

УЧЕБНОЕ
ПОСОБИЕ
ПО
ИНЖЕНЕРНОЙ
ГЕОЛОГИИ

Под редакцией
Г. С. ЗОЛОТАРЕВА

ИЗДАТЕЛЬСТВО
МОСКОВСКОГО УНИВЕРСИТЕТА
1990

ББК 26.3
У 91
УДК 624.131.1

Рецензенты:

доктор геолого-минералогических наук,
профессор *А. Н. Вахтанова*,
доктор геолого-минералогических наук,
профессор *Г. К. Бондарик*



Учебное пособие по инженерной геологии/Под ред. Г. С. У 91 Золотарева. — М.: Изд-во МГУ, 1990. — 294 с.: ил.
ISBN 5—211—00436—1.

В учебном пособии на классических примерах уже построенных и успешно эксплуатируемых инженерных сооружений и на примерах ныне проектируемых объектов рассмотрены важнейшие проблемы инженерно-геологических исследований для различных видов инженерного строительства.

Для студентов инженерно-геологических специальностей вузов.

У 1804090000(4309000000)077(02) — 121 123—89
077(02)—90

ББК 26.3

ISBN 5—211—00436—1

© Коллектив авторов,
1990

Глава 1

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ ТРЕЩИНОВАТОСТИ ПОРОД

ЗАДАЧА 1.1

ОЦЕНКА ТРЕЩИНОВАТОСТИ МРАМОРИЗОВАННЫХ ИЗВЕСТНЯКОВ

Трещиноватость моноклиально залегающих мраморизованных известняков раннекаменноугольного возраста в районе проектируемой высоконапорной плотины изучалась в штольнях 16 и 38, пройденных в левом борту долины, имеющей глубину более 500 м. Замеры элементов залегания, ширины, протяженности и частоты трещин выполнялись на площадках (в стенках штольни), расположенных по длине выработок. Данные по трещиноватости известняков сведены в табл. 1.1 и 1.2. Геологическое строение участка створа плотины и расположение штолен приводится на рис. 1.1.

В результате обработки данных по трещиноватости известняков требуется:

1) составить для каждой штольни: а) лучевые диаграммы трещиноватости по азимутам простирания с учетом углов падения трещин, а также их генетического типа, ширины и частоты; б) розы трещиноватости по азимутам простирания трещин с учетом их частоты и генетического типа; в) диаграмму плотности трещин по способу В. В. Сухоручкина;

2) подсчитать по каждой наблюдательной площадке трещинную пустотность по способу Л. И. Нейштадт и по геофизическим данным оценить прочность породы по корреляционной методике (прил. 4);

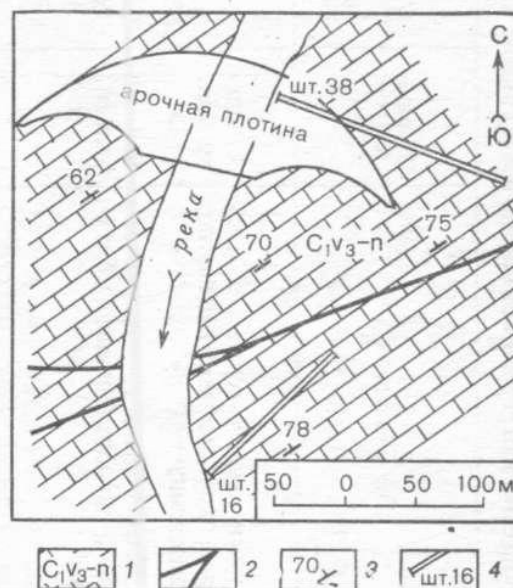


Рис. 1.1. Схематическая геологическая карта долины участка плотины: 1 — известняки мраморизованные, нижнекаменноугольные; 2 — тектонические разломы; 3 — элементы залегания пород; 4 — штольня и ее номер

Таблица 1.1

Характеристика трещиноватости известняков на эталонных площадках

№ штольни, площадки	Высота штольни, м	Интервал проведе- ния наблю- дения	Описание пород	Генетиче- ский тип трещин	Элементы залегания, град		Число трещин данного направле- ния	Шири- на, м·10 ⁻³	Протя- жен- ность, м	Заполнитель
					азимут падения	угол падения				
9	16, 1	0—5	известняки светло-серые, толсто- слоистые, крупнокристаллические, мраморизованные	напласт.	328	66	2	6	4,8	открытые
				тектон.	59	60	8	15	1,5	»
				»	135	32	5	13	2,9	кальцит
	2	15—20	известняки серые, среднекристал- лические, мраморизованные, битуми- нозные	напласт.	331	65	5	3	2,9	открытые
				тектон.	61	58	7	10	1,4	»
				»	85	80	5	18	1,5	»
				»	142	27	5	6	1,2	кальцит
	3	29—35	известняки серые, среднеслоистые, среднекристаллические, мрамори- зованные, битуминозные	»	130	66	2	10	2,7	»
				напласт.	325	60	4	3	5,5	»
				тектон.	58	57	2	5	1,2	открытые
	4	38—43	известняки темно-серые, кристал- лические, мраморизованные	»	140	62	5	7	4,9	кальцит
				тектон.	327	59	2	2	4,7	»
				»	90	85	9	5	1,3	открытые
	5	70—76	известняки темно-серые, тонкосло- истые, мелкокристаллические, битуми- нозные	»	148	35	7	6	2,4	кальцит
				»	120	73	5	3	4,1	»
				напласт.	335	65	7	2	5,4	»
	6	85—89	известняки темно-серые, тонкосло- истые, мелко-среднекристалличес- кие, битуминозные	тектон.	60	61	8	6	1,1	открытые
				»	95	72	9	2	1,3	кальцит
»				152	25	8	10	2,5	»	
напласт.				325	62	6	2	3,7	»	
тектон.				61	55	6	5	1,2	открытые	
»				80	75	3	1	1,2	»	
»	135	35	6	7	2,0	»				
»	135	70	2	8	3,0	»				

7		97—100	известняки светло-серые, толсто-слоистые, крупнокристаллические, мраморизованные	напласт.	330	64	2	3	3,8	»
				тектон.	100	86	23	11	1,1	»
38, 8	1,8	0—5	известняки темно-серые, средне-кристаллические, мраморизованные	»	230	62	14	16	2,5	40 »
9		12—17	известняки темно-серые, средне-кристаллические, среднеслоистые, битуминозные	напласт.	320	65	7	4	2,3	9,2 »
				тектон.	220	65	8	9	2,1	18,9 »
				»	90	75	6	5	1,2	6 »
				»	150	31	12	1	1,8	кальцит
10		33—38	известняки серые, крупнокристаллические, мраморизованные	тектон.	85	64	2	7	0,9	открытые
				»	220	55	10	1	2,6	»
				»	145	22	8	6	1,9	»
				напласт.	335	65	8	3	2,1	кальцит
				»	325	68	15	2	2,1	»
11		45—51	известняки темно-серые, средне-кристаллические, тонкослоистые, битуминозные, мраморизованные	тектон.	95	65	3	4	1,1	открытые
				»	230	54	9	2	2,8	»
				»	130	42	15	10	1,7	кальцит
12		66—72	известняки серые, среднекристаллические, среднетонкослоистые, мраморизованные	напласт.	340	65	9	3	2,2	»
				тектон.	230	65	9	8	3,2	открытые
				»	145	25	15	8	1,8	кальцит
13		97—102	известняки светло-серые, средне-кристаллические, мраморизованные	»	225	60	11	5	2,1	открытые
				»	80	85	26	10	0,8	»
				»	140	33	18	7	1,5	кальцит

Примечание. Геологический индекс пород C_1v_3 —п.

Таблица 1.2
Значения скоростей распространения продольных волн, полученные для наблюдательной площадки методом ультразвукового профилирования

№ наблюдательной площадки в штольне	Скорости распространения продольных волн v_p , м/с
1	4930
2	5140
3	5740
4	5580
5	5400
6	5450
7	4630
8	4534
9	5450
10	5850
11	5530
12	4930
13	4630

3) составить карту трещиноватости известняков левого борта ущелья р. Нарына в районе створа плотины;

4) дать инженерно-геологическую оценку направления и интенсивности трещиноватости массива известняков с точки зрения ее влияния на деформируемость и прочность основания, устойчивость склонов на участке примыкания, фильтрационные явления в обход и под плотиной; отметить связь основных систем трещин с залеганием пород и разломами.

ЗАДАЧА 1.2

ОЦЕНКА ТРЕЩИНОВАТОСТИ МАССИВА БАЗАЛЬТОВ

При проведении инженерно-геологической съемки в долине реки глубиной 150 м в районе строящейся плотины получены данные по трещиноватости массива четвертичных андезитобазальтов (табл. 1.3, 1.4).

В результате обработки данных по трещиноватости пород требуется:

1) составить для каждого обнажения: а) лучевые диаграммы трещиноватости по азимутам простирания с учетом углов падения трещин, а также их генетического типа, ширины и характера заполнения; б) розы трещиноватости по азимутам простирания трещин с учетом их генетического типа; в) диаграмму плотности трещин по способу В. В. Сухоручкина;

2) подсчитать на каждом обнажении трещинную пустотность по способу Л. И. Нейштадт и по геофизическим данным оценить прочность пород по корреляционной методике (прил. 4);

3) составить карту трещиноватости андезитобазальтов правого борта долины реки в районе створа плотины;

4) дать инженерно-геологическую оценку направления и интенсивности трещиноватости массива базальтов с точки зрения ее влияния на деформируемость и прочность основания, устойчивость склона на участке примыкания и фильтрационные явления в обход плотины (рис. 1.2).

Таблица 1.3

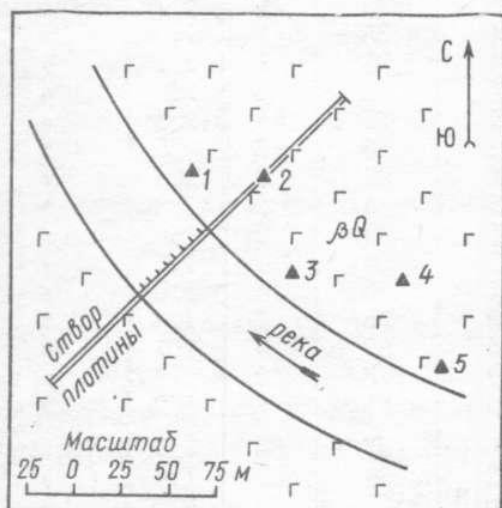
Характеристика трещиноватости эффузивных пород на эталонных площадках

№ обнажения; размеры площадки измерения трещин, м ²	Описание пород	Элементы залегания, град		Ширина, м · 10 ⁻³	Протяженность, м	Заполнитель
		азимут падения	угол падения			
1; 4	андезитобазальты оливковые, серые, плотного сложения, крепкие, со столбчатой отдельностью	248	60	1	0,4	открытые
		240	76	1	0,6	»
		245	80	1	0,5	»
		257	60	3	0,7	»
		260	60	4	0,9	»
		165	90	70	1,7	»
		163	80	30	0,5	»
		155	75	25	0,7	»
		170	85	20	0,9	»
		152	85	10	1,0	»
		168	80	27	0,8	глинистый
		150	89	100	0,4	»
2; 6	андезитобазальты светло-серые, мелкокристаллические, с мелкими порами; образуют вертикальную толстостолбчатую отдельность	255	70	1	0,8	открытые
		250	65	1	1,0	»
		265	85	1	1,0	»
		252	80	3	0,9	»
		172	18	1	2,8	глинистый
		148	81	1	2,7	»
		175	88	1	2,8	открытые
		167	80	1	0,2	»
		177	90	3	0,8	»
		158	80	1	0,9	»
		153	80	5	0,4	»
160	85	8	1,5	глинистый		
4; 4	андезитобазальты, оливковые, серые, плотные, крепкие	135	70	1	2,1	открытые
		140	85	1	1,1	»
		108	75	3	2,1	»
		125	75	5	2,0	»
		127	75	1	2,3	»
		118	55	7	2,5	»
		130	66	3	2,4	»
		115	75	2	2,0	»
		110	82	2	1,4	»
		112	65	4	1,7	»
		210	80	14	1,5	»
		208	75	1	1,4	»
		215	82	5	1,7	»
212	78	10	2,1	»		
205	81	2	1,2	»		
3; 4	базальты, сильновыветрелые, трещиноватые, местами разбитые на отдельные глыбы. Поверхности трещин изъедены, покрыты глинистыми налетами	120	87	30	1,0	суглинок
		122	89	25	1,4	»
		128	83	40	0,2	»
		132	76	30	1,2	»
		138	76	2	2,0	»
		134	67	10	0,8	»
		124	68	10	1,0	»
		210	88	28	1,7	суглинок с щебенкой
		215	89	3	2,4	то же
		213	89	32	1,3	»

Продолжение табл. 1.3

№ обнажения; размеры площадки измерения трещин, м ²	Описание пород	Элементы залегания, град		Ширина, м · 10 ⁻³	Протяженность, м	Заполнитель
		азимут падения	угол падения			
5; 6	базальты серые, трещиноватые, с правильной столбчатой отдельностью	195	89	40	1,6	суглинок
		185	89	5	1,8	»
		188	88	8	1,9	»
		182	88	40	1,1	»
		190	88	75	1,8	»
		235	87	7	1,5	»
		222	89	100	1,6	суглинок с щебенкой
		220	77	5	1,4	открытые
		230	72	1	2,1	»
		238	85	1	1,7	»
227	86	3	1,2	»		

Примечания. 1. Геологический индекс пород βQ . 2. Генетический тип трещин — трещины остывания.



βQ 1 ▲ 3 2

Рис. 1.2. Схематическая геологическая карта участка створа плотины: 1 — андезитобазальты четвертичные; 2 — обнажение и его номер

Таблица 1.4

Значения скоростей распространения продольных волн, полученные для каждого обнажения методом ультразвукового профилирования

№ обнажения	Скорости распространения продольных волн v_p , м/с
1	4900
2	6000
3	4300
4	5550
5	4650

ЗАДАЧА 1.3

ОЦЕНКА ТРЕЩИНОВАТОСТИ МАССИВА ИЗВЕСТНЯКОВ

При проведении инженерно-геологической съемки в районе проектируемой высоконапорной плотины была изучена трещиноватость нижнекаменноугольных известняков, залегающих в бортах долины глубиной 350 м (рис. 1.3). Данные по трещиноватости известняков сведены в табл. 1.5 и 1.6.

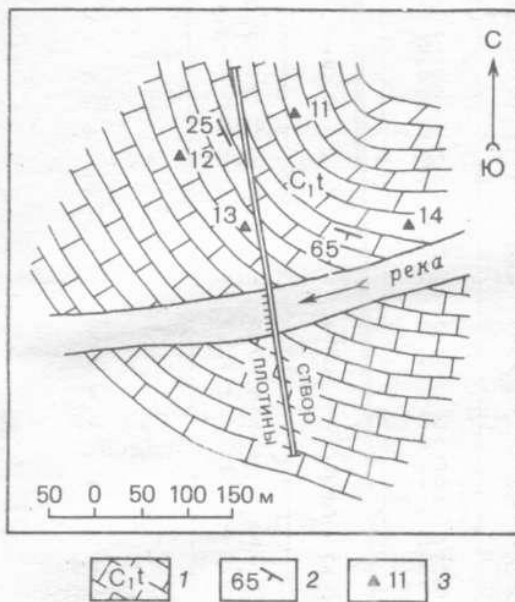


Рис. 1.3. Схематическая геологическая карта участка створа плотины: 1 — известняки турнейского яруса; 2 — элементы залегания пород; 3 — обнажение и его номер

В результате обработки данных по трещиноватости известняков требуется:

1) составить для каждого обнажения: а) лучевые диаграммы трещиноватости по азимутам простираения с учетом углов падения трещин, а также их генетического типа, ширины и характера заполнения; б) розы трещиноватости по азимутам прости-

Таблица 1.5

Значения скоростей распространения продольных волн, полученные для каждого обнажения методом ультразвукового профилирования

№ обнажения	Скорость распространения продольных волн v_p , м/с
11	5600
12	5350
13	4500
14	5350

рания трещин с учетом их генетического типа; в) диаграмму плотности трещин по способу В. В. Сухоручкина;

2) подсчитать на каждом обнажении трещинную пустотность по способу Л. И. Нейштадт и по геофизическим данным оценить прочность пород по корреляционной методике (прил. 4);

3) составить карту трещиноватости известняков правого борта ущелья р. Чирчика в районе створа плотины;

4) дать инженерно-геологическую оценку направления и интенсивности трещиноватости массива нижнекаменноугольных известняков с точки зрения ее влияния на деформируемость и прочность основания, устойчивость склона на участке примыкания и фильтрационные явления в обход плотины; отметить связь направления трещиноватости с залеганием пород.

Таблица 1.6

Характеристика трещиноватости известняков на эталонных площадках

№ обнажения размеры площадки измерения трещин, м ²	Описание пород	Генетический тип трещин	Элементы залегания, град		Ширина, м · 10 ⁻³	Протяженность, м	Заполнитель	
			азимут падения	угол падения				
11; 6	известняки серые, с поверхности выветрелые, трещиноватые	напласт.	250	18	75	2,0	карбонатно-глинистый	
			266	24	25	2,0	»	
			255	20	20	2,0	»	
			246	18	15	2,0	»	
			100	76	1	0,7	»	
			103	80	3	0,7	»	
			107	78	2	0,5	кальцит	
			102	69	1	0,5	»	
			110	66	2	2,2	»	
			112	66	4	2,2	»	
			105	62	5	1,0	»	
			115	60	7	0,8	»	
			119	75	10	1,6	карбонатно-глинистый	
12; 4	известняки серые, с поверхности выветрелые, разбитые трещинами в различных направлениях	»	262	30	17	2,2	»	
			252	34	3	2,2	»	
			258	25	2	2,6	»	
			230	32	1	2,0	»	
			232	38	25	2,0	кальцит	
			260	34	5	0,7	»	
			124	34	3	1,7	»	
			127	68	1	2,7	»	
			136	68	2	2,5	»	
			133	40	4	2,0	карбонатно-глинистый	
			121	48	4	1,9	глинистый	
			134	52	5	1,2	карбонатно-глинистый	
			13; 5	известняки темно-серые, с поверхности выветрелые, трещиноватые	»	210	68	70
202	60	12				1,1	»	
220	63	5				2,0	»	
213	58	7				2,0	»	
198	68	17				2,0	»	
194	64	7				2,0	»	
206	74	30				2,1	»	
196	70	28				2,1	»	
кливаж	154	58				4	2,0	»
165	52	5				1,3	»	
173	52	20				0,2	»	
160	72	5				1,2	»	
175	56	1				1,5	»	
156	62	2	2,3	»				
169	68	1	1,6	кальцит				
напласт.	195	82	50	2,0	карбонатно-глинистый			
14; 4	известняки массивные серовато-сиреневого цвета, разбиты трещинами	кливаж	215	68	7	2,0	»	
			190	83	15	1,7	»	
			188	54	1	0,4	»	
			203	65	5	0,5	»	
			145	50	1	0,8	»	
			162	54	3	0,5	»	
179	76	1	0,4	»				

Примечание. Геологический индекс пород C₁t.

ЗАДАЧА 1.4

ОЦЕНКА ТРЕЩИНОВАТОСТИ ВАРЗОБСКОГО ГРАНИТНОГО МАССИВА

При проведении инженерно-геологических исследований обвално-оползневого участка в гранитном массиве в Таджикистане была изучена трещиноватость пород с помощью малоформатной фотокамеры на типичных площадках, выбранных в разных частях оползневого склона (рис. 1.4). Подсчет трещин и измерение их ширины и длины выполнялись на стереоавтографе; данные по ним приведены в табл. 1.7.

В результате обработки данных по трещиноватости пород требуется:

1) составить для каждой площадки: а) лучевые круговые диаграммы трещиноватости с нанесением на нее генетических типов, ширины, заполнителя и обводненности трещин; б) розы-диаграммы простираний трещин разных генетических типов; в) диаграмму плотности трещин по способу В. В. Сухоручкина;

2) подсчитать по каждой площадке коэффициент трещинной пустотности по способу Л. И. Нейштадт;

3) составить карту трещиноватости гранитов в масштабе 1:10 000 и оценить роль трещиноватости гранитов в формировании оползней и осыпей.

