7 – Варианты задания

№ варианта	НПУ, м	Высота волны, м	Прогнозный период, лет
1	20	3	10
2	21	4	10
3	19	5	10
4	28	3,5	10
5	26	4,5	10
6	28	3	100
7	24	4	10
8	30	5	10
9	25	3,5	100
10	23	4,5	100
11	30	3	100
12	20	4	100
13	28	5	100
14	24	3,5	10
15	22	4,5	100



**Рисунок 13 – Долина реки Великая**

В данной лабораторной работе прогноз ширины зоны переработки выполняют графоаналитическим методом Г.С. Золотарева. Метод позволяет прогнозировать переработку берегов на 10-летний и конечный сроки формирования берега водохранилища. Метод основан на учете параметров волн, геологических, геоморфологических и гидрогеологических данных.

**Порядок выполнения задания.**

1. На листе миллиметровой бумаги формата А3 согласно указанному варианту построить профиль речной долины, приняв берега симметричными (рисунок 13). Тальвег реки находится на нулевой отметке. Правый берег строят до 43 горизонтали, а левый только до НПУ.

2. Показать геологическое строение берега, используя обозначения ГОСТ 21.302–2013.

3. Показать положение НПУ на профиле.

4. При построении нового профиля использовать таблицу 8.

Таблица 8 – Углы естественного откоса, применяемые при построении профиля прогноза переработки берегов водохранилищ (по Г.С. Золотареву и Д.Н. Раша)

Породы	Угол откоса отдели, $\alpha_1$ , град	Угол наклона отдели $\alpha_2$ и $\alpha_3$ для стадий, град		Угол наклона зоны наката $\alpha_4$ , град		Коэффициент аккумуляции по объему $K_{акк}$
		10 лет	Конечная	10 лет	Конечная	
Пески тонко- и мелкозернистые	< 10 – 12	1,5	1	5	3	5 – 10
Пески разно- и среднезернистые		3	2	6	4	10 – 15
Пески крупнозернистые и гравий	< 18 – 20	5	3	10	6	15 – 20
Галечник и щебень с песчаным заполнителем		10 – 12	8 – 10	18 – 20	15 – 18	20 – 35
Галечник и щебень с глинистым заполнителем		8 – 10	6 – 8	15 – 18	14 – 16	20 – 35
Супеси	< 8 – 10	1,5	1	4	3	3 – 5
Суглинки		1,5	1	4	2 – 3	< 3
Глины		2	1,5	6	8	0
Лессовые породы		1,5	1	4	2	< 3

5. Построение нового профиля берега начать с определения положения точки *A*. Первоначально следует расположить ее над тальвегом реки и определить положение точки по глубине.

6. От точки *A* под углом  $\alpha_1$  построить отрезок до пересечения с левым берегом в точке *D* – получаем уступ отдели (рисунок 14).

7. От точки *A* под углом  $\alpha_2$  построить отрезок до пресечения с правым берегом в точке *B* – получаем поверхность аккумулятивной части отдели.

Для прогноза на 10 лет при легкоразмываемых грунтах (пески и суглинки) принять глубину положения точки *A* (вниз от НПУ) равной 1,5 высоты волны ( $1,5h$  волны).

Для прогноза на конечный срок формирования берега при легкоразмываемых грунтах (пески и суглинки) принять глубину положения точки *A* (вниз от НПУ) равной 2,5–3,0 высоты волны ( $2,5–3,0h$  волны).

8. От точки *B* под углом  $\alpha_3$  строим отрезок до пресечения с продолжением линии НПУ в точке *C* – получаем поверхность абразионной части отдели.

9. Рассчитать высоту зоны наката волны. Для легко размываемых пород она составляет  $0,3h$  волны. Отложить высоту зоны наката выше НПУ и провести линию.





Рисунок 14 – Расчетная схема для прогноза переработки берегов по методу Г.С. Золотарева (1969)

10. От точки  $C$  под углом  $\alpha_4$  построить отрезок до пересечения с линией на высоте зоны наката в точке  $E$  – получаем поверхность зоны наката.

11. От точки  $E$  под углом  $\alpha_5=30^\circ$  построить отрезок до пересечения с первоначальным положением земной поверхности в точке  $F$  – получаем поверхность надводного неустойчивого откоса.

12. Определяем правильность построения. Для каждого типа грунта в таблице 2 указаны коэффициенты аккумуляции.

$$K_{\text{акк}} = S_{\text{аккумулятивной}} / S_{\text{размытой}} \times 100\%,$$

где  $S_{\text{аккумулятивной}}$  – площадь фигуры  $ADB$ ;  $S_{\text{размытой}}$  – площадь фигуры  $ВСЕF$ .

Если рассчитанный коэффициент укладывается в рамки табличного значит построение верное.

В связи с тем, что размываются разные грунты, необходимо вычислить средневзвешенный по площади коэффициент аккумуляции и сравнивать с табличным.