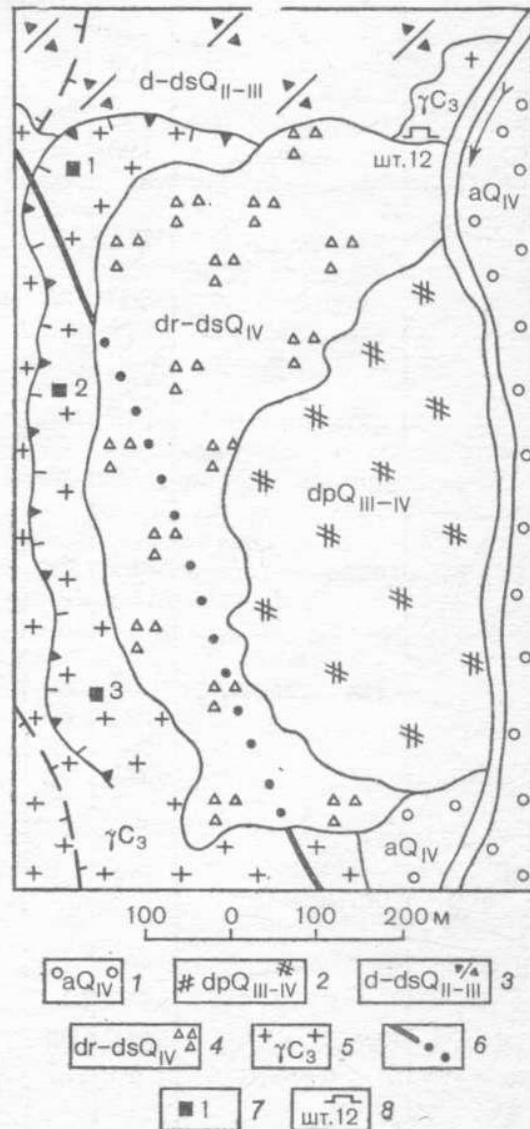


Рис. 1.4. Геологическая схема участка.

Отложения: 1 — современные аллювиальные, 2 — верхнечетвертичные — современные оползневые, 3 — средне-верхнечетвертичные делювиально-осыпные, 4 — современные обвално-осыпные, 5 — граниты и гранодиориты; 6 — тектонический разрыв шириной до 50 м, омоложенный в голоцене; 7 — площадка замера трещины и ее номер; 8 — штольня и ее номер

Таблица 1.7

Характеристика трещиноватости гранитов на эталонных площадках

№ площадки; ее площадь, м ²	Генетический тип трещин	Элементы залегания, град		Число трещин	Ширина, м · 10 ⁻²	Протяженность, м	Расстояние между трещинами, м	Заполнитель	Примечание		
		азимут падения	угол падения								
I; 60	остывания	350	85	3	1	8	1,5	кварцевый карбонатно-глинистый	заполнитель изменен процессами выветривания		
	»	5	82	2	2	6	2,2				
	» тектонические	250 310	25 40	4 2	0,5 2	4,5 3,2	0,8 0,3	хлоритовый глинистый, ожелезненный			
»	»	30	64	4	0,5	6,5	1,2	то же дресвяно-глинистый	то же		
	»	130	50	3	15	6	2,5				
II; 180	остывания	125	75	4	18	5	1,5	кварцевый хлоритовый карбонатно-глинистый	»		
	тектонические	190	55	7	5	3,8	1,0				
	остывания	385	80	8	15	10	2,5				
	первичные	тектонические	110	70	4	25	6,5	2,4		хлоритовый кварцевый	
		остывания	20	25	2	10	4,2	1,2			
	»	тектонические	360	85	10	2	3,5	0,5		» глинистый	заполнитель вымытый
		остывания	140	55	4	7	4,0	0,8			
	»	»	190	60	6	2	2,7	0,4		хлоритовый « кварцевый карбонатно-глинистый, рыхлый	
		остывания	245	30	5	5	3,8	0,8			
		тектонические	280	65	3	12	2,5	1,7			
»	»	50	75	12	15	4,8	1,5	» глинистый, рыхлый			
	остывания	360	82	7	10	6,5	1,8				
III; 145	»	365	80	3	35	9,2	3,0	кварцевый дресвяно-глинистый, рыхлый	заполнитель изменен процессами выветривания		
	тектонические	35	30	4	8	2,6	0,6				
	»	125	60	6	15	4,2	1,2	кварцевый «			
	»	160	40	5	3	1,8	0,7				
	»	»	265	58	3	9	2,4	0,6		хлоритовый глинистый, ожелезненный	
		»	62	70	6	12	3,4	1,4			
	остывания	»	115	75	8	18	4,7	1,0		карбонатно-глинистый	
		тектонические	260	20	15	5	3,2	0,8			
	»	»	40	75	6	15	4,5	1,8		хлоритовый глинистый, рыхлый	то же

ЗАДАЧА 1.5

ОЦЕНКА ТРЕЩИНОВАТОСТИ ГРАНИТОГНЕЙСОВОГО МАССИВА

При инженерно-геологической съемке в районе месторождения (рис. 1.5) изучена трещиноватость гранитогнейсового массива. Изучение проводилось в обнажениях и с помощью ультразвукового каротажа скважин. Данные по трещиноватости гранитогнейсов сведены в табл. 1.8.

В результате обработки данных по трещиноватости гранитогнейсов требуется:

1) составить для каждого обнажения: а) лучевые диаграммы; б) розы трещиноватости по азимутам простирания;

2) для всего массива составить диаграмму плотности трещин (по азимутам падения) по способу В. В. Сухоручкина;

3) определить по каждой наблюдательной площадке коэффициент трещинной пустотности: а) по способу Л. И. Нейштадт; б) по результатам ультразвукового каротажа скважин СВ-2 (табл. 1.9) по формуле (прил. 4); в) оценить блочность по способу М. В. Раца;

4) составить карту трещиноватости исследуемого района, отразив интенсивность трещиноватости по площади и направление основных систем трещин;

5) определить упругие (E_g) и прочностные (R_c) характеристики массива корреляционным способом, используя формулы (прил. 4); построить графики зависимости прочности $R_c = f(K_{тр})$ и модуля упругости $E_g = f(K_{тр})$ от коэффициента трещинной пустотности $K_{тр}$ и оценить степень влияния трещиноватости на прочностные и упругие характеристики массива;

6) дать инженерно-геологическую оценку трещиноватости с точки зрения проходки подземных выработок на глубине 80 м; отметить связь основных систем трещин с залеганием пород и тектоническими нарушениями.

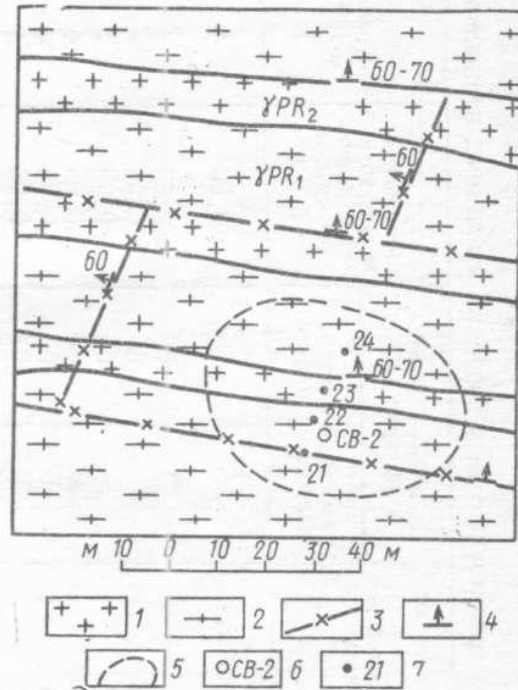


Рис. 1.5. Схематическая геологическая карта района месторождения: 1 — граниты; 2 — гнейсы; 3 — тектонические нарушения; 4 — элементы залегания; 5 — контуры полезного ископаемого; 6 — скважина, в которой проведен ультразвуковой каротаж; 7 — площадки изучения трещиноватости

Таблица 1.8

Характеристика трещиноватости гранитогнейсовых пород на эталонных площадках

№ обнажения; размеры площадки измерения трещин, м ²	Описание пород	Геологический индекс	Генетический тип трещин	Элементы залегания, град		Расстояние между трещинами данной системы, м	Ширина, м · 10 ⁻³	Протяженность, м	Заполнитель
				азимут падения	угол падения				
21; 2	биотитовые гнейсы, мелкокристаллические, интенсивно трещиноватые, милонитизированные	PR ₁	тектонические	25	65	0,05	4	2,2	милонит,
			»	30	65	0,05	4	2,2	хлорит
			»	30	60	0,05	4	2,2	то же
			»	25	65	0,05	4	2,2	»
			»	20	60	0,05	4	2,2	»
			»	15	65	0,05	4	2,2	»
			»	20	67	0,05	4	2,2	»
			»	25	60	0,05	4	2,2	»
			»	10	65	0,05	4	2,2	»
			»	15	60	0,05	4	2,2	»
			»	20	65	0,05	4	2,0	»
			»	15	65	0,05	4	2,0	»
			»	20	65	0,05	4	2,0	»
			»	22	65	0,05	4	2,0	»
			»	15	60	0,05	4	2,0	»
		γPR ₂	первичные отдельности	150	25	0,1	4	0,6	открытые
			тектонические	10	60	0,8	5	2,0	хлорит
			первичные отдельности	150	20	0,1	4	0,7	открытые
			то же	140	22	0,1	4	0,7	»
			»	140	25	0,1	4	0,5	»
			»	140	20	0,1	4	0,6	»
			»	140	20	0,1	4	0,6	»
			»	190	80	0,2	4	0,21	»
			»	205	88	0,2	4	0,21	»
			»	195	88	0,25	4	0,45	»
			»	197	80	0,1	4	0,40	»
			»	200	80	0,2	4	0,45	»

Продолжение табл. 1.8

№ обнажения; размеры площадки измерения трещин, м ²	Описание пород	Геологи- ческий индекс	Генетический тип трещин	Элементы залегания, град		Расстояние между трещи- нами данной системы, м	Ширина, м·10 ⁻³	Протя- женность, м	Заполнитель			
				азимут падения	угол падения							
21; 2	биотитовые гнейсы, мел- кокристаллические, ин- тенсивно трещиноватые, милонитизированные	γPR ₂	тектонические первичные от- дельности	310	80	0,2	4	0,21	открытые			
				305	75	0,3	4	0,21	»			
				300	75	0,2	4	0,8	»			
22; 2	биотитовые гнейсы, мел- кокристаллические, силь- нотрещиноватые	PR ₁	тектонические » » » » » » » » » » » » » » » »	10	60	0,1	4	2	милонит, хлорит то же » » » » » » » » » » » » » » » »			
				20	60	0,1	4	2				
				22	60	0,1	4	2				
				25	60	0,1	4	2				
				20	62	0,1	4	2				
				15	60	0,1	4	2				
				10	62	0,1	4	2				
				15	65	0,1	4	2				
				15	60	0,1	4	2				
				10	60	0,1	4	2				
				PR ₁	первичные от- дельности то же » » » » » » » »	135	60	0,2		4	0,8	открытые
						145	75	0,2		4	0,8	»
						140	60	0,2		4	0,8	»
						145	70	0,2		4	0,8	»
						295	55	0,3		4	0,8	»
						290	60	0,3		4	0,8	»
						300	55	0,3		4	0,8	»
295	50	0,3	4			0,8	»					
300	60	0,3	4			0,8	»					
200	80	0,15	4			1,2	»					
»	210	85	0,15	4	1,2	»						
»	210	80	0,15	4	1,2	»						
»	205	75	0,15	4	1,2	»						
23; 3	граниты микроклиновые, средне-крупнокристалли- ческие	γPR ₂	первичные от- дельности то же	155	85	0,5	0,4	1,5	»			
				145	80	0,5	0,4	2,0	»			
				140	85	0,3	0,4	1,3	»			

Таблица 1.9

Результаты ультразвукового каротажа скважины СВ-2

Интервал глубин, м	% выхода керна	Состав пород	Скорость распространения продольных волн v_p , м/с
0—5	40	гнейсы биотитовые, мелкокристаллические, среднетрещиноватые	4500
5—10	35		4300
10—15	30	гнейсы биотитовые, сильнотрещиноватые с большим количеством зеркал скольжения	4200
15—20	30		4000
20—30	28		3500
30—40	30		4000
40—50	30		4200
50—60	50	гнейсы биотитовые среднетрещиноватые	4500
60—70	60		4700
70—80	70		4800
80—90	80	гнейсы биотит-роговообманковые [слаботрещиноватые]	5000
90—100	89		5300

ЗАДАЧА 1.6

ОЦЕНКА ТРЕЩИНОВАТОСТИ МАССИВА БАЗАЛЬТОВ

При инженерно-геологических исследованиях на месторождении сульфидных руд (рис. 1.6) изучена трещиноватость рудовмещающих базальтов триасового возраста. В табл. 1.10 приведены данные картирования трещиноватости на обнажениях, а в табл. 1.11 — в буровых скважинах по ультразвуковому каротажу.

В результате обработки данных по трещиноватости базальтов требуется:

1) составить для каждого обнажения: а) лучевые диаграммы трещиноватости пород по азимутам простирания с учетом углов падения трещин, их генетического типа, ширины раскрытия, состава трещинного заполнителя; б) розы трещиноватости по азимутам простирания трещин с учетом их генезиса; в) диаграм-

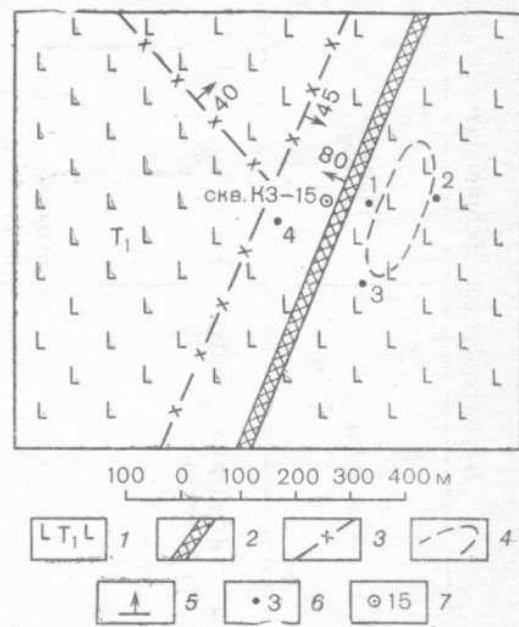


Рис. 1.6. Схематическая геологическая карта района месторождения: 1 — базальты триасовые; 2 — региональный разлом; 3 — тектонические нарушения; 4 — контуры рудного тела; 5 — элементы залегания; 6 — обнажения; 7 — инженерно-геологические скважины с УЗК

Таблица 1.10

Характеристика трещиноватости базальтов на эталонных площадках

№ обнажения; размеры площадки измерения трещин, м ²	Описание пород	Генетический тип трещин	Элементы залегания, град		Расстояние между трещинами данной системы, м	Ширина, м · 10 ⁻³	Протяженность, м	Заполнитель
			азимут падения	угол падения				
1; 3	базальты порфиновые, интенсивно трещиноватые	тектонические	290	80	0,05	10	2,5	открытые
		»	295	82	0,05	10	2,5	»
		»	300	80	0,05	10	2,0	»
		»	290	70	0,05	10	2,0	»
		»	305	75	0,05	10	2,0	»
		»	310	80	0,2	10	2,0	кальцит
		первичные от-	185	85	0,2	6	1,2	открытые
		дельности	180	83	0,2	5	1,3	»
		»	175	85	0,2	5	1,2	»
		то же	170	80	0,2	5	1,2	»
		»	275	82	0,2	5	0,8	»
		»	270	78	0,2	5	1,5	кальцит
		»	272	80	0,2	5	1,0	»
		»	265	80	0,2	5	1,0	»
		»	45	15	0,5	5	2,2	кварц
		»	43	18	0,5	5	2,2	открытые
		»	47	15	0,5	5	2,2	»
»	35	15	0,5	5	2,5	»		
2; 3	базальты порфиновые, средне-трещиноватые	тектонические	283	85	0,5	5	2,0	»
		»	280	80	0,5	5	2,0	»
		»	285	82	0,5	5	2,0	»
		»	273	80	0,5	5	2,0	»
		первичные от-	20	68	0,5	5	1,2	»
		дельности	25	70	0,5	5	1,2	»
		»	30	65	0,5	5	1,0	»
		то же	130	60	0,8	5	2,0	»
		»	120	68	0,5	5	1,8	»
		»	110	65	0,7	5	1,3	»

Продолжение табл. 1.10

№ обнажения; размеры площадки измерения трещин, м ²	Описание пород	Генетический тип трещин	Элементы залегания, град		Расстояние между тре- щинами данной системы, м	Ширина, м · 10 ⁻³	Протя- женность, м	Заполнитель		
			азимут падения	угол падения						
3; 2,25	базальты порфировые, слабо- трещиноватые	тектонические	290	85	0,5	5	1,8	»		
		»	280	80	0,5	5	1,4	»		
		»	275	80	0,5	5	1,4	»		
		»	240	85	0,7	5	1,2	кальцит		
		»	230	80	0,6	5	1,2	»		
		»	235	88	0,7	5	1,2	»		
		»	350	5	0,9	5	1,5	»		
		»	355	6	0,9	5	1,5	кварц		
		4; 3,6 1,5	базальты порфировые, средне- трещиноватые	»	290	80	0,5	5	1,5	открытые
				»	295	82	0,5	5	1,6	»
				»	300	80	0,5	5	1,6	»
				»	110	50	0,5	5	1,5	»
				»	115	45	0,5	5	1,3	»
				»	105	45	0,5	5	1,3	»
первичные от- дельности	170			85	0,6	5	1,6	кальцит		
»	180	80	0,7	5	1,6	открытые				
то же	175	82	0,7	5	1,7	»				
»	60	70	0,7	5	1,8	кварц				
»	50	75	0,8	5	1,8	открытые				

Примечание. Геологический индекс пород T₁.

му плотности трещин по способу В. В. Сухоручкина для всего базальтового массива;

2) рассчитать: а) для каждого обнажения коэффициент трещинной пустотности по способу Л. И. Нейштадт и по данным ультразвукового каротажа скважины; б) оценить блочность массива по формуле (приложение 4);

Таблица 1.11
Результаты ультразвукового каротажа скв. КЗ-15

Интервал глубин, м	% выхода керна	Состав пород	Скорость распространения продольных волн v_p , м/с
0—10	30	базальты порфиновые, сильнотрещиноватые, выветрелые	3800
10—20	32		3700
20—30	30	базальты сильнотрещиноватые, выветрелые с многочисленными зеркалами скольжения	3500
30—40	32		3700
40—50	40		4000
50—60	40		4200
60—70	50	базальты среднетрещиноватые, не выветрелые; трещины с зеркалами скольжения	4500
70—100	60		4700
100—120	60		4800
120—150	60		4900
150—200	70		4500

3) составить карту трещиноватости исследуемого района, отразив интенсивность трещиноватости по площади и направление основных систем трещин;

4) определить упругие (E_g) и прочностные (R_c) характеристики массива базальтов корреляционным способом, используя формулы (приложение 4); построить графики зависимости прочности $R_c=f(K_{тр})$ и модуля упругости $E_g=f(K_{тр})$ от коэффициента трещинной пустотности $K_{тр}$ и оценить степень влияния трещиноватости на прочностные и упругие характеристики массива;

5) дать инженерно-геологическую оценку трещиноватости массива базальтов для проходки шахтных стволов и подземных выработок (шахтные стволы располагаются к западу от регионального разлома).

Литература

Общая

Варга А. А. Методические рекомендации по изучению мелкой трещиноватости скальных пород при изысканиях для гидротехнического строительства. М., 1981.

Михайлов А. Е. Структурная геология и геологическое картирование. 4-е изд. Ч. 2, гл. 12. Трещины в горных породах. М., 1984.

Нейштадт Л. И., Пирогов И. А. Методы инженерно-геологического изучения трещиноватости горных пород. М., 1969.

Глава 2

ИЗУЧЕНИЕ ОПОЛЗНЕЙ, ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ СКЛОНОВ И БОРТОВ КАРЬЕРОВ; ПРОГНОЗ ПЕРЕФОРМИРОВАНИЯ БЕРЕГОВ ВОДОХРАНИЛИЩ

ЗАДАЧА 2.1

ОБРАБОТКА ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ ПО ОПОЛЗНЕВОМУ СКЛОНУ р. ВОЛГИ

Предварительными инженерно-геологическими исследованиями, проведенными на Волге в целях выбора места для речного порта после создания водохранилища, получены следующие данные, характеризующие склон: а) геоморфологическая схема участка (рис. 2.1); б) топографический профиль склона от уреза реки до бровки (табл. 2.1); в) описание разрезов скважин и шурфов.

Таблица 2.1

Топографические и геоморфологические данные для построения инженерно-геологического разреза

№ точки	Расстояние от уреза реки, м	Отметка поверхности земли, м	Описание склона по линии профиля
1	0	43,10	урез реки
2	8,0	44,80	скв. 1
3	32,0	46,30	нижняя пологая часть бечевника
4	50,0	54,90	верхняя часть бечевника
5	62,0	61,50	бровка нижней (первой) оползневой ступени
6	67,0	62,10	оползневая ступень
7	74,0	58,90	оползневая западина
8	93,0	67,80	осыпь глинисто-щебнистая, действующая
9	119,0	82,40	обнаженный откос над нижней оползневой ступенью; породы с поверхности выветрелые
10	129,5	85,10	действующий оползень-спływ, сформировавшийся в ранее смещенных породах; в
11	145,3	86,20	точке 11 наблюдается мочежина, заложен
12	153,0	90,40	шурф 2
13	163,3	92,80	
14	168,0	95,0	ступенчатая поверхность верхнечетвертичного оползня-блока, прикрытая маломощным делювием
15	187,0	97,0	
16	195,0	97,6	
17	200,0	97,9	
18	206,5	101,0	уступ 3-й оползневой ступени, прикрытый
19	226,0	110,10	делювием или обнаженный
20	247,0	112,5	поверхность 3-й оползневой ступени
21	285,0	113,60	скв. 3
22	318,0	115,40	
23	329,1	119,30	делювиальный шлейф на смещенных породах; в точке 23 заложен шурф 4
24	340,0	120,05	откос над поверхностью 3-й оползневой
25	348,0	121,10	ступени; прикрыт осыпью и делювием
26	398,5	146,60	поверхность древнего делювиального склона
27	444,0	148,10	
28	470,0	149,0	скв. 5

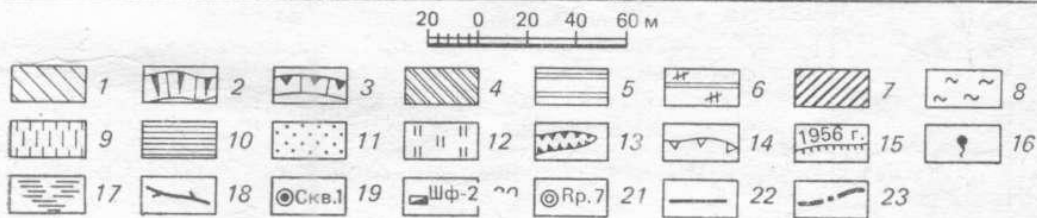
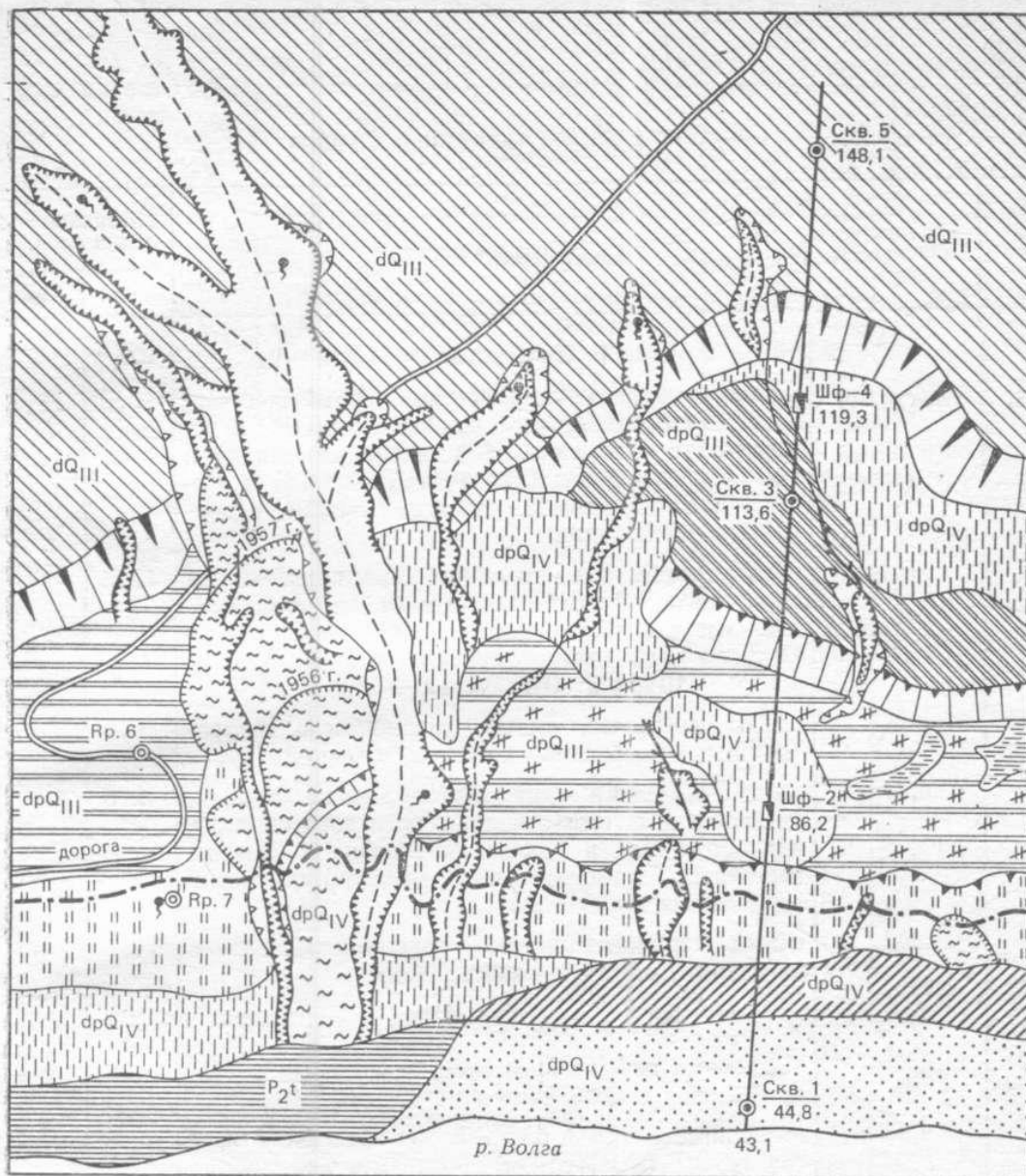


Рис. 2.1. Геоморфологическая схема оползневого участка:

1 — верхнечетвертичный делювиальный склон, задернованный; 2 — над-оползневой откос, прикрытый осыпью и делювием; 3 — бровки откосов; оползневые ступени: 4 — бугристые, образованные верхнечетвертичными оползнями, участками прикрыты сплывами и делювием; 5 — то же, выровненные; 6 — выровненные, сложенные древними оползнями; 7 — современный оползень татарских пород в основании склона; 8 — действующий оползень-поток; 9 — действующие сплывы; бечевник Волги: 10 — в татарских породах; 11 — в оползневых накоплениях; 12 — эрозийные откосы; растущие овраги, границы: 13 — на 1956 г., 14 — на 1959 г.; 15 — границы действующих и приостановившихся оползней; 16 — родники; 17 — мочжины и заболоченность; 18 — промоины; 19 — скважины; 20 — шурфы; 21 — репера; 22 — разведочный створ; 23 — нормальный подпорный уровень

Таблица 2.2

Описание разрезов скважин и шурфов

№ слоя	Геологический индекс	Описание пород	Глубина залегания слоя, м	
			от	до
Скв. 1. Отм. устья — 44,8 м				
1	dpQ _{III-IV}	глины и мергели пестроцветные, преимущественно коричневато-бурые, сильно выветрелые и перемятые, с обломками песчаника и известняка и гнездами песка; влажные до глубины 1,6 м, ниже — водонасыщенные, участками вязкие, с зеркалами скольжения	0,0	12,6
2	P ₂ t ₁	глины коричневато-красные, переслаивающиеся с розовыми мергелями и белыми известняками, влажные и слабовлажные	12,6	22,1
Шурф 2. Отм. устья — 86,2 м				
1	dpQ _{IV}	глины перемятые, сильно увлажненные, пестроцветные, с щебенкой песчаника и мергеля	0,0	2,8
2	dpQ _{III}	смещенные пачки глин, мергелей и песчаников, раздробленных, сохранивших последовательность напластования, в основании — влажные глины, перетертые, крошащиеся, известковистые (зона скольжения мощностью 1,2 м)	2,8	11,7
3	P ₂ t ₂	глины коричнево-красные, переслаивающиеся с мергелями, плотные, слабовлажные	11,7	13,1
Скв. 3. Отм. устья — 113,6 м				
1	dpQ _{III}	смещенные пачки песчаников выветрелых и раздробленных с прослоями глин	0,0	5,5
2	dpQ _{III}	смещенные пачки и блоки пород татарского яруса; глины и мергели с прослоями песчаников, изредка известняков, раздробленные, но сохранившие последовательность напластования; плоскости скольжения наклонены под разными углами; отмечено несколько зон, в которых глины перетерты и увлажнены	5,5	17,8
3	P ₂ t ₁ 2	глины и мергели пестроцветные, слоистые, плотные	17,8	28,5
Примечание. По наблюдениям в оврагах контакт первой и второй свит татарского яруса находится на 12—13 м над уровнем реки.				
Шурф 4. Отм. устья — 119,3 м				
1	d — dpQ _{IV}	суглинки и супеси бурые, с мелкой щебенкой мергелей, влажные, с глубины 3,60 м сильно-влажные, вязкие	0,0	5,3
2	dpQ _{III}	смещенные пачки раздробленных пород татарского яруса	5,3	6,2

Продолжение табл. 2.2

№ слоя	Геологический индекс	Описание пород	Глубина залегания слоя, м	
			от	до
		Скв. 5. Отм. устья — 132,1 м		
1	dQ _{III}	суглинки желто-бурые, макропористые, с щебенкой мергелей, с известковистыми включениями, почти сухие, с глубины 4,0 м слабовлажные	0,0	5,8
2	aQ _{III}	суглинки и супеси желто-бурые, слоистые, плотные, влажные, с тончайшими прослойками мелко- и тонкозернистого песка; в основании — плохо окатанный гравий местных пород (балочный аллювий)	5,8	14,6
3	дрQ _{II}	смещенные блоки раздробленных пород татарского яруса, песчаников, глин и мергелей с гнездами перемятых глин; до глубины 26,0 м влажные, ниже — водонасыщенные, с глубины 36,2 м смещенные породы	14,6	38,2

Таблица 2.2а

Сведения о подземных водах

Глубина от устья скважины, м	№ скважины			
	1	3	шф. 4	5
Появления воды	1,60	14,20	3,8	26,70
Установившегося уровня	1,55	2,50	3,6	16,60

Таблица 2.3

Результаты лабораторных определений свойств пород

№ выработки	Глубина отбора монолитов, м	Порода и ее геологический индекс	e Объемная масса Δ, т/м ³	Естественная влажность W, %	Пределы пластичности, %		Содержание частиц < 0,002 мм, %
					верхний W _f	нижний W _p	
Скв. 1	9,2	глины, дрQ _{III-IV}	1,85	30	56	33	45,1
Шурф 2	1,6	глины, дрQ _{IV}	1,91	30	41	18	34,4
Скв. 3	22,4	глины, дрQ _{III}	1,80	32	48	29	47,4
Шурф 4	3,7	суглинки, d—дрQ _{IV}	1,83	25	36	20	30,3

(табл. 2.2; 2.2а); г) результаты лабораторных определений свойств пород (табл. 2.3, 2.3а).

Требуется составить инженерно-геологическое заключение о строении, устойчивости и прогнозе переработки оползневого склона, которое предусматривает:

1) построение инженерно-геологического разреза оползневого склона по разбуренному створу в масштабе 1 : 1000;

2) характеристику современного состояния оползневого склона; вероятные причины оползней и возможные изменения их после создания водохранилища;

Таблица 2.3а

Сопротивление грунтов сдвигу*

№ выработки	Сдвигающее усилие τ , МПа, и влажность после опыта W , %	При вертикальном давлении σ , МПа					
		0,05	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8
Скв. 1	τ	0,065	0,1	0,14	0,18	0,19	0,23
	W	31	31	28	28	28	28
Шурф 2	τ	0,02	0,04	0,06	0,09	—	—
	W	30	29	28	27	—	—
Скв. 3	τ	0,035	—	0,11	0,19	0,26	0,29
	W	32	—	28	27	26	25
Шурф 4	τ	0,038	0,06	0,09	0,13	0,17	0,21
	W	30	28	27	26	26	27

* Образцы испытаны на приборах конструкции Гидропроекта без предварительного уплотнения по схеме быстрого сдвига.

3) оценку переработки оползневого склона с указанием на разрезе и схеме возможных форм размыва при подъеме воды на 30 м и сработке уровня 5 м;

4) обработку результатов испытаний пород на сопротивление сдвигу в виде графиков;

5) выполнение расчетов устойчивости оползневого склона до и после создания водохранилища по методу Г. М. Шахунянца;

6) определение задач дальнейших исследований.

ЗАДАЧА 2.2

ОБРАБОТКА МАТЕРИАЛОВ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ИЗУЧЕНИЯ ОПОЛЗНЕВОГО УЧАСТКА В ПОВОЛЖЬЕ

Предварительными инженерно-геологическими исследованиями, проведенными на правом берегу Волги для оценки устойчивости оползневого склона водохранилища, где намечается постройка малоэтажных зданий и причалов, были получены следующие материалы: а) геоморфологическая схема оползневого участка (рис. 2.2); б) данные топографической съемки склона по створу с геологическим описанием (табл. 2.4); в) описание расчисток, скважин и шурфов (табл. 2.5); г) результаты лабораторных испытаний глинистых пород (табл. 2.6, 2.6а).

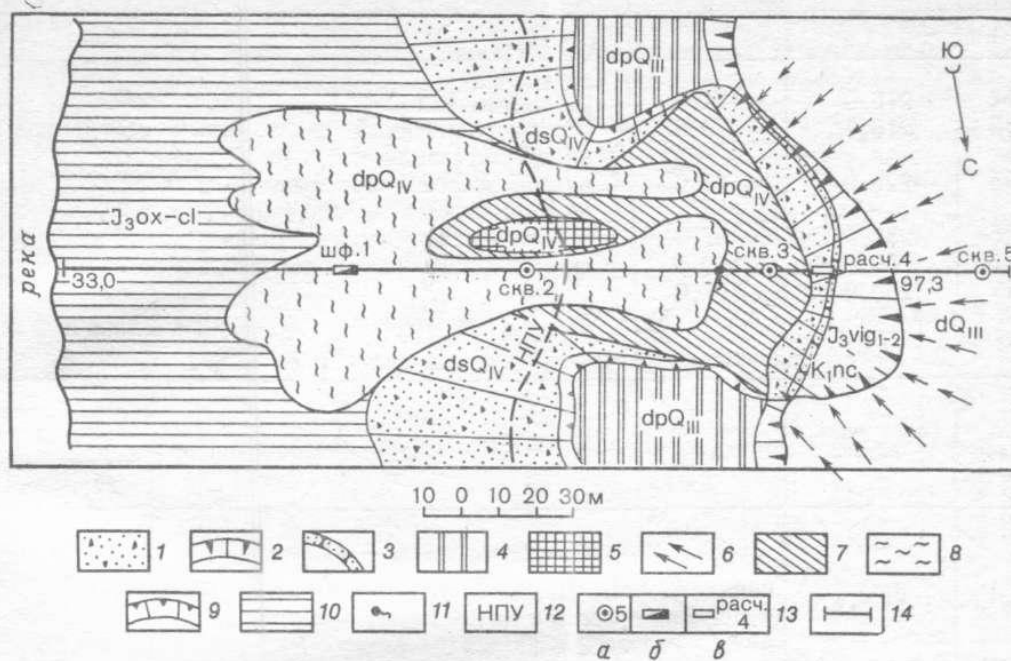


Рис. 2.2. Геоморфологическая схема оползневого участка:
 1 — осыпь действующая, из мелкой щебенки глин и песчаника; 2 — над-оползневой откос, обнаженный, осыпающийся; 3 — вертикальный уступ высотой около 5 м, сложенный песчаниками, надоползневой откос; 4 — остатки верхнечетвертичного оползня-блока из верхнеюрских глин, современные межоползневые гребни; 5 — останец, сложенный накоплениями приостановившихся оползней, в настоящее время «съедается» действующими оползнями; 6 — древний делювиальный склон, сложенный пылеватыми суглинками; 7 — участок накопления и увлажнения глинистых масс, питающий оползень-поток; 8 — активно движущаяся часть современного оползня-потока; 9 — бровки откосов; 10 — оксфорд-келловейские глины темно-серые, карбонатные, очень плотные; 11 — родники; 12 — нормальный подпорный уровень водоохранилища; 13 — выработки и их номера: а — скважины, б — шурфы, в — расчистки; 14 — линия разреза

Таблица 2.4
 Топографические и геоморфологические данные для построения инженерно-геологического разреза

№ точки	Расстояние от уреза реки, м	Отметка поверхности земли, м	Описание склона по линии профиля
1	2	3	4
1	0,0	33,9	урез реки
2	30,0	37,2	нижняя часть бечевника, выработанная в современном оползне
3	67,5	39,7	
4	80,0	41,5	шурф 1
5	96,0	43,4	суженная часть движущегося оползня-потока
6	117,0	47,6	
7	129,0	51,4	скв. 2
8	176,5	64,2	
9	184,0	64,6	
10	196,0	70,0	скв. 3 — слабонаклонная поверхность оползневой ступени, переходящая в свежую осыпь, в основании которой источник
11	209,0	71,4	

1	2	3	4
12	216,0	74,6	расчистка 4
13	216,5	79,4	обрыв, сложенный желто-серым конгломерато-видным песчаником
14	228,0	88,6	надоползневой откос в неокомских глинах; в основании откоса маломощная осыпь
15	232,5	97,3	бровка надоползневого откоса
16	250,0	100,6	скв. 5 — поверхность делювиального склона
17	260,0	101,0	

Таблица 2.5

Описание разрезов шурфов, расчисток и скважин

№ слоя	Геологический индекс	Описание пород	Глубина залегания слоя, м	
			от	до
Шурф 1. Отм. устья — 41,5 м				
1	dpQ _{IV}	глинистые массы с мелкими кусочками глины; у дневной поверхности слабовлажные (18—20%), ниже — сильновлажные (40—50%)	0,0	5,5
2	J _{3ox} — cl	глины серые, известковистые, очень плотные, влажные (29%), разбитые трещинами; во время бурения вода не встречена	5,5	7,9
Скв. 2. Отм. устья — 51,4 м				
1	dpQ _{IV}	глинистые массы, с поверхности (0,5 м) почти сухие, ниже — сильновлажные; на глубине 3,0 м трещина (поверхность оползания?)	0,0	3,1
2	J _{3ox} — cl	глины серые, известковистые, плотные, слабовлажные	3,1	9,7
Скв. 3. Отм. устья — 70,0 м				
1	dpQ _{IV}	глины темно-серые, с мелкой щебенкой песчаника и углистых сланцев, сильновлажные (40—45%)	0,0	4,8
2	J _{3v1}	глины темно-фиолетовые, кремнистые, трещиноватые, вверху выветрелые	4,8	6,6
Расчистка 4. Отм. верха — 74,6 м				
1	dsQ _{IV}	глинистая осыпь, мелкощебенчатая, в нижней части очень влажная	0,0	0,8
2	J _{3v1}	глины черные, влажные, плотные, с прослоями углистых сланцев	0,8	1,0
Скв. 5. Отм. устья — 100,6 м				
1	pdQ _{IV}	почва сухая	0,0	0,2
2	dQ _{III}	суглинки бурые, пылеватые, слабовлажные	0,2	1,4
3	K _{1nc}	глины темно-серые, слоистые, с рассеянным пиритом и фауной, плотные, вверху слоя выветрелые, влажные	1,4	21,7
4	J _{3v2}	песчаники желто-серые, с многочисленными ауцелами, трещиноватые, обильный водоносный горизонт	21,7	24,9
5	J _{3v4}	глины темно-серые, черные, плотные, влажные, с прослоями углистых сланцев	24,9	31,2

Таблица 2.6

Результаты лабораторных испытаний глинистых пород нижнего мела, верхней юры и оползневых накоплений (физические свойства)

№ монолита	№ выработки и глубина отбора образцов, м	Порода и ее геологический индекс	Плотность Δ , т/м ³	Естественная влажность W , %	Пределы пластичности, %		Содержание глинистых частиц <0,002 мм, %
			по полевым данным		верхний W_f	нижний W_p	
1	скв. 5: 15,0	глины K_1nc J_3v_1 J_3ox-cl	1,95	28	67	32	73,9
2	скв. 3: 6,6		1,95	27	55	24	45,0
3	скв. 2: 5,0		1,97	27	50	23	59,0
4	шф. 1: 7,9		2,0	24	60	30	55,7
5	скв. 3: 2,5	глины переметые dpQ_{IV}	1,74	40	61	29	54,9
6	шф. 1: 3,0		1,60	55	51	26	59,3
7	скв. 2: 2,0		1,86	42	67	34	62,6

Таблица 2.6а

Соппротивление грунтов сдвигу*

№ монолита	Сдвигающее усилие τ , МПа, и влажность образцов после опыта W , %	При вертикальном давлении σ , МПа									
		0	0,05	0,1	0,2	0,3	0,4	0,6	0,8	1,0	1,6
1	τ	0,13	—	0,23	0,30	0,31	0,37	0,46	—	0,58	0,70
	W	39	—	31	29	29	29	28	—	28	28
2	τ	0,18	—	0,20	0,24	0,26	0,30	0,37	0,42	0,46	—
	W	29	—	29	29	29	28	28	27	27	—
3	τ	0,17	—	0,22	—	0,28	—	0,33	—	0,39	0,42
	W	27	—	27	—	26	—	26	—	25	25
4	τ	0,17	—	0,22	0,26	0,28	—	0,34	0,41	—	—
	W	30	—	30	30	29	—	28	27	—	—
5	τ	0,0	0,0	0,01	0,04	0,09	0,1	0,11	0,12	0,13	—
	W	45	46	45	44	37	37	36	35	36	—
6	τ	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04	0,05	0,07	—	—	—
	W	43	45	43	40	38	35	29	—	—	—
7	τ	0,0	0,03	0,06	—	0,07	—	—	—	—	—
	W	47	46	41	—	39	—	—	—	—	—

* Образцы испытаны на сдвиговых одноплоскостных приборах конструкции Гидропроекта без предварительного уплотнения по схеме быстрого сдвига.