13. Если построение не верное, то построить еще раз на этом рисунке новый профиль, перенося точку  $A$  в нужную сторону.

14. На рисунке должны быть показаны все вычисления и показано отступление береговой линии, а в выводе написано, сколько в метрах оно составит. Масштабы вертикальный и горизонтальный одинаковые.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5 ПОСТРОЕНИЕ СТРУКТУРНО-ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКОЙ КАРТЫ

**Цель:** освоить приемы морфоструктурного анализа.

**Задание.** Используя топографические карты, аэрофотоснимки и космические снимки, выявить на изучаемой территории дизъюнктивные нарушения и обозначить их на картосхеме.

**Исходные материалы:** топографическая основа, аэрофотоснимки, космические снимки, карта геоморфологического строения, карта четвертичных отложений.

**Указания к выполнению задания.** Метод структурно-геоморфологического анализа – это путь познания тектонического строения территории на основе изучения земной поверхности, рельефа и земной коры в их взаимосвязи и развитии. Выделяется ряд приемов этого метода – способы получения частных характеристик объектов исследования и отдельных видов их взаимосвязей. Прием исследования характеризуется условностью, узостью содержания, как правило, статическим подходом, практической нацеленностью на получение ограниченного результата наиболее быстрым и удобным путем.

Приемы структурно-геоморфологических исследований можно классифицировать следующим образом (Основы методики... 1978):

- 1 – группа гипсометрических приемов, направленных на изучение высотных характеристик и уклонов земной поверхности;
- 2 – группа приемов анализа степени расчленения рельефа;
- 3 – группа морфографических приемов, выявляющих особенности планового рисунка элементов земной поверхности;
- 4 – группа морфогенетических приемов, в том числе литофациальных, исследующих морфологические, литофациальные и генетические особенности форм рельефа, связанные с тектоникой.

Для выявления дизъюнктивных нарушений морфографическими приемами используют топографические карты, аэрофото- и космические снимки. Выявление дизъюнктивных структур заключается в выделении и последующей тектонической интерпретации прямолинейных морфографических элементов. Степень достоверности выделяемых разрывов и (приблизительно) их характер позволяют определить следующие морфографические признаки дизъюнктивных структур:

1. Протяженность морфографического элемента или составного линеамента (прямолинейные элементы, расположенные на одной прямой, т.е. образующие прерывистую прямую линию):

- короткие прямолинейные элементы (сотни метров) отражают трещины или мелкие зоны трещиноватости;

– прямолинейные элементы или составные линеаменты длиной в единицы – десятки километров с большой степенью достоверности отражают локальные разрывы;

– линеаменты, прослеживаемые на десятки – сотни километров, достоверно отражают региональные разломы.

2. Важный признак наличия разрывного нарушения – это прослеживание морфографического элемента в пределах различных категорий рельефа, т.е. пересечение одним линеаментом различных генетических и возрастных категорий рельефа.

3. Признаком разрывного нарушения является выражение прямолинейных элементов в разных частях различными формами и элементами рельефа и ландшафта или сходными элементами разных объектов земной поверхности – в прямолинейных отрезках русел разных рек, прямолинейных отрезках берегов разных рек и т.д.

4. Прямолинейные границы между различными генетическими и возрастными категориями рельефа, зонами увлажнения, зонами различной степени расчленения, возвышенностями и депрессиями и т.д.

5. Пучки сближенных параллельных, прямоугольных элементов с большой достоверностью отражают зоны трещиноватости или разрывные нарушения (но могут быть и флексуры).

6. Прямолинейные морфографические элементы часто образуют одну или несколько пересекающихся систем параллельных линий, что является отражением сетки региональной трещиноватости.

7. Отклонение ориентировки системы прямолинейных параллельных элементов, например элементов гидросети, от направления регионального уклона.