Т р е б у е т с я :

- 1) составить инженерно-геологический разрез склона в масштабе 1 : 500 и нанести водоносные горизонты, показатели свойств пород и места отбора монолитов;
- 2) обработать результаты сопротивления грунтов сдвигу в виде графиков;
- 3) построить профиль переработки берегового склона через 10 лет и в конечную стадию после создания водохранилища; подпор равен 20 м, сработка — 5 м;
- 4) наметить программу дальнейших инженерно-геологических исследований.

ЗАДАЧА 2.3

СОСТАВЛЕНИЕ ЗАКЛЮЧЕНИЯ ОБ УСТОЙЧИВОСТИ ОПОЛЗНЕВОГО СКЛОНА НА ОДЕССКОМ ПОБЕРЕЖЬЕ

На морском побережье вблизи Одессы периодически происходят оползни, которые захватывают территорию города и угрожают существующим сооружениям (автодороге, набережной, зданиям). Для разработки проекта противооползневых мероприятий проводились инженерно-геологическая съемка и разведка, детальное изучение геологического строения, особенностей микрорельефа, гидрогеологических условий, оползней и механических свойств пород (табл. 2.7—2.10; рис. 2.3).

Т р е б у е т с я :

- 1) составить инженерно-геологический разрез по разведочному створу в масштабе 1 : 500;

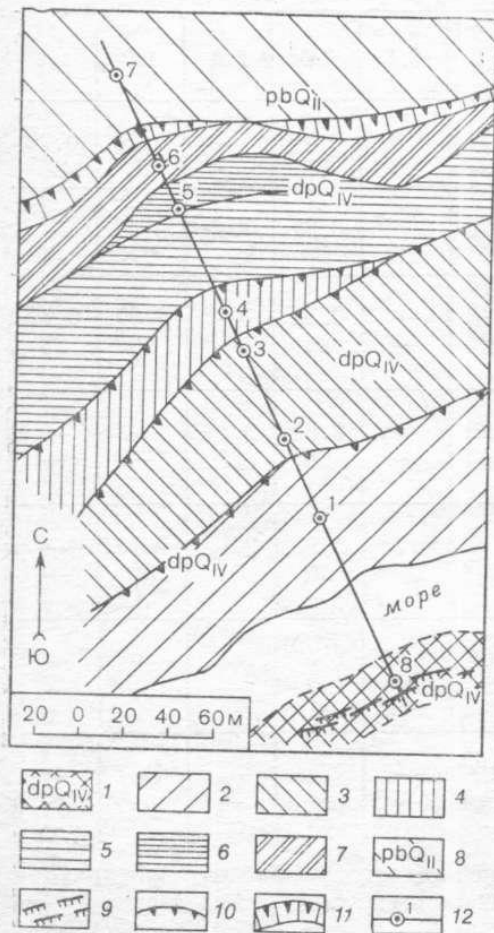


Рис. 2.3. Геоморфологическая схема оползневого участка:

1 — зона выдавливания мэотических глин на отмели; оползневые ступени: 2 — первая, 3 — вторая, 4 — третья, 5 — четвертая, 6 — пятая; 7 — ступенчатая поверхность; 8 — плато, сложенное среднечетвертными лёссами; 9 — трещины разрыва на вале выдавливания оползня; 10 — бровки оползневых откосов; 11 — надоползневой откос; 12 — скважина и ее номер

- 2) выявить основные факторы развития оползней;
- 3) определить прочностные свойства глин мезотического яруса;
- 4) обосновать крутизну устойчивого склона, используя расчеты и данные лабораторных исследований;

Таблица 2.7

Топографические и геоморфологические данные для построения инженерно-геологического разреза

№ точки, скважины	Расстояние от начала разреза, м	Отметка поверхности земли, м	Описание склона по линии профиля	
	1	0,0	-6,0	
Скв.	8	10,0	-2,2	вал выдавливания
	3	22,0	-5,1	береговая отмель
	4	45,0	-2,0	
	5	60,0	0,0	уровень моря
	6	78,0	3,5	бугристая и ступенчатая поверхность современного оползневого склона с трещинами, уступами и западинами, указывающими на недавние подвижки
Скв.	1	90,9	6,7	
		8	109,7	10,5
Скв.	2	130,7	15,6	ровная поверхность 2-й оползневой ступени
	10	156,5	15,9	склон надоползневого уступа
Скв.	3	174,4	20,8	бровка 3-й оползневой ступени
	12	179,0	23,7	оползневая западина
Скв.	4	195,7	22,5	
	14	201,7	26,4	бровка 4-й оползневой ступени
	15	225,5	23,0	оползневая западина
Скв.	5	238,3	34,1	бровка 5-й оползневой ступени
	17	249,7	33,3	ровная поверхность 5-й оползневой ступени
Скв.	6	268,0	38,5	ступенчатая наклонная поверхность, осложненная оползнями лёссовых пород
	19	276,6	46,8	надоползневой откос
	20	279,6	52,3	бровка надоползневого откоса
Скв.	7	307,4	51,6	ровная поверхность плато, застроенная городскими зданиями
	22	320,0	52,6	то же

5) составить заключение, характеризующее инженерно-геологические условия участка, оценить состояние оползневого склона и дать прогноз развития оползней на нем;

6) рекомендовать противооползневые мероприятия по защите городской территории и наметить задачи дальнейших исследований.

Таблица 2.8

Описание разрезов скважин

№ слоя	Геологический индекс	Описание пород	Глубина залегания слоя, м	
			от	до
Скв. 1. Отм. устья — 6,7 м				
1	дрQ _{IV}	известняки-ракушечники, сильно раздробленные, перемятые, водоносные с глубины 5,6 м	0,0	15,4
2	N _{1m}	глины тяжелые, зеленовато-серые, слоистые, влажные, пластичные, с горизонтальными прослойками пылеватых песков; в керне наблюдаются тонкие трещины	15,4	28,0
Скв. 2. Отм. устья — 15,6 м				
1	дрQ _{IV}	суглинки желтовато-серые, пылеватые, с включениями окатышей плотной красной глины	0,0	9,2
2	дрQ _{IV}	глины нарушенные, с многочисленными обломками выветрелых известняков-ракушечников, водонасыщенные	9,2	20,9
3	дрQ _{IV}	щебенка известняков-ракушечников с глинистым заполнителем	20,9	25,8
4	N _{1m}	глины зеленовато-серые, тонкогоризонтальнослоистые, влажные, пластичные	25,8	31,0
Скв. 3. Отм. устья — 20,8 м				
1	дрQ _{IV}	суглинки палево-желтые, лёссовидные, пластичные, карбонатные, рыхлые, влажные, с глубины 10,3 м водоносные	0,0	12,0
2	дрQ _{IV}	глины красно-бурые, перемятые, с многочисленными зеркалами скольжения, водонасыщенные	12,0	15,3
3	дрQ _{IV}	глины серые, бесструктурные, с обломками выветрелых известняков-ракушечников, водонасыщенные	15,3	24,7
4	N _{1m}	глины серовато-зеленые, горизонтальнослоистые, пластичные, влажные, с песчаными и водоносными линзами	24,7	33,4

№ слоя	Геологиче- ский индекс	Описание пород	Глубина залегания слоя, м	
			от	до
Скв. 4. Отм. устья — 22,5 м				
1	dpQ _{IV}	лёссы желто-серые, карбонатные, пористые, рыхлые, с глубины 12,3 м водоносные	0,0	19,8
2	dpQ _{IV}	глины красновато-бурые, карбонатные, разбитые трещинами	19,8	25,7
3	dpQ _{IV}	известняки-ракушечники в виде глыб и пакетов, рыхлые, заполненные вязкой, пластичной глиной, водонасыщенные	25,7	29,5
4	N _{1m}	глины зеленовато-серые, с примесью тонкозернистого песка, плотные, увлажненные	29,5	38,8
Скв. 5. Отм. устья — 34,1 м				
1	dpQ _{IV}	суглинки и супеси пылеватые, карбонатные, неслоистые, рыхлые, перемятые, с глубины 12 м водонасыщенные	0,0	25,9
2	dpQ _{IV}	глины красновато-коричневые, смещенные, плотные, трещиноватые; трещины выполнены супесью палевой, вязкой, водонасыщенной	25,9	29,1
3	dpQ _{IV}	известняки-ракушечники желтые и бурые, ожелезненные, трещиноватые и раздробленные	29,1	38,7
4	N _{1m}	глины серо-зеленые, плотные, влажные, пластичные, с линзами алевролитов светло-серых, водонасыщенных; на контакте с оползневыми накоплениями глины сильноувлажненные, перемятые, вязкие	38,7	52,6
Скв. 6. Отм. устья — 38,5 м				
1	dpQ _{IV}	лёссы палевые, карбонатные, пористые, разбитые трещинами, перемятые, сухие	0,0	8,2
2	dpQ _{IV}	пылеватые супеси, карбонатные, неслоистые, пористые, слабовлажные	8,2	11,7
3	pbQ _{I-II}	лёссы желто-серые, уплотненные, сильновлажные	11,7	15,9
4	IQ _I	глины буровато-красные, плотные, горизонтальнослоистые, влажные	15,9	17,5

Продолжение табл. 2.8

№ слоя	Геологический индекс	Описание пород	Глубина залегания слоя, м	
			от	до
Скв. 7. Отм. устья — 51,6 м				
1	pbQ _{II}	лёссы палевые, карбонатные, пористые, неслоистые, сухие	0,0	6,9
2	pdQ _{II}	суглинки серо-коричневые, гумусированные, уплотненные (погребенная почва)	6,9	7,8
3	pbQ _{II}	суглинки пылеватые, желто-серые, карбонатные, пористые, увлажненные, с глубины 9,2 м водоносные	7,8	13,8
4	pdQ _{I-II}	суглинки темно-коричневые, с разложившимися растительными остатками (погребенная почва), водонасыщенные	13,8	14,9
5	pbQ _{I-II}	лёссы желто-серые, уплотненные, неслоистые, влажные, слабопластичные	14,9	26,7
6	lQ _I	глины буровато-красные, очень плотные, горизонтальнослоистые, слабо-влажные, непластичные	26,7	29,6
7	lQ _I	мергели серые, плотные, неслоистые, с гнездами красно-бурой ожелезненной глины	29,6	32,0
8	N ₁ рп	известняки-ракушечники ржаво-красные, кавернозные, трещиноватые, водоносные	32,0	46,1
9	N ₁ т	глины серовато-зеленые, слоистые, плотные, влажные, пластичные, с прослойками пылеватых водонасыщенных песков	46,1	52,5
10	N ₁ т	глины тяжелые, плотные и алевролиты серо-зеленые, часто переслаивающиеся, с отдельными водонасыщенными линзами серых, тонкозернистых глауконитовых песков	52,5	67,8
Скв. 8. Отм. устья — (-2,2) м				
1	dpQ _{IV}	глины зеленовато-серые, плотные, водонасыщенные, деформированные и разбитые трещинами; наклон слоев в сторону берега (зона оползневого выдавливания)	0,0	9,5

Таблица 2.9

Сведения о подземных водах

Глубина от устья скважины, м	№ скважины						
	1	2	3	4	5	6	7
Появления воды	5,6	10,8	10,8	12,5	12,3	12,3	I—9,2 II—32,0 III—54,8
Установившегося уровня	5,6	10,6	10,3	12,3	12,0	11,5	I—9,2 II—20,5 III—48,2

Таблица 2.10

Результаты лабораторных определений свойств пород

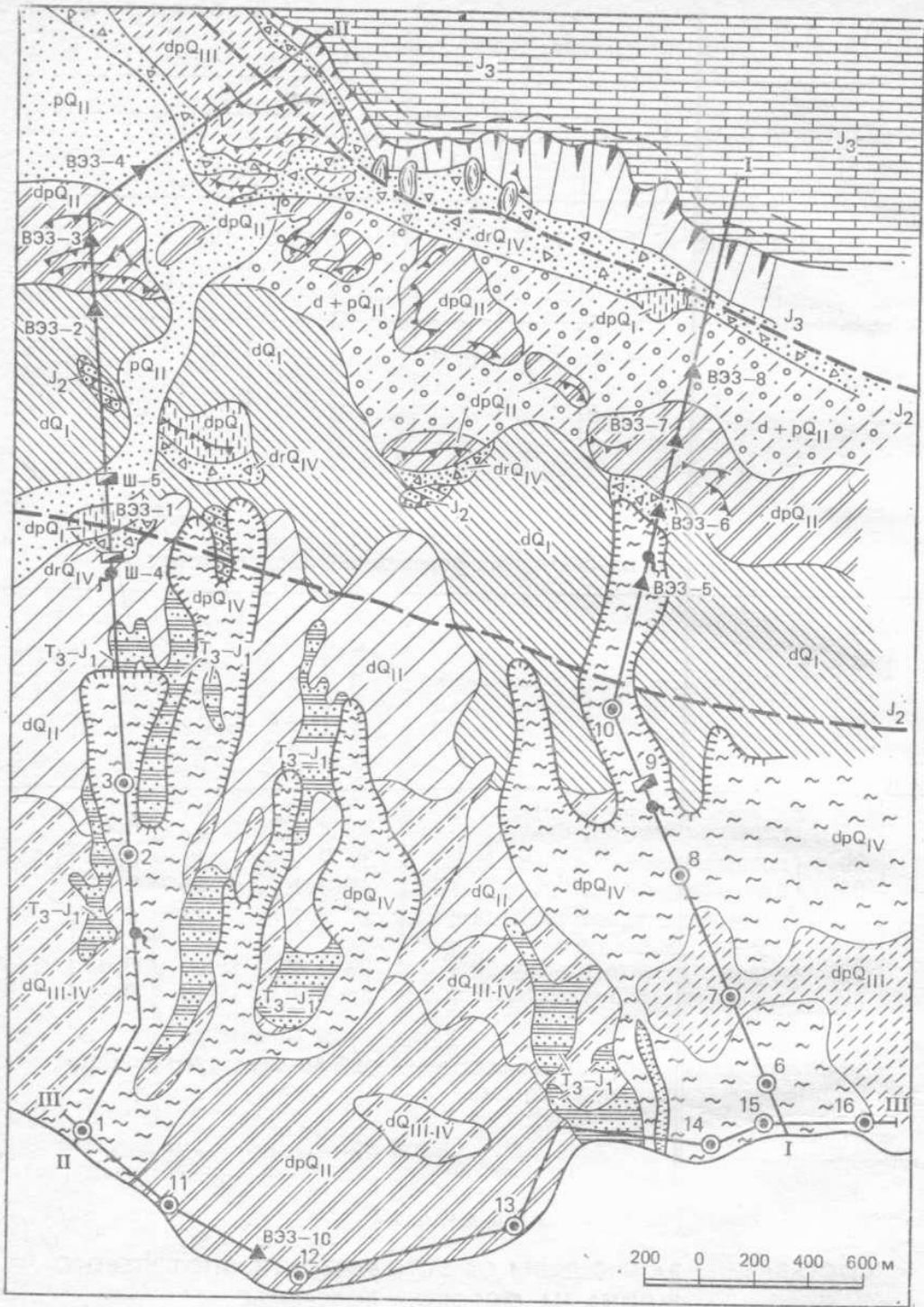
№ скважины	Глубина отбора образца, м	Порода и ее геологический индекс	Естественная влажность W, %	Плотность Δ , т/м ³	Сопротивление сдвигу*		Временное сопротивление одноосному сжатию R_c , МПа
					угол внутреннего трения φ , град	C, МПа	
2	25,0	глины перемытые, dpQ_{IV}	35	1,75	10	0,01	—
	29,0	глины зеленовато-серые, N_{1m}	30	1,88	12	0,03	0,55
4	25,0	глины перемытые, dpQ_{IV}	33	1,72	11	0,01	—
	35	глины тонкие, зеленовато-серые, N_{1m}	28	1,87	14	0,04	0,65
7	28	глины буровато-красные, IQ_{I1}	22	1,91	20	0,07	1,45
	45	глины серовато-зеленые, N_{1m}	25	1,92	16	0,05	0,9

* Определено на срезном одноплоскостном приборе конструкции Гидропроекта без предварительного уплотнения по схеме быстрого сдвига.

ЗАДАЧА 2.4

СОСТАВЛЕНИЕ ЗАКЛЮЧЕНИЯ ОБ УСТОЙЧИВОСТИ ОПОЛЗНЕВОГО СКЛОНА НА МОРСКОМ ПОБЕРЕЖЬЕ

Для одного из районов Южного берега Крыма разрабатывается генеральный план застройки, включающий городское, курортное и дорожное строительство, благоустройство территории и берегоукрепление. Для выбора наиболее благоприятных участков размещения зданий, автомагистралей и других объектов проведена инженерно-геологическая съемка района. Результаты съемки



- | | | | | | | |
|-----------------------------------|---------------------|---------------------|------------------------|----------------------|---------------------|-----------------------------------|
| dpQ _{IV} 1 | drQ _{IV} 2 | pQ _{IV} 3 | dQ _{III-IV} 4 | dpQ _{III} 5 | dpQ _{II} 6 | dQ _I 7 |
| d+pQ _{II} 8 | pQ _{II} 9 | dpQ _I 10 | dQ _I 11 | J ₃ 12 | J ₂ 13 | T ₃ -J ₁ 14 |
| J ₃ -J ₂ 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 |
| I-I 22 | 7 23 | Ш-4 24 | B33-2 25 | | | |

представлены на схематической геологической карте (рис. 2.4). Для выяснения строения склона и оползневых массивов разбурены створы — два поперечных и один продольный вдоль моря. По линиям разведочных створов проложены тахеометрические ходы (табл. 2.11). Результаты бурения приведены в табл. 2.12 и 2.15; кроме того, на типичных участках выполнено вертикальное электроразведывание (табл. 2.13). В полевых и лабораторных условиях были определены физико-механические свойства оползневых образований (табл. 2.14).

Требуется:

1) составить инженерно-геологические разрезы по линиям I—I и II—II в масштабе 1:5000, а по линии III—III в масштабах: горизонтальный 1:5000, вертикальный 1:1000; на разрезах показать строение, обводненность пород, их свойства и степень устойчивости отдельных элементов склона;

2) на основе схематической геологической карты и разрезов составить схематическую инженерно-геологическую карту с характеристикой устойчивости склонов;

3) оценить устойчивость склона и дать рекомендации по укреплению наиболее опасных оползневых участков, а также о берегоукрепительных мероприятиях;

4) сформулировать основные задачи дальнейших инженерно-геологических исследований.

Рис. 2.4. Схематическая геологическая карта одного из районов Южного берега Крыма:

1 — современные оползневые накопления — суглинки, глины, глыбы и щебень известняка и алевролитов с суглинистым заполнителем; 2 — современные обвально-осыпные образования — обломки и глыбы известняков и песчаников; 3 — современные конуса выноса — глинисто-щебнистые породы; 4 — современные и верхнечетвертичные делювиальные отложения — суглинки с мелкой щебенкой аргиллитов и песчаников; 5 — верхнечетвертичные оползневые накопления — суглинки и глины с щебнем и глыбами песчаников, аргиллитов и известняков; 6 — среднечетвертичные оползневые накопления — глинисто-щебнистые массы и глыбы известняков; 7 — среднечетвертичные делювиальные отложения — щебень песчаников, известняков, аргиллитов с супесчаным заполнителем; 8 — среднечетвертичные делювиально-пролювиальные отложения — глыбы и щебень известняка с супесчаным заполнителем; 9 — среднечетвертичные пролювиальные отложения — суглинки карбонатные, плотные, с щебенкой и глыбами аргиллитов и известняков; 10 — нижнечетвертичные оползневые накопления — глыбы и блоки известняков; 11 — нижнечетвертичные делювиальные отложения; 12 — верхнеюрские известняки; 13 — среднеюрские песчаники; 14 — таврическая серия — переслаивающиеся аргиллиты, алевролиты и песчаники, складчатые, дислоцированные; 15 — границы юрских отложений; 16 — растущие овраги и промоины; 17 — границы действующих оползней; 18 — бровки уступов; 19 — уступ Яйлы; 20 — трещины бортового отпора; 21 — родники; 22 — линии разрезов; 23 — скважина и ее номер; 24 — шурф и его номер; 25 — точки ВЭЗ

Таблица 2.11

Топографические и геоморфологические данные для построения инженерно-геологических разрезов

№ выработки, точки ВЭЗ	Расстояние от уреза моря, м	Отметка поверхности земли, м	Описание склона по линии разреза
			Створ I—I
1	0,0	0,0	уровень моря, крутизна отмели 5—6°
Скв. 6	199,6	53,4	поверхность современного оползня, наклоненная в сторону моря; в точке 3 — источник воды
3	345,0	105,1	
Скв. 7	534,5	140,1	слабонаклонная задернованная поверхность верхнечетвертичного оползня
5	837,4	179,9	
Скв. 8	1009,8	245,9	наклонная бугристая поверхность действующего оползня-потока
Шурф 9	1355,0	299,9	
Скв. 10	1654,9	359,4	
ВЭЗ-5	2120,0	460,0	
ВЭЗ-6	2349,6	524,8	
11	2515,0	625,0	высокий оползневой бугор, сложенный глыбами известняков
12	2579,4	639,8	
ВЭЗ-7	2635,2	675,2	
14	2714,8	630,0	западина, выполненная среднечетвертичными делювиальными и пролювиальными образованиями; в основании обрыва Яйлы действующая осыпь
ВЭЗ-8	2885,0	649,9	
16	3099,6	725,3	
17	3274,0	949,6	обрыв Яйлы крутизной 60—70°
18	3351,4	1175,0	бровка обрыва Яйлы
19	3549,6	1204,1	эрозионно-карстовая поверхность Яйлы

Примечание. Вблизи разведочного створа I—I в промоинах склона наблюдались выходы подземных вод на отметках 105; 291,1; 374,8; 475,2 м.

№ выработки, точки ВЭЗ	Расстояние от уреза моря, м	Отметка поверхности земли, м	Описание склона по линии разреза
Створ II—II			
1	0,0	0,0	уровень моря; отмель крутизной 4—5°
2	29,5	7,5	
Скв. 1	75,0	6,9	поверхность современного оползня, бугристая, расчлененная оврагами и промоинами
4	326,1	50,2	
5	679,5	119,6	
6	950,0	170,0	
Скв. 2	1151,0	194,5	
8	1299,5	249,2	
Скв. 3	1370,0	256,3	
10	1650,0	319,4	
11	1951,6	405,5	пологий делювиальный склон, выше — подвижная осыпь
Шурф 4	2185,0	448,9	
ВЭЗ-1	2323,1	529,1	ступенчатая поверхность оползня — блока известняков
14	2370,0	501,5	
Шурф 5	2464,6	487,6	пологонаклонная поверхность среднечетвертичного конуса выноса
16	2724,9	585,0	слаборасчлененная поверхность делювиального склона; выше — подвижная щебенисто-глыбовая осыпь известняков
ВЭЗ-2	3050,0	619,9	смещенные массивы и блоки известняков, образующие группу расчлененных гряд
18	3148,8	765,2	
19	3180,0	700,0	
20	3224,7	821,5	
21	3250,0	799,8	
ВЭЗ-3	3306,2	884,6	
23	3400,0	907,9	
ВЭЗ-4	3645,2	875,3	среднечетвертичный конус выноса
25	3940,0	1002,0	
26	3991,3	1081,0	сглаженная, разбитая трещинами поверхность верхнечетвертичного блокового оползня; в тыловой части действующая щебнистая осыпь
27	4150,0	1074,8	
28	4300,0	1099,2	
29	4400,0	1240,0	уступ Яйлы, зона отчленения блоков известняков
30	4449,0	1400,0	пологохолмистая поверхность Яйлы

Примечание. Вблизи разведочного створа II—II в промоинах обнаружены источники подземных вод на отметках 151 и 443 м.

верт

Продолжение табл. 2.11

№ выработки, точки ВЭЗ	Расстояние от уреза моря, м	Отметка поверхности земли, м	Описание склона по линии разреза
Створ III—III			
1	0,0	6,8	наклонная поверхность современного крупного оползня-потока
Скв. 1	73,5	6,9	
3	254,9	13,0	слаборасчлененная ступенчатая поверхность древних оползней
4	349,7	20,9	
5	415,0	15,2	
Скв. 11	470,0	21,3	
7	559,9	15,1	
ВЭЗ-10	820,6	25,7	
Скв. 12	1005,2	30,9	
10	1085,3	27,9	
11	1210,0	29,1	
12	1275,3	37,8	
13	1512,0	37,1	эрозионный склон
Скв. 13	1811,0	18,1	
15	1990,8	18,2	
16	2135,5	4,6	
17	2209,0	7,8	
18	2349,6	73,6	
19	2470,0	28,0	
20	2545,2	10,0	
21	2585,0	25,6	
22	2620,3	18,3	
23	2719,8	28,1	
Скв. 14	2791,0	20,5	
25	2874,8	12,4	
26	2904,9	18,0	
Скв. 15	2995,0	17,7	
28	3079,9	13,7	
29	3140,0	22,5	
30	3260,1	5,0	
Скв. 16	3355,1	15,0	
32	3500,6	34,8	

42

Таблица 2.12

Описание разрезов разведочных выработок

№ слоя	Геологический индекс	Описание пород	Глубина залегания слоя, м	
			от	до
Створ I—I				
Скв. 6. Отм. устья — 53,4 м				
1	dpQ _{IV}	суглинки бурые, с редкой и мелкой щебенкой бурых песчаников	0,0	5,6
2	dpQ _{IV}	суглинки черно-бурые, вязкие, водонасыщенные, с большим количеством мелкого щебня и глыб темно-серых песчаников и известняков; дебит при откачке из скважины 0,1 л/с	5,6	55,1
3	T ₃ + J ₁	аргиллиты и алевролиты темно-серые и черные, с редкими прослоями глинистых песчаников, интенсивно дислоцированные, с тектоническими трещинами	55,1	74,8
Скв. 7. Отм. устья — 140,1 м				
1	dpQ _{III}	суглинки и глины серые, пятнами бурые, с щебнем и глыбами пород таврической серии, плотные, водоносные; приток воды в скважину 0,006 л/с	0,0	47,1
2	dpQ _{III}	глыбы и блоки песчаников, аргиллитов и известняков темно-серые; в трещинах — суглинки пластичные, водонасыщенные	47,1	95,3
3	T ₃ + J ₁	аргиллиты с тонкими прослоями песчаников, темно-серые, трещиноватые; до глубины 97 м выветрелые до состояния щебнистой плотной глины	95,3	102,4
Скв. 8. Отм. устья — 245,9 м				
1	dpQ _{IV}	глины сине-черные, перемятые, с мелкой щебенкой аргиллитов, вязкие, водонасыщенные	0,0	41,0
2	T ₃ + J ₁	аргиллиты и алевролиты темно-серые, переслаивающиеся с песчаниками, трещиноватые, выветрелые, распадаются на угловатую щебенку	41,0	55,4

№ слоя	Геологический индекс	Описание пород	Глубина залегания слоя, м	
			от	до
Шурф 9. Отм. устья — 299,9 м				
1	dpQ _{IV}	щебень и глыбы известняков, аргиллитов и песчаников с суглинистым заполнителем, водонасыщенные с глубины 2,5 м	0,0	5,9
2	dpQ _{IV}	суглинки и глины буровато-серые, с щебенкой и глыбами таврических пород, водонасыщенные, пластичные	5,9	29,7
3	T ₃ + J ₁	песчаники светло-серые, тонкозернистые, известковистые, с тонкими прослоями аргиллитов, с трещинами	29,7	41,3
Скв. 10. Отм. устья — 359,4 м				
1	dpQ _{IV}	щебнисто-глинистые массы с большим количеством обломков аргиллитов и песчаников, вязкие, водоносные (дебит при откачке из скважины 0,032 л/с)	0,0	9,3
2	T ₃ +J ₁	песчаники и аргиллиты темно-серые, раздробленные	9,3	34,8
Створ II—II				
Скв. 1. Отм. устья — 6,9 м				
1	dpQ _{IV}	мелкие глыбы аргиллитов и алевролитов, сильно раздробленные; заполнитель—черная, вязкая, влажная, пластичная глина	0,0	14,7
2	dpQ _{III}	крупные глыбы раздробленных аргиллитов таврической серии, с суглинистым заполнителем, водонасыщенные; с редкими глыбами известняков	14,7	30,2
3	T ₃ + J ₁	алевролиты и аргиллиты темно-серые, переслаивающиеся, смяты в складки, разбиты трещинами	30,2	51,6
Скв. 2. Отм. устья — 194,5 м				
1	dpQ _{IV}	суглинистая слабо увлажненная масса серого и бурого цвета с щебнем пород таврической серии; на контакте с несмещенными породами слабое водопроявление	0,0	24,6
2	T ₃ + J ₁	аргиллиты и алевролиты с редкими прослоями тонкозернистых песчаников; до 30 м выветрелые, с трещинами, ниже — плотные, слаботрещиноватые	24,6	61,2

№ слоя	Геологический индекс	Описание пород	Глубина залегания слоя, м	
			от	до
		[Скв. 3. Отм. устья — 256,3 м]		
1	дрQ _{IV}	суглинки и глины буровато-серые, с мелким щебнем аргиллитов и известняков, перемяты, водоносные с удельным дебитом при откачке из скважины 0,0017 л/с	0,0	12,8
2	T ₃ + J ₁ ¹	аргиллиты, алевролиты и песчаники, переслаивающиеся, смятые в крутые складки, трещиноватые; трещины иногда выполнены кварцем, чаще кальцитом; вверху выветрелые до состояния мелкощебнистой массы	12,8	32,0
		[Шурф 4. Отм. устья — 448,9 м]		
1	dQ _{II}	щебень песчаников, известняков и обломков аргиллитов с суглинистым заполнителем; сухие, плотные	0,0	12,3
2	T ₃ + J ₁ ¹	аргиллиты и алевролиты с редкими прослоями песчаников, трещиноватые, смятые в мелкие складки	12,3	20,6
		[Шурф 5. Отм. устья — 487,6 м]		
1	pQ _{II}	суглинки буровато-палевые, карбонатные, плотные, почти сухие, с мелкой щебенкой и глыбами известняков и песчаников	0,0	8,3
		Створ III—III		
		[Скв. 11. Отм. устья — 21,3 м]		
1	дрQ _{II}	глинисто-щебнистые массы, перемятые, неоднородные, внизу водоносные, дебиты до 0,2—0,9 л/с	0,0	22,0
2	дрQ _{II}	мелкие глыбы и щебень известняков, редко песчаников с плотным карбонатно-суглинистым заполнителем, участками обводненные	22,0	41,3
3	др—дрQ _{II}	щебенка и глыбы аргиллитов и песчаников и крупные обломки известняков с суглинистым заполнителем	41,3	59,9
4	T ₃ + J ₁	песчаники темно-серые, кварц-полевошпатовые, с прослоями алевролитов, сильнотрещиноватые	59,9	79,1

№ слоя	Геологический индекс	Описание пород	Глубина залегания слоя, м	
			от	до
Скв. 12. Отм. устья — 30,9 м				
1	dpQ _{II}	суглинки буровато-серые, карбонатные, перемятые, с глыбами и щебенкой аргиллитов, песчаников и известняков	0,0	27,2
2	dpQ _{II}	мелкие и крупные глыбы и щебенка известняков и песчаников; заполнитель— супеси красно-бурые, плотные, водонасыщенные	27,2	69,3
3	dpQ _{II}	суглинки серые, плотные, влажные, щебнистые	69,3	89,5
4	mQ _{I-II}	пески и галечники слоистые, с фауной морской, водоносные	89,5	98,7
5	T ₃ + J ₁	аргиллиты черные с прослоями кварцевых песчаников, трещиноватые, дислоцированные	98,7	109,3
Скв. 13. Отм. устья — 18,1 м				
1	dpQ _{II}	супеси красно-бурые, щебнистые, с глубины 17 м водоносные, дебит скважины 0,05 л/с	0,0	21,5
2	dpQ _{II}	глины бурые, плотные, перемятые, водонасыщенные, с глыбами песчаников и известняков	21,5	58,3
3	dpQ _{II}	щебенка аргиллитов мелкая, с редкими глыбами известняка и порфиритов; заполнитель—суглинки желто-серые, карбонатные, водонасыщенные	58,3	70,4
4	T ₃ —J ₁	аргиллиты и песчаники, дислоцированные	70,4	85,2
Скв. 14. Отм. устья — 20,5 м				
1	dpQ _{IV}	глины черные, вязкие, с щебенкой аргиллитов и известняков; в нижней части преобладает щебнисто-глыбовый материал	0,0	26,4
2	mQ _{IV}	галечники и гравий с песчаным заполнителем, водонасыщенные, с фауной	26,4	32,3

Продолжение табл. 2.12

№ слоя	Геологический индекс	Описание пород	Глубина залегания слоя, м	
			от	до
3	dpQ _{III}	суглинки серые, с большим количеством щебня и глыб алевролитов, известняков и песчаников, водонасыщенные	32,3	52,2
4	T ₃ —J ₁	аргиллиты с прослоями мелкозернистых песчаников, трещины заполнены кальцитом	52,2	66,7
Скв. 15. Отм. устья — 17,7 м				
1	dpQ _{IV}	глины серые, щебнистые, перетертые, вязкие, с глыбами раздробленных алевролитов; удельный дебит 0,04 л/с	0,0	9,6
2	dpQ _{IV}	суглинки бурые, с щебенкой песчаников и алевролитов, пластичные, водонасыщенные	9,6	25,6
3	mQ _{IV}	валуны и галечники с крупно- и грубозернистым песком, водоносные	25,6	30,3
4	T ₃ —J ₁	песчаники и аргиллиты переслаивающиеся, трещиноватые, смятые в складки, выветрелые до состояния мелкой щебенки	30,3	47,0
Скв. 16. Отм. устья — 15,0 м				
1	dpQ _{IV}	суглинки и глины буровато-черные, влажные, перетертые, вязкие, с щебенкой алевролитов	0,0	10,0
2	dpQ _{IV}	глыбы и щебень известняков и песчаников с суглинистым заполнителем, водонасыщенные	10,0	21,5
3	dpQ _{IV}	суглинки и глины серые и бурые, с щебнем и обломками известняков, реже песчаников, влажные	21,5	42,6
4	T ₃ —J ₁	аргиллиты, алевролиты и песчаники переслаивающиеся, дислоцированные; трещиноватые, выветрелые	42,6	59,9

Таблица 2.13

Результаты вертикального электрического зондирования

№ точки ВЭЗ	Отметка поверхности земли, м	Мощность отложений, м	Геологический индекс	Геологическое описание
				Створ I—I
5	460,0	5,6	dpQ _{IV}	современные оползневые накопления; в овраге вблизи скв. 10 контакт пород таврической серии и среднеюрских отложений на высотах 369—374 м; последние представлены песчаниками серыми, среднезернистыми, с частыми прослоями аргиллитов и редкими прослоями туфопесчаников и темных порфиритов; аз. пад. 5—6°; \angle 35—40°
6	524,8	15—17	dsQ _{IV}	действующая осыпь из глыб и щебенки известняков и известняковых брекчий
7	675,2	150—160	dpQ _{III}	в уступах оползневых ступеней вскрыты глыбы и пакеты: а) известняков, смещенных, раздробленных, с бурым суглинистым и щебнистым заполнителем; б) песчаников серых, среднезернистых с прослоями аргиллитов, туфопесчаников и реже порфиритов
8	649,9	55—60	d—pQ _{II}	расчисткой вскрыты щебнистые супеси красно-бурые, карбонатные, слабо-влажные; слоистость создают прослой обломков выветрелых известняков и песчаников
			J ₃	в обрыве Яйлы обнажаются известняки светло-серые, скрытокристаллические, слоистые, с прослоями мергелей, крепкие, с трещинами бортового отпора; залегание пород: аз. пад. 5°, \angle 15—20°; контакт средне- и верхнеюрских отложений на отм. 700—720 м, погребенный под осыпью
				Створ II—II
1	529,1	105—107	dpQ _I	в близрасположенном овраге обнажаются: а) глыбы и блоки известняковых брекчий; пачки пород смещены, сильно раздроблены, с буровато-серым карбонатным суглинком; б) песчаники серые, среднезернистые, тонкогоризонтальнослоистые, редко массивные, с прослоями аргиллитов, туфопесчаников и порфиритов; аз. пад. 30—35°, видимая мощность 10,3 м

№ точки ВЭЗ	Отметка поверхности земли, м	Мощность отложений, м	Геологический индекс	Геологическое описание
49	2	25—27	dQ _I	в промоинах и оврагах обнажаются суглинки красно-бурые, с выветрелой щебенкой известняков, реже песчаников
	3	170—180	dpQ _{II}	в обнаженных откосах оползневых ступеней вскрыты:
			J ₂	а) глыбы слоистых известняков и песчаников, смещенные, раздробленные; в трещинах — бурый суглинисто-щебнистый заполнитель;
				б) туфопесчаники, переслаивающиеся с песчаниками и редкими прослоями аргиллитов; аз. пад. 1—3°; <30—20°
	4	120—130	pQ _{II}	в оврагах вскрыты отложения древнего конуса выноса; суглинки красно-серые, карбонатные, переполненные мелкой щебенкой и отдельными глыбами известняков; породы почти сухие, плотные; видимая мощность 10—15 м
			J ₃	в обнажениях в обрыве Яйлы встречены известняки рифовые, светло-серые, слоистые, с трещинами бортового отпора; аз. пад. 5—10°, <15—20°
				на поверхности плато многочисленные карстовые воронки; контакт между средне- и верхнеюрскими отложениями погребенный, на отм. 820—840 м
				Створ III—III
	10	75	dpQ _{II}	среднечетвертичные оползневые накопления — глыбы и пакеты известняков с заполнителем

Примечание. Контакт пород таврической серии со среднеюрскими отложениями расположен на отм. 458,0 м.

Таблица 2.14

Результаты лабораторных испытаний оползневых и делювиальных образований

№ монолита	Место отбора образца	Глубина отбора, м	Порода и ее геологический индекс	Естественная влажность, %	Объемная масса Δ , т/м ³	Предел пластичности		Содержание глинистых частиц <0,002, %	Удельный вес γ , т/м ³	Сопротивление сдвигу*		
						верхний W_f	нижний W_p			вертикальная нагрузка σ , МПа	сдвигающее усилие τ , МПа	влажность при сдвиге W , %
1	скв. 6	2,0	суглинок с щебнем, дрQIV	12	2,05	18	10	4,4	—	0,1 0,2 0,3	0,097 0,151 0,216	11 9 8
2	скв. 2	1,8	суглинок с щебнем, дрQIV	11	2,10	—	—	12,8	2,80	0,1 0,2 0,3	0,064 0,101 0,143	13 14 12
3	скв. 1	18,5	суглинок (заполнитель), дрQII	15	2,01	29	16	20,9	2,75	0,1 0,2 0,3	0,055 0,084 0,104	14 14 13
4	скв. 7	10,5	суглинок с щебнем, дрQIII	15	1,96	—	—	15,8	2,78	0,1 0,2 0,3	0,097 0,145 0,198	13 13 13
5	скв. 12	3,0	суглинок, дрQII	11	1,96	35	20	15,9	2,80	0,1 0,2 0,3	0,132 0,186 0,271	9 10 9
6	скв. 13	26,5	глина, дрQII	13	2,00	36	19	31,8	2,74	0,1 0,3 0,5	0,109 0,151 0,224	15 15 14
7	вблизи ВЭЗ-2	0,6	суглинок красно-бурые, дрQI	—	—	41	25	29,6	—	0,1 0,2 0,3	0,061 0,095 0,150	18 18 16

* Образцы испытаны на одноплоскостном приборе большого диаметра без предварительного уплотнения и увлажнения по схеме быстрого сдвига.