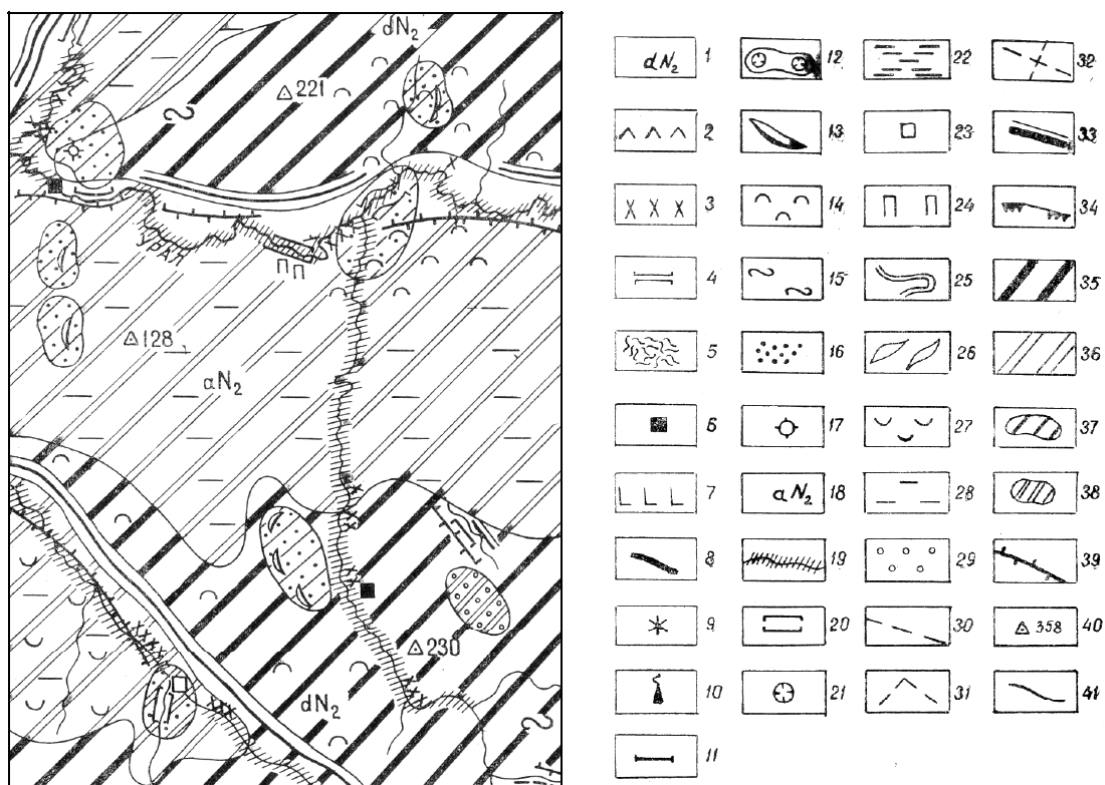
8. Прямолинейные цепочки озер, узкие прямолинейные озерно-болотные ванны на границе ландшафтных зон, прямые срезы берегов озер, горизонтальное смещение озер и болот по прямой линии, прямолинейные долины рек.

9. Наличие серии перекатов в речном русле.

#### **Порядок выполнения задания.**

1. Внимательно изучить макет и типовую легенду структурно-геоморфологической карты (рисунок 15).

2. Подготовить топографическую основу карты изучаемой территории. Для этого на кальку нанести: гидросеть, горизонтали, высотные отметки, береговую линию, урезы воды.



**Рисунок 15 – Макет структурно-геоморфологической карты (по А.В. Вострякову и др., 1974).**

**I. Геоморфологические признаки тектонических структур:** А. *Признаки тектонических поднятий:* а) региональных: 1 – преобладающее развитие денудационного рельефа; б) локальных: 2 – эрозионные террасы; 3 – цокольные террасы; 4 – резкое сужение долин; 5 – участки повышенной расчлененности рельефа; 6 – аномальное (тектоническое) повышение поверхности террас и других геоморфологических уровней; 7 – локальные террасы; 8 – врезанные меандры; 9 – эрозионные останцы в пределах аккумулятивных террас; 10 – висячие долины; 11 – аномальные (повышенные) уклоны в пределах аккумулятивных долин; 12 – зоны активного карста; 13 – куэсты; 14 – участки преобладающего развития выпуклых склонов; 15 – участки преобладающего развития грядово-холмистого рельефа; 16 – локальное уменьшение мощностей неоген-четвертичных отложений или их отсутствие на данном участке; 17 – участки радиального рисунка долин в плане. Б. *Признаки тектонических опусканий:* а) региональных: 18 – преобладающее развитие аккумулятивного рельефа; б) локальных: 19 – аккумулятивные террасы; 20 – резкие расширения долин; 21 – гидрографические узлы; 22 – заболоченные поверхности террас и водоразделов; 23 – аномальные (тектонические) понижения поверхностей террас и других геоморфологических уровней; 24 – погребенные террасы; 25 – блуждающие меандры; 26 – локальное увеличение количества стариц; 27 – участки преобладающего развития вогнутых склонов; 28 – участки преобладающего развития плоских водораздельных пространств; 29 – участки локального увеличения мощности неоген-четвертичных отложений. В. *Признаки линейных нарушений:* 30 – спрямленные участки долин; 31 – коленообразные изгибы долин; 32 – крестообразное расположение долины и ее притоков; 33 – резко выраженная асимметрия склонов; 34 – прямолинейные денудационные уступы. **II. Участки развития тектонических структур, выраженных в современном рельефе:** 35 – региональных поднятий; 36 – региональных опусканий; 37 – локальных поднятий; 38 – локальных опусканий; 39 – линейных нарушений. **III. Дополнительные обозначения:** 40 – абсолютные высоты крупных орографических элементов; 41 – границы главных генетических типов рельефа.

3. Нанести на основу границы главных генетических типов рельефа, используя общую геоморфологическую карту. Выделить участки преобладающего развития денудационного и аккумулятивного рельефа. Очертить участки региональных тектонических поднятий и опусканий.