Сведения о подземных водах

Глубина от устья скважины, м	№ скважины							
	6	7	8	9	10	1	3	11
Появления воды	28,6	21,0	16,2	2,5	5,1	7,5	17,4	22,3
Установившегося уровня	28,6	21,0	16,2	2,5	5,1	7,0	17,4	22,3

Глубина от устья скважины, м	№ скважины							
	12	13	14	15	16			
Появления воды	24,0	89,5	17,9	31,0	6,3	29,7	3,4	26,5
Установившегося уровня	17,9	28,3	17,1	20,9	6,3	19,5	3,4	15,6

ЗАДАЧА 2.5

СОСТАВЛЕНИЕ ЗАКЛЮЧЕНИЯ ОБ УСТОЙЧИВОСТИ ПРАВОГО
ОПОЛЗНЕВОГО БЕРЕГА р. АНГАРЫ

В долине р. Ангары предполагается строительство плотины и водохранилища с подпором 50 м и сработкой уровня 20 м. На правобережном склоне долины, сложенной моноклинально залегающими терригенно-карбонатными породами кембрия и ордовика, широко развиты оползни блокового типа. Оползни формируются в результате отчленения субвертикальными тектонически-

Рис. 2.5. Геологическая схема правого берега р. Ангары:

1 — аргиллиты и алевролиты среднего кембрия; 2 — песчаники, алевролиты, известняки, доломиты верхнего кембрия; 3 — песчаники, алевролиты, известняки, с прослоями глин нижнего ордовика; 4 — тектонический разлом; 5 — скважины и их номера; 6 — контур водохранилища; 7 — рвы отседания

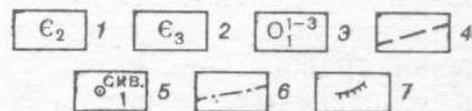
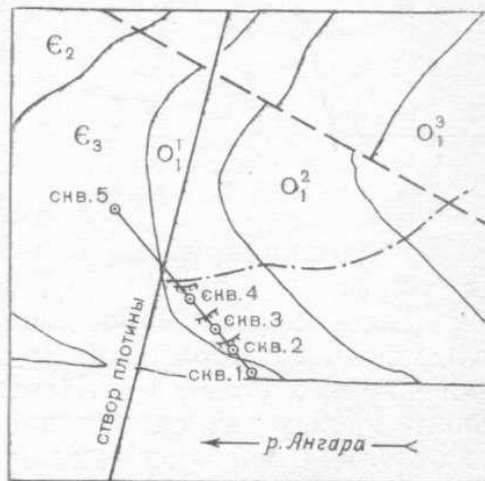


Таблица 2.16

Топографические и геоморфологические данные для построения инженерно-геологического разреза

№ точки, скважины	Расстояние от начала разреза, м	Отметка поверхности земли, м	Описание склона по линии профиля
1	0,0	138,0	урез реки
Скв. 1	12,1	138,65	ровная поверхность поймы
	20,0	140,2	современный оползневой склон, бугристый с рвами отседания шириной до 3 м, средней крутизны 20°
3	28,3	145,8	
4	43,5	164,0	
5	66,1	176,1	
6	73,8	177,3	
Скв. 2	82,8	181,5	
	97,6	183,8	ров отседания* шириной 2,5 м, заложенный по тектонической трещине с аз. пад. ЮВ 135°, < 60°
8	112,0	139,2	
Скв. 3	120,0	189,7	
	132,5	185,2	ров отседания шириной 2,2 м, заложенный по тектонической трещине с аз. пад. ЮВ 150°, < 70°
10	154,0	190,4	
11	159,0	188,0	ров отседания шириной 2,3 м, заложенный по тектонической трещине с аз. пад. ЮВ 130°, < 75°
12	184,0	202,1	
Скв. 4	190,0	202,7	
	207,8	205,5	ров отседания шириной 0,3 м
14	230,8	210,2	
15	252,0	209,7	ров отседания шириной 0,2 м, заложенный по тектонической трещине с аз. пад. ЮВ 140°, < 68°
16	256,7	212,1	делювиальный нижнечетвертичный склон крутизной 1—2°
Скв. 5	384,0	216,0	

* Рвы отседания заполнены щебнисто-глинистым материалом.

ми трещинами крупных блоков пород, которые могут смещаться по глинистым прослоям, падающим в сторону речной долины. Медленное смещение оползней вызывает расширение тектонических трещин с образованием на поверхности склона рвов отседания шириной более 3 м. Неизвестно, по каким глинистым прослоям происходит скольжение оползневых тел, и поэтому одним из основных вопросов инженерно-геологического исследования является определение положения поверхности смещения.

Строительство водохранилища приведет к обводнению отложений правого берега, что создает более благоприятные условия для оползневых процессов. В целях оценки устойчивости право-

Таблица 2.17

[Описание разрезов скважин

№ слоя	Геологический индекс	Описание пород	Глубина залегания слоя, м	
			от	до
Скв. 1. Отм. устья—138,65 м				
1	aQ _{IV}	пески кварцевые, среднезернистые, косослоистые с гравием и галькой, влажные водоносные с глубины 0,3 м	0,0	1,8
2	Є ₃	доломиты желто-серые, мелкозернистые, крепкие, массивные, трещиноватые, с прослоями мергелей, водоносные	1,8	5,0
3	Є ₃	аргиллиты и алевролиты, измененные до состояния щебня, дресвы и глинистой массы (возможная зона скольжения)	5,0	8,2
53	Є ₃	песчаники желтовато-серые, кварц-полевошпатовые, среднезернистые, известковистые, трещиноватые, водоносные	8,2	12,4
5	Є ₃	мергели светло-серые с прослоями аргиллитов	12,4	21,0
6	Є ₃	переслаивание песчаников, алевролитов и аргиллитов сильнотрещиноватых, с тектоническими трещинами шириной до 1—2 см, водоносные	21,0	29,7
7	Є ₃	песчаники светло-серые, среднезернистые, кварц-полевошпатовые, известковистые, водоносные	29,7	35,5
8	Є ₂	аргиллиты и алевролиты красновато-бурые, известковистые, переслаивающиеся, крепкие, трещиноватые с прослоями доломитов и песчаников, водоносные	35,5	40,1
Скв. 2. Отм. устья—181,5 м				
1	ed Q _{IV}	щебень и дресва песчаников и известняков с супесчано-суглинистым заполнителем, слабовлажные	0	4,2
2	dpQ _{IV} /O ₁	неравномерно переслаивающиеся аргиллиты, алевролиты, песчаники и известняки зеленовато-серые, трещиноватые, слабовлажные	4,2	12,0
3	dpQ _{IV} /O ₁	глины зеленовато-серые, пластичные, монтмориллонитовые, влажные (зона скольжения)	12,0	13,9

Продолжение табл. 2.17

№ слоя	Геологический индекс	Описание пород	Глубина залегания слоя, м		
			от	до	
4	O ₁	известняки светло-серые, с прослоями мергелей, трещиноватые	13,9	15,3	
5	O ₁	переслаивание известковистых песчаников и алевролитов, трещиноватых	15,3	22,0	
6	Є ₃	известняки буровато-серые, песчаные, массивные, крепкие, с прослоями доломитов	22,0	24,2	
7	Є ₃	аргиллиты и алевролиты перемятые до состояния дресвы и глинистой массы, сильно-влажные (возможная зона скольжения)	24,2	25,8	
8	Є ₃	песчаники желтовато-серые и алевролиты красновато-коричневые трещиноватые, с подчиненными прослоями известняков и доломитов	25,8	29,5	
9	Є ₃	доломиты серые, мелкозернистые, крепкие, слаботрещиноватые	29,5	39,3	
10	Є ₃	переслаивание песчаников, алевролитов и аргиллитов, трещиноватых на глубине от 47,2 до 48 м, дресва с глиной—заполнитель наклонной тектонической трещины	39,3	50,0	
Скв. 3. Отм. устья—189,7 м					
КС	1	edQ _{IV}	щебень и дресва известняков с супесчано-суглинистым заполнителем, слабовлажные	0	5,7
	2	dpQ _{IV} /O ₁	переслаивание песчаников, известняков и алевролитов с прослоями зеленовато-серых глин, пластичных, влажных, мощностью до 0,5 м	5,7	13,7
	3	dpQ _{IV} /O ₁	глины зеленовато-серые, пластичные, монтмориллонитовые, влажные (зона скольжения)	13,7	15,0
	4	O ₁	переслаивание песчаников, алевролитов, известняков, доломитов и мергелей, сильно-трещиноватых	15,0	23,1
	5	Є ₃	доломиты серые, мелкозернистые, крепкие, трещиноватые	23,1	25,2
	6	Є ₃	алевролиты и аргиллиты, перемятые до состояния дресвы и глинистой массы, сильно-новлажные (возможная зона скольжения)	25,2	27,0
	7	Є ₃	алевролиты красновато-коричневые с прослоями песчаников желтовато-серых	27,0	33,0
	8	Є ₃	известняки желтовато-серые, в нижней части с многочисленными прослоями песчаников, алевролитов, аргиллитов и мергелей, сильнотрещиноватые	33,0	55,2

№ слоя	Геологический индекс	Описание пород	Глубина залегания слоя, м	
			от	до
9	Є ₃	песчаники светло-серые, среднезернистые, кварц-полевошпатовые, известковистые, трещиноватые, водоносные	55,2	62,3
10	Є ₂	алевролиты красновато-бурые, известковистые, крепкие, трещиноватые, водоносные, на глубине 70,5 м сильно раздроблены—наклонная тектоническая трещина	62,3	76,0
Скв. 4. Отм. устья—202,7 м				
1	edQ _{IV}	щебень, дресва алевролитов и песчаников с супесчано-суглинистым заполнителем, влажные	0	3,6
2	dpQ _{IV} /O ₁	переслаивание алевролитов и аргиллитов с прослоями влажных глин	3,6	13,5
3	dpQ _{IV} /O ₁	глины зеленовато-серые, пластичные, монтмориллонитовые, влажные (зона скольжения)	13,5	15,0
4	O ₁	известняки серые, мелкозернистые, песчаники крепкие, сильнотрещиноватые	15,0	23,9
5	Є ₃	доломиты серые, мелкозернистые, крепкие, трещиноватые	23,9	28,0
6	Є ₃	алевролиты и аргиллиты, перемятые до состояния дресвы и глинистой массы, сильно-влажные (возможная зона скольжения)	28,0	29,4
7	Є ₃	песчаники желтовато-серые, с прослоями алевролитов и известняков, трещиноватые, слабовлажные	29,4	34,9
8	Є ₃	известняки и мергели с прослоями песчаников, алевролитов и аргиллитов, трещиноватые	34,9	53,4
9	Є ₃	песчаники светло-серые, среднезернистые, кварц-полевошпатовые, известковистые, кавернозные, влажные	53,4	59,5
10	Є ₂	тонкое переслаивание аргиллитов и алевролитов зеленовато-серых и буровато-коричневых, с прослоями песчаников, трещиноватых	59,5	70,0
Скв. 5. Отм. устья—216,0 м				
1	Є ₃	песчаники желтовато-серые, сильнотрещиноватые, влажные	0	3,0

Продолжение табл. 2.17

№ слоя	Геологический индекс	Описание пород	Глубина залегания слоя, м	
			от	до
2	Є ₃	переслаивание песчаников, алевролитов и аргиллитов красновато-коричневых и зеленовато-серых, трещиноватых, с прослоями известняков и доломитов	3,0	21,8
3	Є ₃	песчаники светло-серые, среднезернистые, кварц-полевошпатовые, известковистые, кавернозные, трещиноватые	21,8	29,5
4	Є ₂	тонкое переслаивание аргиллитов и алевролитов с прослоями песчаников; породы трещиноватые	29,5	68,0
5	Є ₂	алевролиты зеленовато-серые, тонкослоистые, крепкие, трещиноватые, водоносные с глубины 73,0 м	68,0	80,0

56

Таблица 2.18

Сведения о подземных водах

Абс. отм. уровня воды в реке	Глубина установившегося уровня подземных вод в скважинах, м				
	1	2	3	4	5
138,34 (20.07.71 г.)	0,3	43,1	51,3	64,36	77,59
143,14 (6.05.72 г.)	—	38,5	46,6	59,62	73,0

Таблица 2.19

Результаты лабораторных определений свойств пород

№ сква- жины	Глубина отбора образца, м	Порода и ее геологический индекс	Объемная масса Δ , т/м ³	Естествен- ная влаж- ность W, %	Порис- тость n, %	Сопротивление сдвигу*		Сопротив- ление од- ноосному сжатию R_c , МПа
						угол внут- реннего трения ϕ , град	сцепление C, МПа	
1	5,5	аргиллиты буровато-коричневые, E_3	2,5	8	8,5	33/29	0,2/0,025	35/15
	7,0	алевролиты красновато-коричневые, E_3	2,53	7	7	—	—	50/22
	10,0	песчаники желтовато-серые, E_3	2,62	8	6	—	—	110/75
2	8,0	аргиллиты зеленовато-серые, dpQ_{IV}/O_1	2,52	3	7,8	—	—	40/15
	12,5	глины зеленовато-серые, dpQ_{IV}/O_1	—	—	—	24/8	0,07/0,02	—
	25,5	глинистый материал, E_3	—	—	—	26/11	0,05/0,02	40/15
3	24,0	доломиты E_3	2,68	1	2,5	—	—	100/80
	26,5	глинистый материал, E_3	—	—	—	27/14	0,05—0,02	—
4	56,2	песчаники светло-серые, E_3	2,3	6	14	—	—	80/46
	63,0	алевролиты зеленовато-серые, E_2	2,45	5	11	—	—	55/20

* В числителе—в воздушно-сухом, в знаменателе—в водонасыщенном состоянии.

бережного склона в естественном состоянии и после создания водохранилища в долине р. Ангары проведены инженерно-геологические изыскания, включающие инженерно-геологическую съемку (рис. 2.5), буровые работы, гидрогеологические наблюдения и изучение физико-механических свойств горных пород, результаты которых приводятся в табл. 2.16—2.19.

Т р е б у е т с я:

- 1) составить инженерно-геологический разрез правого склона долины р. Ангары в масштабе 1 : 500;
- 2) охарактеризовать современное состояние оползневого склона, выявить основные факторы возникновения оползней;
- 3) установить положение поверхностей скольжения и отчленения оползней блоков путем анализа геологического строения склона и с помощью расчетов;
- 4) оценить устойчивость склона в естественном состоянии и в случае обводнения пород при возникновении водохранилища;
- 5) дать рекомендации по дальнейшему инженерно-геологическому изучению склона и проведению мероприятий по улучшению его устойчивости.

ЗАДАЧА 2.6

СОСТАВЛЕНИЕ ЗАКЛЮЧЕНИЯ ОБ УСТОЙЧИВОСТИ ОПОЛЗНЕВОГО СКЛОНА ДОЛИНЫ р. ДНЕСТРА

Оползневой склон левого берега р. Днестра высотой 150—160 м расположен в 20 км выше строящейся плотины, сформирован в алевролитах и песчаниках верхнего докембрия, в вышелегающих меловых мергелях, кремнях, трепелах, алевролитах с линзами кварц-глауконитовых песков и в неогеновых песках, оолитово-ракушечных известняках и плотных глинах.

С раннего плейстоцена река перемещалась в сторону левого берега, подмывая его; в позднечетвертичное время произошел оползень объемом 12—13 млн м³, фронтальная часть которого впоследствии была размыва рекой и переработана молодыми подвижками. В дальнейшем в нише отрыва интенсивно протекали процессы осыпания и смыва.

После наполнения Днестровского водохранилища произойдет обводнение оползневых и осыпных песчано-карбонатных накоплений, что, вероятно, вызовет образование оползней и осовов; подземные воды приобретут напор и будут оказывать взвешивающее давление на подошву оползня, устойчивость которого в результате этих изменений может нарушиться.

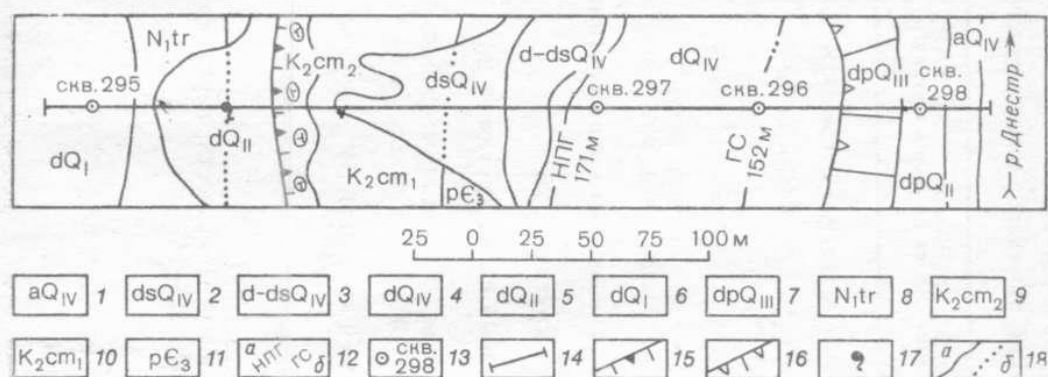


Рис. 2.6. Геологическая схема участка.

Современные отложения: 1 — аллювиальные пески и галечники; 2 — щебнистые осыпи; 3 — делювиально-осыпные щебнисто-суглинистые накопления; 4 — делювиальные суглинки; 5 — среднечетвертичные делювиальные суглинки; 6 — нижнечетвертичные делювиальные суглинки; 7 — верхнечетвертичные оползневые накопления, представленные: а) блоками и пакетами меловых пород, б) блоками и пакетами пород протерозоя; 8 — тортонские известняки и пески, сеноманские; 9 — трепелы; 10 — алевриты с линзами песков; 11 — верхнедокембрийские аргиллиты, алевролиты, песчаники с прослоями глин; 12 — уровень: а) подпорный, отм. 171 м, б) сработки, отм. 152 м; 13 — скважина и ее номер; 14 — линия разреза; 15 — верхнечетвертичный оползневой цирк; 16 — бровка оползневой ступени; 17 — источник; 18 — геологические границы: а — прослеженные, б — погребенные

Для прогноза переработки берега и оценки его общей устойчивости после создания водохранилища были выполнены инженерно-геологические исследования и получены следующие данные: а) геологическая схема территории вблизи выбранного расчетного разреза склона (рис. 2.6); б) топографический профиль склона по расчетной линии (табл. 2.20); в) описание разрезов скважин (табл. 2.21); г) показатели физико-механических свойств пород (табл. 2.22, 2.23) и уровней подземных вод (табл. 2.24).

Таблица 2.20

Топографические и геоморфологические данные для построения инженерно-геологического разреза

№ точки	Расстояние от начала разреза, м	Отметка поверхности земли, м	Описание склона по линии профиля
1	0,0	123,0	меженный уровень реки
2	25	128,3	скв. 298; бечевник крутизной 4—13°
3	39	129,0	подножие оползневого уступа
4	61,2	150,0	бровка оползневого уступа
5	96	152,1	скв. 296; поверхность современного оползневого тела крутизной 10°
6	155	157,5	делювиальный современный склон крутизной 26°
7	164,5	160,9	скв. 297; делювиальный современный склон крутизной 28°
8	203	177,5	поверхность делювиально-осыпных накоплений крутизной 26—27°; из-под осыпных отложений происходит высачивание вод
9	224,5	192,0	голоценовый осыпной склон средней крутизной 34°, расчленен отдельными мелкими промоинами,
10	299,5	248,5	отмечен источник воды
11	356,5	275,6	позднеплейстоценовая аккумулятивная поверхность, переработанная в плейстоцене в раннечетвертичный склон крутизной 12—14°
12	375	281,5	скв. 295
13	396	287,0	

Таблица 2.21

Описание разрезов скважин

№ слоя	Геологический индекс	Описание пород	Глубина залегания слоя, м	
			от	до
Скв. 298. Отм. устья — 128,3 м				
1	dpQ _{III} /PЄ ₃	блоки и пакеты аргиллитов и алевролитов с гнездами перемятых глин, влажные, с глубины 2,0 м водонасыщенные	0,0	12,7
2	PЄ ₃ ²	аргиллиты серо-зеленые, слоистые, с прослоями глин серых, гидрослюдистых, мощностью до 20 см	12,7	13,4
3	PЄ ₃ ¹	песчаники темно-серые, среднезернистые, толстослоистые, трещиноватые, водоносные	13,4	15,7
Скв. 296. Отм. устья — 152,1 м				
1	dQ _{IV}	суглинки желто-коричневые, карбонатные, с щебенкой мергелей и кремней	0,0	4,6
2	dpQ _{III} /K ₂	раздробленные блоки и пакеты мергелей, кремней, трепелов с гнездами мучнистого карбонатного материала, влажные, с глубины 14,5 м водонасыщенные	4,6	18,0
3	dpQ _{III} /PЄ ₃	блоки и пакеты песчаников, алевролитов, аргиллитов с гнездами перемятых глин, водонасыщенные с глубины 25,5 м	18,0	35,6
4	PЄ ₃ ²	аргиллиты серо-зеленые, слоистые, с прослоями глин серых, гидрослюдистых	35,6	38,2
5	PЄ ₃ ¹	песчаники серые, среднезернистые, толстослоистые, трещиноватые, водоносные	38,2	41,6
Скв. 297. Отм. устья — 160,0 м				
1	dQ _{IV}	суглинки желто-коричневые, карбонатные, с щебенкой мергелей и кремней, влажные	0,0	4,3
2	d—dsQ _{IV}	щебень и дресва аргиллитов, алевролитов, песчаников с суглинками и супесями	4,3	10,1

Продолжение табл. 2.21

№ слоя	Геологический индекс	Описание пород	Глубина залегания слоя, м	
			от	до
3	PE_3^3	алевролиты серо-зеленые, слоистые, переслаивающиеся с песчаниками, крепкими, водоносными, трещиноватыми	10,1	18,4
4	PE_3^2	аргиллиты серо-зеленые, фиолетовые, слоистые, с прослоями глин серых, гидрослюдистых (всего 124 прослоя мощностью 0,5—6,0 см)	18,4	44,5
Скв. 295. Отм. устья — 281,5 м				
1	dQ_1	суглинки коричнево-серые с дресвой аргиллитов, влажные	0,0	1,5
2	N_1s	глины серо-зеленые, слоистые, плотные, маловлажные	1,5	6,5
3	N_1tr	известняки серые, оолитово-ракушечные, массивные; в нижней части разреза пески мелкие, глинистые, светло-серые, карбонатные, водоносные мощностью 1 м	6,5	33,0
4	K_2c_2	трепелы со стяжениями кремня от мелкожелваковых до валуноподобных	33,0	50,0
5	K_2c_1	алевриты серо-зеленые с линзами песков, среднезернистых, кварц-глауконитовых, рыхлосцементированных, с глубины 68 м водоносные	50	90
6	PE_3^5	алевролиты серо-зеленые, слюдистые, с тонкими прослоями песчаников	90	102,5
7	PE_3^4	аргиллиты темно-серые, слоистые, с конкрециями фосфоритов	102,5	111,5
8	PE_3^3	алевролиты серо-зеленые, переслаивающиеся с песчаниками трещиноватыми, водоносными	111,5	117,5

Таблица 2.22

Зависимость показателей сопротивления сдвигу пород от влажности

Алевриты серо-зеленые, слоистые, выветрелые, коэф. степени выветрелости $B_c = 0,3$	$W_{ест}$	10	12	15	16	18	
	Φ	10	6	5	4	4	
	C	0,09	0,05	0,45	0,04	0,035	
Аргиллиты темно-серые, слоистые, выветрелые, коэф. степени выветрелости $B_c = 0,3$	$W_{ест}$	10	12	15	18		
	Φ	20	14	13	7		
	C	0,18	0,1	0,06	0,025		
Глины серые, слоистые, плотные	$W_{ест}$	8	10	15	20	25	30
	Φ	22	18	14	10	7	4
	C	0,18	0,15	0,09	0,07	0,04	0,02
Глинистый заполнитель тектонических трещин	$W_{ест}$	18	22	25	30		
	Φ	26	19	18	16		
	C	0,22	0,16	0,14	1,13		

Примечание. $W_{ест}$ — естественная влажность, %; Φ — угол внутреннего трения, град; C — сцепление, МПа.

Таблица 2.23

Результаты лабораторных определений физико-механических свойств оползневых накоплений

Место и глубина отбора, м	Объемная масса Δ , т/м ³	Влажность W , %	Пористость n , %	Сопротивление сдвигу			
				ненарушенного образца C , МПа	Φ , град	повторное по фикс. поверхности C , МПа	Φ , град
Скв. 296							
12	1,8	4—10	45—55	0,04	22	—	—
26	2,05	21	37	0,022	23	0,01	18
30	2,05	24	40	0,03	28	0,015	24

Таблица 2.24

Сведения о подземных водах

Глубина, м	№ скважины, водоносные горизонты							
	298		296		297	295		
	I	II	I	II	I	I	II	III
Появления воды	2,2	13,4	14,8	38,8	16,8	33,1	68,4	117,5
Установившегося уровня	2,0	13,3	14,5	25,5	16,6	33,0	68,0	117,3

Т р е б у е т с я:

- 1) составить инженерно-геологический разрез склона в масштабе 1 : 500, на который нанести показатели свойств пород;
- 2) составить инженерно-геологическое заключение об устойчивости оползневого склона после создания водохранилища на основе расчета с учетом взвешивающего давления подземных вод;
- 3) оценить переработку берега водохранилища.

Приложение 2

УСЛОВНЫЕ ЗНАКИ К СПЕЦИАЛЬНЫМ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИМ КАРТАМ И РАЗРЕЗАМ

Содержание специальных средне- и крупномасштабных (1 : 100 000—1 : 1000) инженерно-геологических карт, как правило, различно. Знаки, которыми отображаются важнейшие элементы инженерно-геологических условий, многочисленны. При составлении инженерно-геологической карты и разработке легенды к ней

С х е м а

расчленения новейших континентальных отложений и их геологические индексы
(применительно к задачам средне- и крупномасштабного инженерно-геологического
картирования; по Е. В. Шанцеру, с дополнениями Г. С. Золотарева, 1970, 1980)

Парагенетические ряды	Генетические типы	Цвет фоновой закраски	Возраст				
			современные (голоценовые)				
I Элювиальные	почвы	светло-серый	pd QIV				
	элювиальные с подразделением на горизонты по степени разрушения	<table style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr><td style="border: none;">A</td></tr> <tr><td style="border: none;">B</td></tr> <tr><td style="border: none;">B</td></tr> <tr><td style="border: none;">Г</td></tr> </table> сиреневый	A	B	B	Г	ea QIV eb QIV ev QIV eg QIV
A							
B							
B							
Г							
II Водный (аквальный)	<table style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr><td style="border: none;">равнинных рек</td></tr> <tr><td style="border: none;">аллювий</td></tr> <tr><td style="border: none;">горных рек</td></tr> <tr><td style="border: none;">овражно-балочный</td></tr> </table>	равнинных рек	аллювий	горных рек	овражно-балочный	зеленый	a QIV
	равнинных рек						
	аллювий						
горных рек							
овражно-балочный							
пролювиальные	оранжевый	p QIV					
озерные	сине-зеленый	l QIV					
III Ледниковый (гляциальный)	моренные	серо-синий	g QIV				
	флювиогляциальные	бурый	f QIV				
	перигляциальные	грязно-зеленый	—				
	озерно-ледниковые	оливковый	lg QIV				
IV Склоновый (коллювиальный)	делювиальные	светло-коричневый	d QIV				
	обвальные (дерупций)	малиновый	dr QIV				
	осыпные (десперсий)	серый	ds QIV				
	оползневые (деляпсий)	розовый	dp QIV				
	солифлюкционные (дефлюксии и солифлюксии)	светло-лиловый	df QIV				
	десерпционные	коричневый	dc QIV				

Продолжение

Парагенетические ряды	Генетические типы	Цвет фоновой заправки	Возраст
			современные (голоценовые)
V Подземно-водный	остаточные	серо-голубой	h QIV
	обвальные		
	водно-механические		
	хемогенные		
	гидрогенные (отложения источников)		
VI Ветровой (эоловый)	эоловые лёссы (суперфляционные)	желтый	v QIV
	эоловые пески (перфляционные)		
VII Вулканогенно-осадочный	склоновые вулканогенно-осадочные образования	фиолетовый	к QIV
	различные образования вулканических выбросов		
VIII Криогенный	различных типов; рассматриваются в курсе мерзлотоведения	лиловый	t _B QIV
	таберальные — образования мурд протаивания гидролакколлитов		
IX Техногенный	отвальные (насыпные)	голубовато-серый	t _H QIV
	мурд подземного сдвижения		t _M QIV
	иригационные		t _H QIV
	смешанные		t _C QIV



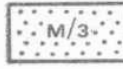
необходимо стремиться к максимальному (без ущерба содержанию) сокращению числа знаков и единым обозначениям для инженерно-геологических разрезов и карт, особенно детальных. Рекомендуемые ниже условные обозначения не охватывают всего разнообразия инженерно-геологических обстановок и исследований. Они даны применительно к задачам, помещенным в настоящем пособии, возможному содержанию карт курсовых и дипломных работ студентов, а также могут быть использованы в инженерно-геологическом картировании с производственными целями.

На каждой инженерно-геологической карте цветом, штриховкой и индексами показываются породы, их возраст, генезис и состав, в зависимости от масштаба карты, в виде комплексов, типов или петрографических разновидностей. Генетическое расчленение морских осадочных и магматических пород разработано достаточно хорошо; сложнее отображать на картах и разрезах генезис четвертичных и плиоценовых континентальных отложений. В прил. I приведены рекомендуемое разделение и индексы генетических типов новейших континентальных отложений.

Важными компонентами инженерно-геологических карт и разрезов являются оценка современных и прогноз инженерно-геологических условий в связи с осуществляемым строительством или при использовании территории. Знаки, отображающие оценку и прогноз, должны быть наиболее наглядными на картах и разрезах, а также должны даваться в виде текстовой характеристики в графах под ними.

I. ЛИТОЛОГИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПОРОД

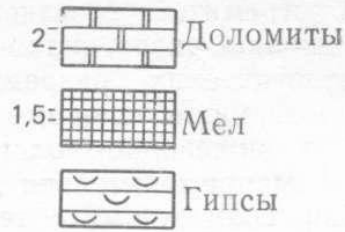
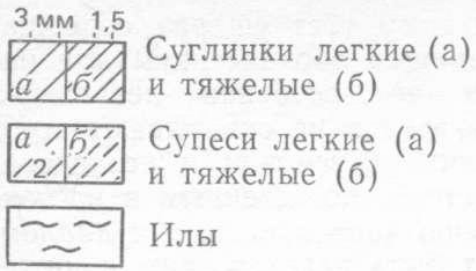
A. Осадочные породы

	а Почва (а) и насыпной слой (б)
	Торф и болотно-торфянистые отложения
	Пески

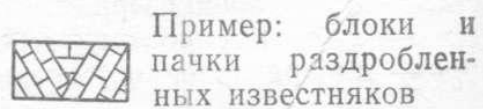
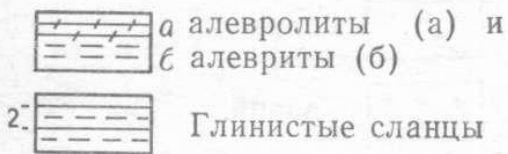
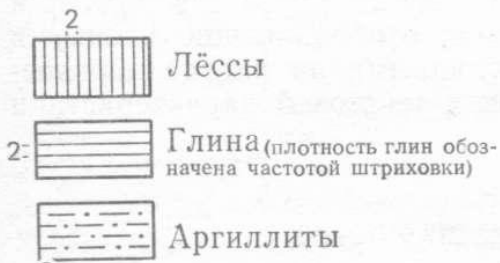
	Галька
	Гравий
	Щебенка

Примечание. Зернистость песков дополняется индексом:
 т/з — для тонкозернистых;
 м/з — для мелкозернистых;
 с/з — для среднезернистых;
 к/з — для крупнозернистых;
 р/з — для разнозернистых

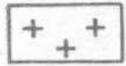
	Глыбы
	Валуны
	Дресва



Примечание. 1. Плотность суглинков и глин обозначается частотой штриховки. 2. Раздробленность пород смещенных оползневых массивов показывается штриховкой в различных направлениях.



Б. Магматические породы



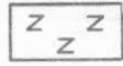
Граниты



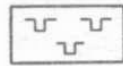
Сиениты



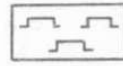
Диориты



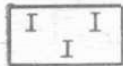
Трахиты



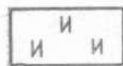
Порфириты, андезиты



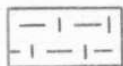
Диабазы, базальты



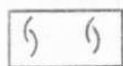
Габбро, перидотиты



Кератофиры, лапириты

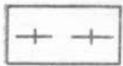


Туфы



Лавы стекловатые, пемза

В. Метаморфические породы



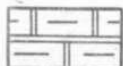
Гнейсы



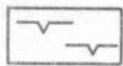
Метаморфические сланцы, филлиты



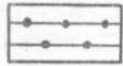
Серпентиниты



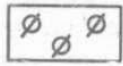
Мрамор



Роговики, яшмы



Кварциты



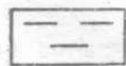
Фосфориты

Г. Наиболее характерные литологические особенности (преимущественно для разрезов)

(изображаются редким знаком на фоне условных обозначений основных литологических типов пород)



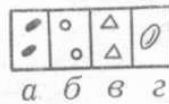
Гумус



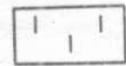
Глинистость



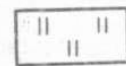
Песчанистость



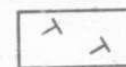
Примеси: гравия (а), гальки (б), щебня (в), валунов (г)



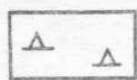
Известковистость



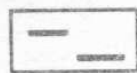
Доломитизация



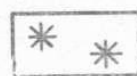
Кремнистость



Битуминозность



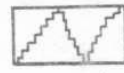
Углистость



Многолетняя мерзлота



Трещиноватость



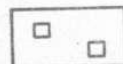
Зоны милонитизации



Граниты, выветрелые до состояния дресвы



Засоленность



Пиритизация



Закарстованность



Конкреции разные

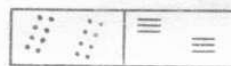


Ископаемые фауны:
а) беспозвоночная,
б) позвоночная



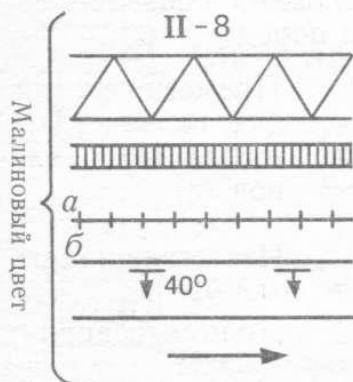
Жильные породы

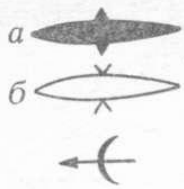
Примечание. 1. Штриховка литологических знаков дается сплошной на малых контурах и «гнездами» по полю больших. Пример:



2. На инженерно-геологических картах и разрезах, как правило, литологический состав показывается одинаковыми знаками. В необходимых случаях на разрезах состав пород дается более детально.

II. СТРУКТУРЫ



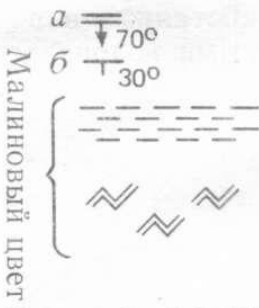


Оси складок:

а) антиклинальные

б) синклиналильные

Направление погружений складок



Направление и углы падений:

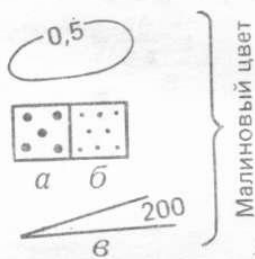
а) тектонических трещин

б) пластов пород

Зоны сильной тектонической трещиноватости

Интенсивная мелкая складчатость

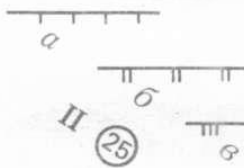
Характер и интенсивность неотектонических движений:



Относительная величина поднятий блоков за... период, м

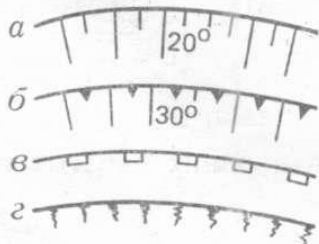
Неравномерные поднятия (перекосы) в пределах одного структурного блока: а) поднятая часть, б) менее поднятая часть, в) направление перекоса и разница в положении поверхностей, м

III. ОСНОВНЫЕ ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ



Границы (или бровки) надпойменных речных или морских террас: первой (а), второй (б), третьей (в) и т. д.

Номер и высота надпойменной речной или морской террасы над урезом реки или моря, м



Границы (или бровки) склонов:

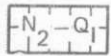
а) смыва (эрозионных)

б) оползневых

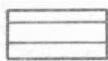
в) обвально-осыпных

г) солифлюкционных и десерпционных

Примечание. Типы склонов различаются по индексам отложений и при возможности закраской. Крутизна склонов (град) показывается цифрами.



Древние (плиоценовые и др.) поверхности выравнивания сложного генезиса, частично переработанные в последующем, с возвышенностями и местными водоразделами. Возраст указывается индексами



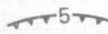
Эрозионные поверхности



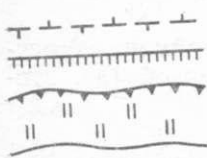
Конусы выноса:
а) древние



б) формирующиеся



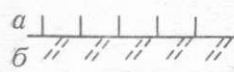
Бровка абразионного уступа и ее высота, м



Водораздельные линии на междуречьях, межовражных гребнях и др.

Перегибы на склонах и бровки откосов (основные)

Бечевник реки



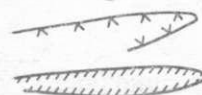
Отмели:

а) абразионно-аккумулятивные
б) аккумулятивные

80

Крутизна отмели, град

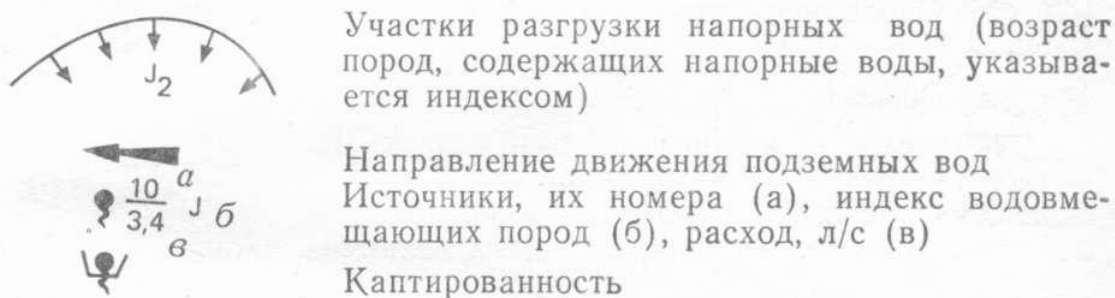
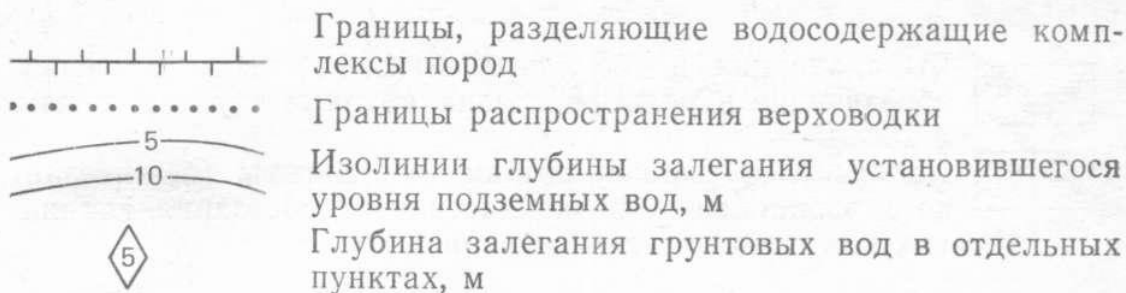
Ширина надводной части пляжа, м



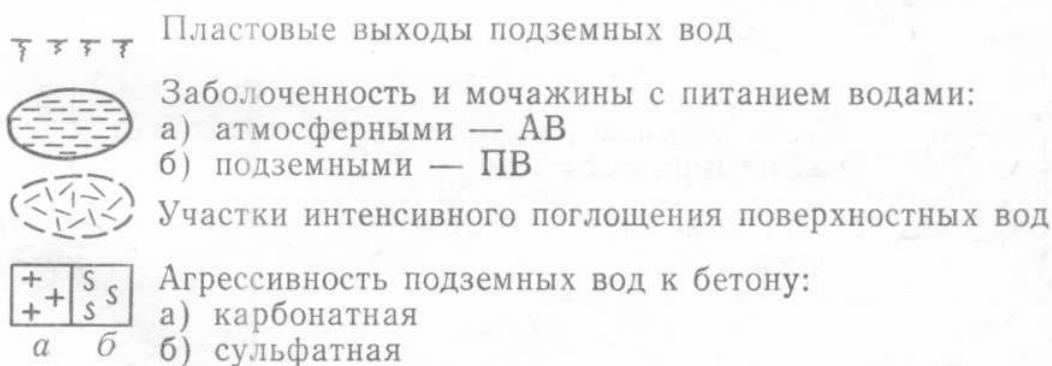
Границы бортов старых и древних оврагов и балок

Каньоны

IV. ВОДОПРОЯВЛЕНИЯ И ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ
(ПОКАЗЫВАЮТСЯ СИНИМ ЦВЕТОМ)



Примечание. 1. Для временно действующих источников знак внутри не закрашивается.