4. Определить участки повышенной расчлененности рельефа (горизонтального и вертикального), оконтурить их.

5. Вычертить продольные профили долин наиболее крупных рек. Отметить участки повышенных уклонов продольного профиля долин, нанести их на карту.

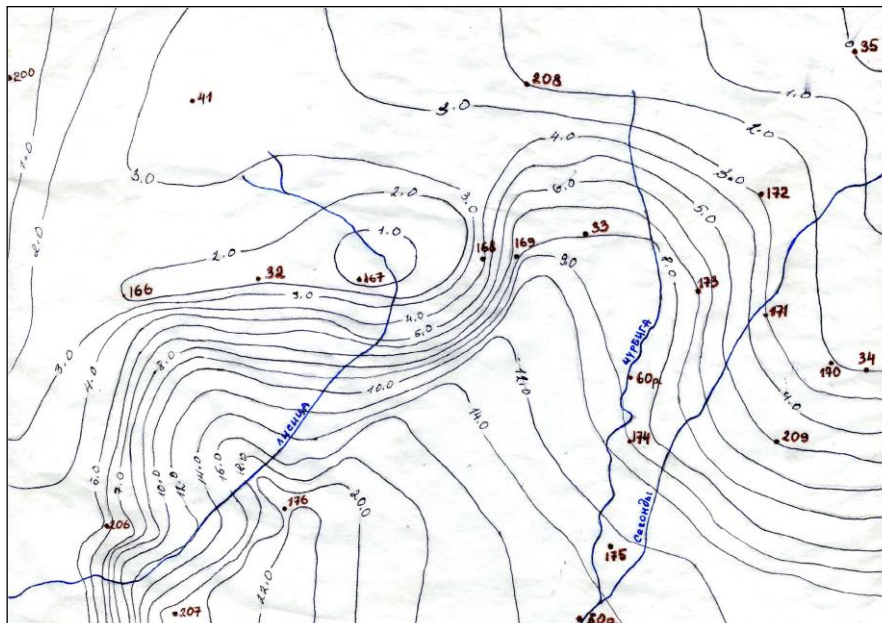
6. Отметить участки преобладающего развития выпуклых склонов, вогнутых склонов, плоских водораздельных пространств, резкой асимметрии склонов.

7. Нанести участки локального увеличения количества стариц, гидрографические узлы, заболоченные поверхности террас и водоразделов.

8. Специальными условными знаками выделить террасы эрозионные, цокольные, аккумулятивные, локальные, погребенные, а также зоны активного карста, прямолинейные денудационные уступы, участки преобладающего развития грядово-холмистых пространств, аномальные повышения (понижения) поверхностей террас.

9. Отметить морфологические особенности долин: спрямленные участки, коленообразные изгибы, крестообразное расположение долины и ее притоков, участки радиального рисунка долин, участки их резкого сужения и расширения, каньонообразные участки, блуждающие и врезанные меандры, висячие долины, пороги в руслах рек и т.п.

10. Используя данные геологической карты, нанести участки локального уменьшения и увеличения мощности неоген-четвертичных отложений. Пример карты мощности неоген-четвертичных отложений приведен на рисунке 16.



**Рисунок 16 – Фрагмент карты мощности позднеплиоцен-четвертичных отложений бассейна р. Кеть. Линиями изображены изопахиты, точками – скважины и их номера**

11. По сочетанию геоморфологических признаков тектонических структур выделить на карте и обозначить участки локальных поднятий, опусканий, дизъюнктивных нарушений (таблица 9).

Таблица 9 – Геоморфологические признаки тектонических структур (по Н.С. Евсеевой, Н.В. Осинцевой, 2013)

<i>Признаки тектонических поднятий</i>	
Региональных	Преобладающее развитие денудационного рельефа
Локальных	<ul style="list-style-type: none"> <li>– эрозионные террасы;</li> <li>– покольные террасы;</li> <li>– резкое сужение долин;</li> <li>– участки повышенной расчлененности рельефа;</li> <li>– аномальное (тектоническое) повышение поверхности террас и других геоморфологических уровней;</li> <li>– локальные террасы;</li> <li>– врезанные меандры;</li> <li>– эрозионные останцы в пределах аккумулятивных террас;</li> <li>– височные долины;</li> <li>– аномальные (повышенные) уклоны продольного профиля долины;</li> <li>– зоны активного карста;</li> <li>– куэсты;</li> <li>– участки преобладающего развития выпуклых склонов;</li> <li>– участки преобладающего развития грядово-холмистого рельефа;</li> <li>– локальное уменьшение мощностей неоген-четвертичных отложений или их отсутствие на данном участке;</li> <li>– участки радиального рисунка долин в плане</li> </ul>
<i>Признаки тектонических опусканий</i>	
Региональных	Преобладающее развитие аккумулятивного рельефа
Локальных	<ul style="list-style-type: none"> <li>– аккумулятивные террасы;</li> <li>– резкие расширения долин;</li> <li>– гидрографические узлы;</li> <li>– заболоченные поверхности террас и водоразделов;</li> <li>– аномальные (тектонические) понижения поверхностей террас и других геоморфологических уровней;</li> <li>– погребенные террасы;</li> <li>– блуждающие меандры;</li> <li>– локальное увеличение количества стариц;</li> <li>– участки преобладающего развития вогнутых склонов;</li> <li>– участки преобладающего развития плоских водораздельных пространств;</li> <li>– участки локального увеличения мощности неоген-четвертичных отложений</li> </ul>
<i>Признаки дизъюнктивных структур</i>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>– спрямленные участки долин рек;</li> <li>– коленообразные изгибы долин;</li> <li>– крестообразное расположение долины и ее притоков;</li> <li>– резко выраженная асимметрия склонов;</li> <li>– прямолинейные денудационные уступы;</li> <li>– прямолинейные отрезки берегов;</li> <li>– прямолинейные границы между различными генетическими и возрастными категориями рельефа; зонами увлажнения; зонами различной степени расчленения; возвышенностями и депрессиями и т.д.;</li> <li>– отклонение направления течения реки от регионального направления уклона поверхности;</li> <li>– прямолинейные цепочки озер;</li> <li>– узкие прямолинейные озерно-болотные ванны;</li> <li>– прямые участки берегов озер;</li> <li>– горизонтальное смещение озер и болот по прямой линии;</li> <li>– серия пережатых в речном русле</li> </ul>

12. Оформить карту и окончательный вариант легенды в черно-белом или цветном варианте в соответствии с типовой легендой (рисунок 15).

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6 ИНЖЕНЕРНО-ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ГОРОДСКИХ ТЕРРИТОРИЙ

**Цель:** освоить методику инженерно-геоморфологической оценки городских территории.

**Задание.**

1. Построить общую геоморфологическую карту территории.
2. Определить благоприятность рельефа для строительства по морфометрическим показателям.
3. Оценить влияние рельефа на микроклиматические характеристики местности.
4. Оценить степень благоприятности геоморфологических условий городских территорий в зависимости от интенсивности развития неблагоприятных и опасных процессов рельефообразования.
5. Определить тип почв и механический состав грунтов в целях установления благоприятности геоморфологических условий для строительства и эксплуатации зданий и сооружений.
6. Провести комплексную инженерно-геоморфологическую оценку городской территории. Результат оформить в виде карты инженерно-геоморфологических обстановок города.

**Исходные материалы:** топографическая основа, геологическая карта четвертичных отложений, карты геоморфологических и гидрогеологических условий, почвенная карта, инженерно-геологическая карта, инженерно-геологический разрез, карты опасных геоморфологических процессов, участков подтопления и др.

**Указания и порядок выполнения задания.** Территория, для которой будет проводиться инженерно-геоморфологическая оценка, может быть определена преподавателем либо выбрана обучающимся самостоятельно. В качестве источников информации о геоморфологическом строении территории рекомендуется использовать топографические карты крупного масштаба, тематические карты (геологические, геоморфологические, почвенные, ландшафтные и др.), аэрофото- и космические снимки, научную литературу по геологическому строению, особенностям рельефа, проявлениям современных геологических и инженерно-геологических процессов, гидрогеологическим условиям территории.

1. Построение геоморфологической карты территории. Инженерно-геоморфологическая оценка территории начинается с построения общей геоморфологической карты, на которой должны быть выделены все генетические категории рельефа с максимальной детальностью, которую позволяет произвести исходный масштаб карты. Генетические категории рельефа обозначаются цветом. В дальнейшем все характеристики рельефа должны оцениваться в пределах выделенных генетических категорий, по-

этому к построению исходной геоморфологической карты следует подойти с особой тщательностью.

На карту немасштабными или линейными условными знаками должны быть нанесены все характерные формы рельефа для данной территории: овраги, балки, оползневые террасы, карстовые и суффозионные воронки, термокарстовые котловины, обрывы и др.

2. Определение степени благоприятности рельефа для строительства по морфометрическим показателям. Морфометрические характеристики рельефа имеют большое практическое значение, поскольку они влияют на расчет стоимости работ по планировке территории, а также определяют виды и интенсивность опасных геоморфологических процессов. Наибольшее значение при этом имеют такие показатели, как крутизна склонов, глубина эрозионного расчленения, густота эрозионного расчленения. Поэтому очередным этапом инженерно-геоморфологической оценки является построение карт крутизны склонов, густоты эрозионного расчленения, глубины эрозионного расчленения, степени расчлененности рельефа. На основе построенных карт вся территория делится на районы по степени благоприятности для градостроительства. Исходными границами выделенных районов должны быть границы генетических категорий рельефа. Если внутри одной категории морфометрические показатели сильно различаются, то в ней может быть выделено несколько районов. Критерии для оценки степени благоприятности по морфометрическим признакам представлены в таблице 10.

Таблица 10 – Группы морфометрических показателей для оценки степени благоприятности для строительства (по Э.А. Лихачевой и др., 2002)

Степень благоприятности условий	Категория и степень расчлененности	Морфометрические показатели		
		Крутизна склонов, °	Глубина расчленения, м/км <sup>2</sup>	Густота расчленения, км/км <sup>2</sup>
Благоприятные	Слаборасчлененные	До 6	До 25	До 1
Относительно благоприятные и неблагоприятные	Умеренно-расчлененные	6–12	25–35	1–2
Особо неблагоприятные	Сильнорасчлененные	>12	>35	>2

3. Оценка влияния рельефа на микроклиматические характеристики включает выделение на территории водораздельных поверхностей, склонов различных экспозиций, долин, замкнутых котловин, берегов водоемов. Используя данные таблицы 11, на карте выделяют районы с благоприятными, относительно благоприятными, неблагоприятными и особо неблагоприятными микроклиматическими условиями.

4. Оценка степени благоприятности геоморфологических условий городских территорий в зависимости от интенсивности развития неблагоприятных и опасных процессов. На общую геоморфологическую карту



наносят районы развития процессов овражной эрозии, карста, суффозии, подтопления, оползнеобразования, заболачивания, размыва и переработки берегов водотоков и водоемов, других неблагоприятных и опасных процессов. Выделяют районы слабого, умеренного, сильного и чрезвычайно сильного проявления этих процессов.

Таблица 11 – Микроклиматические характеристики и степень благоприятности рельефа городской территории в целях ее освоения (по Э.А. Лихачевой и др., 2002)

Элементы рельефа	Микроклиматические характеристики	Степень благоприятности
Водораздельные поверхности и открытые верхние части склонов	В дневные часы температура воздуха на 2–4° ниже, чем на окружающей местности; в ясные тихие ночи – в среднем на 2–8° выше по сравнению с температурой в долинах и у подножия склонов. Наиболее сухие и проветриваемые территории	Благоприятные территории. В районах с сильными господствующими ветрами необходима ветрозащита
Южные склоны	Дневная температура наиболее высокая, резко выражена континентальность. Получают за вегетационный период на 4–6% больше тепла, чем ровное место. Наиболее интенсивное таяние снежного покрова. Ветровой режим зависит от ориентации склона к направлению ветра	Благоприятные территории. В районах с высокими температурами воздуха требуется рациональное озеленение и обводнение
Северные склоны	Наиболее холодные (особенно летом). За вегетационный период получают на 8–10% тепла меньше, чем ровное место. Глубина снежного покрова больше, чем на южных склонах; сход его запаздывает на 14–16 дней. Характер ветрового режима определяется расположением по отношению к ветровому потоку	Условно благоприятные территории. По возможности следует избегать размещения жилой застройки, лечебно-оздоровительных и детских учреждений
Долины, котловины, нижние части склонов	Значительно большие суточные колебания температуры воздуха по сравнению с водораздельными поверхностями. Характерны инверсии температуры воздуха. В дневные часы при штиле или слабых ветрах в долине теплее, чем на водораздельных поверхностях. Существенное повышение относительной влажности воздуха приводит к более частому образованию тумана и росы	Неблагоприятные территории
Замкнутые котловины	На дне замкнутых котловин с затрудненным стоком или без стока холодного воздуха ночью самые низкие температуры и высокая относительная влажность (часто возникают «озера холода»). Наибольшая глубина снежного покрова. Плохие условия проветривания и рассеивания вредных выбросов	Особо неблагоприятные для здоровья населения замкнутые котловины
Берега водоемов (морей, крупных озер, водохранилищ)	Весной и в начале лета водоем охлаждает прилегающую территорию, в конце лета и осенью – отепляет. Ночью влияние водоемов сказывается практически весь теплый период. Вблизи водоемов температура воздуха на 2–4° выше, чем в нескольких километрах от берега. Днем вода понижает температуру воздуха на 2–4°. Влияние водоемов проявляется также в увлажнении воздуха и уменьшении его запыленности. На обращенных к основному ветровому потоку берегах ветры из преобладающих становятся господствующими. В суточном ходе наблюдается уменьшение скорости ветра днем и усиление ночью (на 20–40%). В районах со слабыми ветрами (до 2 м/с) возникают бризы	Благоприятные территории в умеренных и жарких районах. По степени микроклиматического влияния зона делится на подзоны: постоянного и сильного влияния (1–3 км), периодического и слабого влияния (3–5 км), эпизодического (теоретически возможного) влияния (10–12 км).

5. Определение типа почв и механического состава грунтов проводится по картографическим и литературным источникам. На карте выделяют районы с благоприятными, относительно благоприятными, неблагоприятными и особо неблагоприятными почвенными и литологическими условиями (таблица 12).

Таблица 12 – Оценка почвенно-литологических условий при градостроительстве (по Э.А. Лихачевой и др., 2002)

Показатель	Характеристика условий		
	Благоприятные	Условно благоприятные и неблагоприятные	Неблагоприятные и особо неблагоприятные
Разновидность почв	Дерновые Черноземы	Подзолистые Выщелоченные Кислые Слабозасоленные	Неплодородные Солонцы Солончаки Бедленды, лишенные почвенного покрова
Механический состав грунтов	Средние суглинки Легкие суглинки Супеси	Глины тяжелые Глины средние Суглинки тяжелые Пески	Грубо обломочные породы Скальные породы (при сплошном залегании)

6. Комплексная инженерно-геоморфологическая оценка городской территории проводится на основе анализа всех полученных материалов (п. 1–5). Составляется синтетическая карта инженерно-геоморфологических условий города и объяснительная записка к ней. Обязательными элементами содержания карты должны быть: а) инженерно-геоморфологические районы по степени благоприятности для градостроительства; б) генетические категории рельефа, крупные и характерные формы рельефа; в) районы проявления неблагоприятных и опасных геоморфологических процессов.

Для выделения районов разной степени благоприятности также может быть использована таблица 13.

Таблица 13 – Оценка природных и санитарных условий городов (по Э.А. Лихачевой и др., 2002)

Показатели	Характеристика условий		
	Благоприятные	Условно благоприятные и неблагоприятные	Неблагоприятные и особо неблагоприятные
Морфометрические характеристики	Поверхности с уклонами до 10%, слаборасчлененные поверхности	Поверхности с уклонами от 10 до 30%, умеренно расчлененные поверхности	Поверхности с уклонами более 30%, сильно расчлененные поверхности
Тип рельефа	Междуречные равнины, высокие аллювиальные и озерные террасы	Междуречные равнины, низкие террасы	Низкие террасы и поймы рек
Почвы	Дерновые, черноземы	Подзолистые Выщелоченные Кислые Слабозасоленные	Неплодородные Солончи Солончаки Бедленды, лишённые почвенного покрова
Механический состав грунтов	Легкие и средние суглинки, супеси	Глины тяжелые Глины средние Суглинки тяжелые Пески	Грубо обломочные породы Скальные породы (при сплошном залегании)

Показатели	Характеристика условий		
	Благоприятные	Условно благоприятные и неблагоприятные	Неблагоприятные и особо неблагоприятные
Уровень грунтовых вод	1,5–2 м от поверхности	0,5–1,5 м; 3–5 м от поверхности	Менее 0,5 и более 5 м от поверхности
Затопляемость паводковыми водами	Незатопляемые паводковыми водами поверхности террас	Не более 15 дней	Более 15 дней
Заболоченность и наличие бессточных участков	Отсутствуют	Заболоченность вследствие избыточных атмосферных осадков, легко осушаемая	Болота грунтового питания, трудно осушаемые
Овражная эрозия	Отсутствует/ стабилизированные овраги глубиной до 5 м	Стабилизированные овраги глубиной до 5 м с обрывистыми склонами/более 5 м с пологими склонами	Активные овраги
Оползни	Отсутствует	Отдельные оползневые склоны	Многочисленные оползневые склоны
Карст	Отсутствует	Незначительное число неглубоких карстовых воронок, процесс затухает	Значительное число карстовых воронок, подземных пустот
Размыв и переработка берегов	Отсутствует	Местами наблюдаются явления размыва, ширина зоны переработки берега не более 10 м	Значительный размыв берегов, ширина зоны переработки берега более 10 м, реки с блуждающими руслами
Инсоляция (освещение)	Нормально инсолируемые в течение всего года территории	Около 30% площади – сильно затененные склоны	Более 50% площади – территории с пониженной инсоляцией
Ветровой режим, расположение по отношению к источникам загрязнения	Хорошо проветриваемые и защищенные от сильных и вредоносных ветров и бурь, расположенные с наветренной стороны по отношению к источникам сильного загрязнения атмосферы	Наличие участков, не защищенных от сильных и вредоносных ветров и бурь, расположенных с подветренной стороны к источникам загрязнения атмосферы	Замкнутые котловины с длительным застоем воздуха, расположенные в зоне действия промышленных источников загрязнения

Объяснительная записка к карте представляет собой описание инженерно-геоморфологических условий территории в соответствии с построенной картой. Она должна включать: краткое описание рельефа (характер поверхности, генетические типы рельефа, морфометрические характеристики), инженерно-геологических условий (механический состав грунтов, уровень залегания грунтовых вод, затопляемость); характеристику почв, опасных геоморфологических процессов; оценку влияния на микроклиматические условия; характеристику техногенного преобразования рельефа. В объяснительной записке дается характеристика выделенных инженерно-геоморфологических районов: площадь их распространения, приуроченность к генетическим категориям рельефа, обоснование отнесения территории к тому или иному типу благоприятности геоморфологических условий для градостроительства.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Альбом образцов изображения рельефа на топографических картах // Труды ЦНИИ геодезии, аэросъемки и картографии. – М.: Гл. упр. геодезии и картографии при Сов. министров СССР, 1968. – 59 л.
2. Геоморфологическое картирование равнин / А.В. Востряков [и др.]. – Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 1974. – 164 с.
3. Евсеева, Н.С. Экологическая геоморфология: учеб. пособие / Н.С. Евсеева, Н.В. Осинцева. – Томск: Томский гос. ун-т, 2013. – 184 с.
4. Звонкова, Т.В. Прикладная геоморфология: учеб. пособие / Т.В. Звонкова. – М.: Высшая школа, 1970. – 272 с.
5. Золотарев, Г.С. Методика инженерно-геологических исследований: учеб. / Г.С. Золотарев. – М.: Изд-во МГУ, 1990. – 384 с.
6. Инженерная геология Беларуси: в 3 ч. / А.Н. Галкин, А.В. Матвеев, А.И. Павловский, А.Ф. Санько. – Витебск: ВГУ имени П.М. Машерова, 2017. – Ч. 2: Инженерная геодинамика Беларуси; под науч. ред. В.А. Королева. – 452 с.
7. Инженерная геоморфология: учеб. пособие / А.Н. Галкин [и др.]. – Витебск: ВГУ имени П.М. Машерова, 2022. – 257 с.
8. Картографирование овражной эрозии / Б.П. Любимов [и др.] // Геоморфологическое картографирование для народно-хозяйственных целей / Редкол.: Н.В. Башенина (гл. ред.) [и др.]. – М.: Изд-во МГУ, 1987. – С. 155–162.
9. Методическое руководство по инженерно-геологической съемке масштаба 1:200 000. – М.: Недра, 1978. – 391 с.
10. Методические указания по определению параметров бортов и уступов карьеров, разрезов и откосов отвалов. – М.: ИПКОН РАН, 2022. – 80 с.
11. Осинцева, Н.В. Физико-географические факторы развития овражной эрозии городских земель: На примере г. Томска: автореф. дис. ... канд. геогр. наук: 25.00.23 / Н.В. Осинцева; Алт. гос. ун-т. – Томск, 2001. – 27 с.
12. Основы методики структурно-геоморфологических исследований при нефтегазопромысловых работах / Ред. С.П. Максимов [и др.]. – М.: Недра, 1978. – 264 с.
13. Оценка устойчивости бортов карьеров (разрезов) и отвалов: метод. указания / сост. А.А. Григорьев, Е.В. Горбунова, А.Н. Девяткина. – Владивосток: Изд-во ДВГТУ, 2009. – 37 с.
14. Поспехов, Г.Б. Инженерная геодинамика: практикум / Г.Б. Поспехов, К.В. Панкратова. – СПб.: ЛЕМА, 2019. – 51 с.
15. Рекомендации по количественной оценке устойчивости оползневых склонов / ПНИИИС. – М.: Стройиздат, 1984. – 80 с.

16. Рельеф среды жизни человека: (Экол. геоморфология): в 2. т. / Э.А. Лихачева [и др.]; отв. ред.: Э.А. Лихачева, Д.А. Тимофеев. – М.: Медиа-ПРЕСС, 2002. – 641 с.

17. Строительство на урбанизированных территориях : учеб. пособие / А.Б. Пономарев, С.В. Калошина, С.И. Старцева, М.А. Безгодов. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2012. – 199 с.

18. Тимофеев, Д.А. Терминология флювиальной геоморфологии / Д.А. Тимофеев. – М.: Наука, 1981. – 268 с.

19. Философов, В.П. Основы морфометрического метода поисков тектонических структур / В.П. Философов. – Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 1975. – 232 с.

20. Фролов, А.Ф. Инженерная геология: учеб. / А.Ф. Фролов, И.В. Коротких. – М.: Недра, 1983. – 333 с.

Учебное издание

## **ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОМОРФОЛОГИЯ**

Методические рекомендации  
к выполнению лабораторных работ

Составители:

**ГАЛКИН** Александр Николаевич  
**ПАВЛОВСКИЙ** Александр Илларионович

Технический редактор

*Г.В. Разбоева*

Компьютерный дизайн

*Е.А. Барышева*

Подписано в печать 29.06.2023. Формат 60x84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага офсетная.

Усл. печ. л. 2,73. Уч.-изд. л. 1.56. Тираж 30 экз. Заказ 62.

Издатель и полиграфическое исполнение – учреждение образования

«Витебский государственный университет имени П.М. Машерова».

Свидетельство о государственной регистрации в качестве издателя,

изготовителя, распространителя печатных изданий

№ 1/255 от 31.03.2014.

Отпечатано на ризографе учреждения образования

«Витебский государственный университет имени П.М. Машерова».

210038, г. Витебск, Московский проспект, 33.