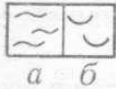


Примечание. Сезонная обводненность пород и территории обозначается индексом «с. о.».

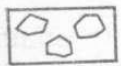
Типы оползней



Выдавливания и соскальзывания, блокового строения, образующие в рельефе склона крупные ступени, гряды и холмы



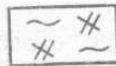
Делящиеся оползни-потоки (а), сплывы (б), внезапного разжижения, вязкопластичного состояния глинистых или щебнисто-глыбово-глинистых масс



Оползни-обвалы



Осо́вы



Оползни сложных типов

Красный цвет

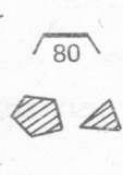


Границы действующих оползней и год подвижки

Трещины оползневые (разрыва, выдавливания и др.), свежие

Обвалы

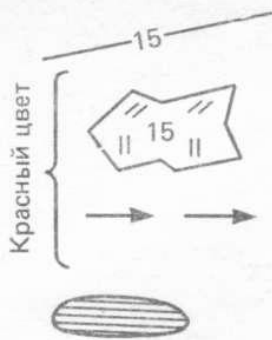
Красный цвет



Места отрывов (впадина, ниша) обвалов и оползней на горном склоне

Обвальные массы — глыбы, щебень (таких-то) пород

Примечание. Объемы отдельных обвалов, оползней и массивов, подготовленных к смещению, обвальных ниш и накоплений указываются на карте цифрой в тыс. м³, например 80.



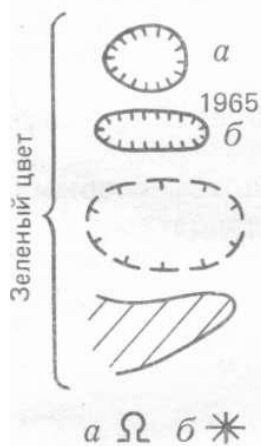
Трещины бортового отпора и их ширина (см) в прочных породах, обычно наложенные на тектонические и другие первичные трещины (зеленый цвет)

Блоки и массивы пород, выветрелые, разгруженные и подготовленные к смещению и обрушению. Объем указан в тыс. м³

Вероятные пути движения масс

Выровненные площадки оползневых ступеней

Карст



Карстовые воронки:

а) старые и древние

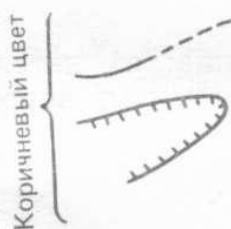
б) свежие (цифры — время их возникновения)

Территория с развитием активного карста, где возможны карстовые провалы

Древние карстово-эрозионные долины и овраги

Пещеры крупные (а) и каверны (б); интенсивность закарстованности отмечается количеством знаков на разрезе

Эрозия



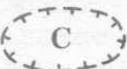


Промойны растущие

Овраги растущие


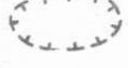


Участки интенсивного смыва на склоне





Суффозионные воронки (а) и канавы (б)

- Коричневый цвет
-  Очаги формирования селей
 -  Пути движения селей
 -  Затопы селевых масс



Просадка в лёссах


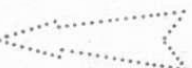

- Оранжевый цвет
-  Западины просадочные в лёссах
 -  Площади вероятного развития просадок в лёссах

Мерзотно-геологические явления

- Фиолетовый цвет
-  Участки развития мерзлотных явлений (в случае значительного распространения дается их классификация с показом на карте особыми знаками)
 -  Бугры пучения
 -  Котловины от протаивания льдов
 -  Наледи

Абразия

- Синий цвет
-  Подмыв берега: рекой
 -  волнами моря, водохранилища: а) интенсивный, б) слабый (объем размытых пород указывается цифрой)

- Оранжевый цвет
-  Участки накопления наносов
 -  Направления преобладающего вдольберегового перемещения наносов
 -  Абразионные площадки (а) и останцы размыва (б)

Основные факторы развития оползней и обвалов
(дается красным цветом)

А. Изменение состояния и снижение прочности пород при увлажнении:

АВ — дождевыми и **ПВ** — подземными **ТВ** — хозяйствен-
талыми водами водами ными водами, утеч-
ки, полив и пр.

Б. Изменение напряженного состояния массива пород склона вследствие:

ПМ — подмыва его основания старыми обвальными
рекой, морем, водохра- массаами и т. д.
нилищем **И** — подрезки искусственны-
К — увеличения крутизны или ми выемками
пригрузки склона отва- **См** — сейсмических толчков
лами, сооружениями,

В. Изменение прочности пород в результате их выветривания, разгрузки и других экзогенных геологических процессов — **Эк**

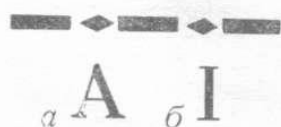
Характеристика микросейсмических условий территории показывается по данным сейсмического микрорайонирования, согласно которому для отдельных участков сила землетрясений может быть сравнена с фоновой балльностью района (показывается лиловым цветом):

-1 уменьшена на 1 балл

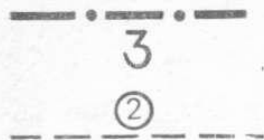
+1,5 увеличена на 1—2 балла

**VI. ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ, ОЦЕНКА
ТЕРРИТОРИИ И ПОРОД, УСТОЙЧИВОСТЬ СКЛОНОВ И ПРОГНОЗ
ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ**

А. Инженерно-геологическое районирование



Районы для наземного строительства и массивы пород для подземного строительства разных порядков выделяются главным образом по геологическому строению и по тектоническим структурам, комплексам пород и их обводненности: а) индекс для наземного строительства, б) индекс для подземного строительства



Подрайоны выделяются по петрографическим типам пород и по истории геологического развития в новейшее время — тектоническому режиму и формированию рельефа (геоморфологический признак)

Участки и их номера выделяются по развитию современных геологических процессов (для наземного строительства)

а; б; в Литологические пачки в пределах массива пород (обозначаются буквами русского алфавита)

Б. Оценка пригодности территории и массивов пород для строительства сооружений или устойчивости склонов

(прогноз обвалов, оползней, селей, карста и т. п. дается по геологическим соображениям, на основе сравнительно-геологического метода, расчетов и моделирования, обычно по трем степеням)

- Неустойчивые или непригодные для данного вида строительства (розово-красный фон)
- Потенциально опасные, условно-устойчивые и относительно пригодные (желто-коричневый фон)
- Устойчивые и пригодные (оливково-зеленый фон)

В. Инженерно-геологические явления — наблюдаемые и прогнозируемые

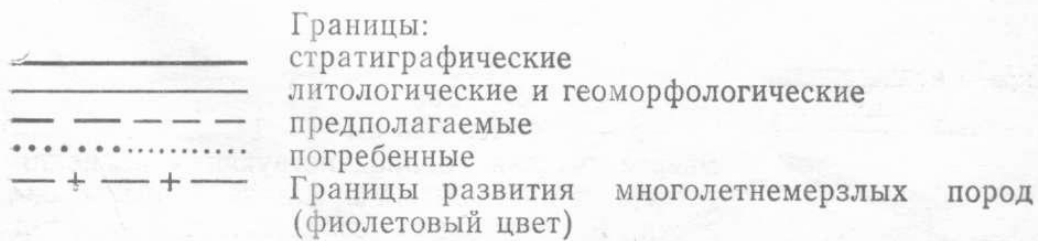
- Коричневый цвет {
- ОК Мульды и котловины в пределах полей сдвижения горных пород из-за:
 - ОВ обрушения кровли подземных выработок, откачки воды или нефти

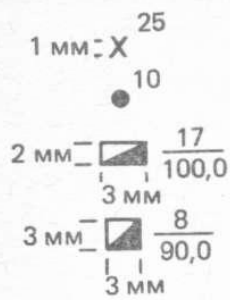
Переработка берегов водохранилищ;



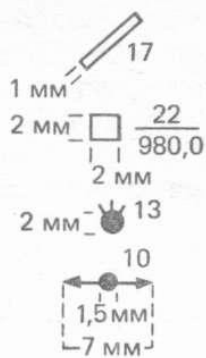
Примечание. В зависимости от задач исследования знаки инженерно-геологического районирования, оценки территории и массивов пород можно располагать в начале легенды.

VII. ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ГРАНИЦЫ И ФАКТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ





Обнажения (опорные), их номера
 Геоморфологические точки (опорные), их номера
 Шурфы, их номера
 отметка устья
 Шахты, их номера,
 отметка устья



Расчистки, их номера

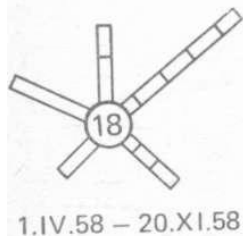
Колодцы, их номера,
 глубина до воды, м

Точки сейсмического зондирования, их номера

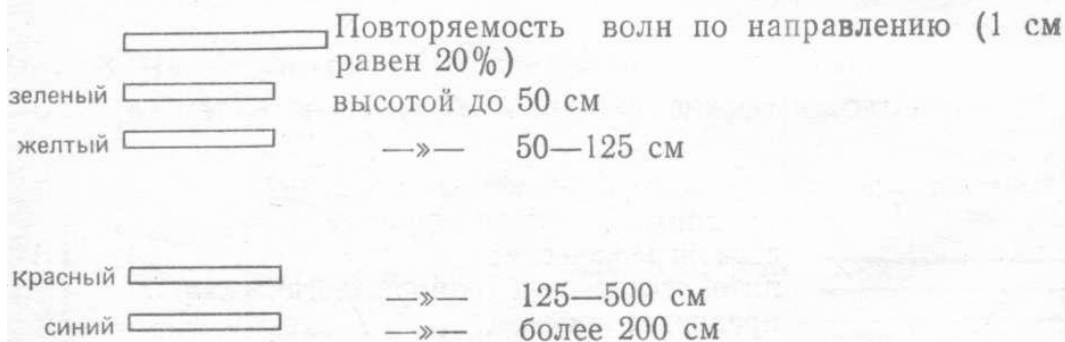
Точки электрического зондирования, их номера

Примечание. Голубая закрапка внутри знака выработки указывает на вскрытые подземные воды.

VIII. ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ

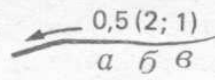


Роза повторяемости волн по направлению и силе, рассчитанной по фактическому ветру для выбранной обеспеченности за период наблюдений (даты указаны под знаком, цифра в кружке — % повторяемости штилей и ряби)



Энергетическая равнодействующая волнения за период наблюдения при данной обеспеченности. Размер знака соответствует энергии волн

Синий цвет



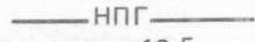
Поверхностные водотоки:
постоянные

временные

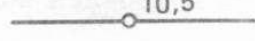
Цифрой указываются: а) скорость, м/с, б) расход, л или м³/с, в) энергия, т/м



Граница паводков

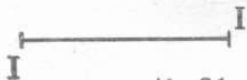


Нормальный подпорный уровень (НПУ)



Урез реки или моря, м

IX. ПРОЧИЕ ЗНАКИ



Линии инженерно-геологических разрезов и их номера



Репера для геодезических наблюдений, их номера, направление и величина перемещения (в масштабе)



Плотины: арочные (а), гравитационные (б)



Дренажные галереи и смотровые колодцы



Волноотбойные и подпорные стены



Ливневоды

Примечание. Деформированность сооружений отмечается немасштабным знаком — тонкой ломаной красной линией.

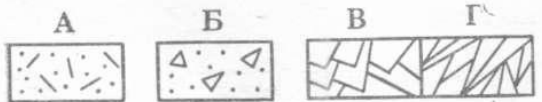


Карьеры и выемки



Каналы: а) ирригационные, б) осушительные

X. ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ
К ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИМ РАЗРЕЗАМ



Горизонты выветривания (зеленый цвет)

Характеристика пород разных горизонтов дается в подписи к знакам.

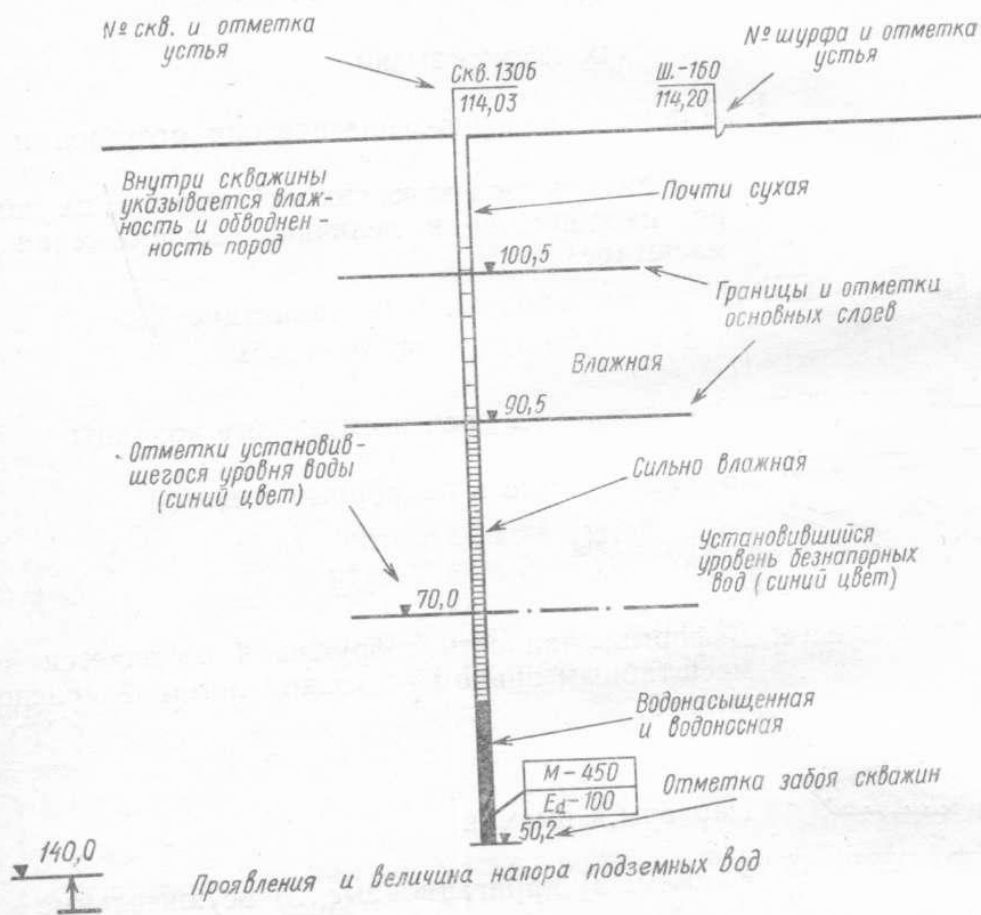


Трещины бортового отпора, раскрытые и их ширина, см (зеленый цвет)



Зоны оползневого перемещения и дробления пород

Выработки, влажность пород, отметки слоев и уровней воды



Примечание. Отметки основных слоев и забоя скважин даются справа, отметки воды — слева.

Места взятия:

а) образца ▲

б) монолита породы на лабораторное изучение ■

Показатели свойств пород (наносятся на инженерно-геологические разрезы в виде обобщенных значений или выборочно):

M-450 —	общая минерализация подземных вод, мг/л	q_{0-15} —	удельный дебит по откачке, л/с
$K_{\phi-11,5}$ —	коэффициент фильтрации, м/сут	q_n —	удельное водопоглощение, л/мин
П-50 —	пористость породы, %	Гр-10 —	содержание фракций более 0,1 или менее 0,005 мм, %
W-23 —	естественная влажность, %	$E_t-80 \cdot 10^3$ —	модуль деформации, МПа, по опытам со штампами
ψ_p-15° —	угол сдвига при естественной влажности и природном давлении	$E_d-300 \cdot 10^3$ —	динамический модуль деформации, МПа

- Примечание. 1. Показ на разрезах свойств пород не должен перегружать чертеж.
 2. Коэффициенты фильтрации и удельное водопоглощение на разрезе показываются в виде эпюр в масштабе.

Прогноз подтопления и переработки берегов водохранилищ и других инженерно-геологических явлений

Переработка

Предполагаемый профиль переработки берега на 10 лет (B_{10}), на заданный срок (100 лет — B_{100}), в конечную стадию (B_k) (красный цвет)
 Уровень подземных вод после подпора через 10 лет (h_{10}), 50 лет (h_{50}), в конечную стадию (h_k) (синий цвет)



Зона деформированных пород в основании сооружения (оранжевый цвет)



Зона сдвижения пород при обрушении кровли подземных выработок, откачках воды или нефти (оранжевый цвет)

Таблицы к разрезам

В зависимости от характера пород района, вида строительства и стадии исследований на разрезе даются таблицы:

- а) состава и инженерно-геологических свойств пород,
- б) гидрогеологических данных,
- в) химизма и иных показателей подземных вод.

Примечание. На разрезах можно дать другие таблицы, характеризующие инженерно-геологические явления, оценку пород и т. п.

Приложение 3

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ РАЗРЕЗЫ (ОБРАЗЦЫ; см. ВКЛАДКУ)

3.1. Инженерно-геологический разрез оползневого склона

3.2. Инженерно-геологический разрез по створу плотины

Приложение 4

ГРАФИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗУЧЕНИЯ ТРЕЩИНОВАТОСТИ ГОРНЫХ ПОРОД И РАСЧЕТ КОЭФФИЦИЕНТА ТРЕЩИНОВАТОСТИ

Графические способы обработки результатов картирования трещин применяются для выяснения закономерностей в распределении и ориентировке трещин в горных породах. Первичной формой систематизации полевых данных являются таблицы трещиноватости, в которых приводятся сведения о генетических типах трещин, элементах залегания, ширине, протяженности, характере выполнения и других характерных признаках (табл. 6.1). Таблицы служат основой для составления диаграмм трещиноватости.

Лучевая круговая диаграмма трещиноватости (по А. И. Ефимову) составляется на круге с нанесенной градусной сеткой. Трещины на диаграмме изображаются в виде лучей, выходящих из центра круга в направлении, соответствующем их азимуту простирания. Линии простирания наносятся с таким расчетом, чтобы при прибавлении к азимуту простирания трещин 90° по ходу часовой стрелки получились азимуты их падения. Величина угла падения трещины изображается длиной луча. Вертикальные углы падения соответствуют полной длине радиуса круга. Для удобства вертикальные трещины наносятся лишь в северном полукруге. Качественные отличия трещин — их генетический тип, ширина, выполнение — показываются цветом луча, штриховкой и т. п. На рис. 6.1 дан пример лучевой диаграммы трещиноватости.

Существуют и другие способы построения лучевых круговых диаграмм трещиноватости (Михайлов, 1956).

Точечная круговая диаграмма трещиноватости по содержанию и методике составления аналогична лучевой диаграмме. В отличие от последней замеры трещин на точечной круговой диаграмме наносятся не в виде лучей, а в виде точек, соответствующих азимуту и углу падения трещин. Качественные характеристики трещин могут быть показаны цветом и формой знака (рис. 6.2),

Таблица 6.1

Результаты изучения трещин в обнажении (площадка 4 м²)

№ трещины	Генетический тип	Элементы залегания			Протяженность, м	Ширина, мм	Расстояние между трещинами одной системы, м	Выполнение	Характер поверхности стенок	Примечание (прослеженная глубина, характер выклинивания)
		угол падения	азимут падения	азимут простирания						
1	напластования	32	325	235	2,5	1	0,3	открытая	шероховатые	выдержана по простиранию
2	«	49	315	295	2,0	1,5	0,3	«	«	«
3	«	37	304	214	0,8	3	0,4	«	«	«
4	«	41	322	232	2,2	1	0,3	кальцит	«	«
5	«	45	338	248	1,6	2	0,3	открытая	«	«
6	тектонические	30	121	31	0,4	8	0,8	«	ступенчатые	извилистая
7	«	42	125	35	1,5	14	0,7	кальцит	«	«
8	«	22	151	61	1,2	5	0,8	открытая	«	«
9	«	62	200	110	1,8	3	0,5	«	гладкие	выдержана по простиранию
10	«	50	242	152	0,9	5	0,6	кальцит	«	«
11	«	66	215	125	1,4	2	0,5	«	«	«
12	«	56	224	134	1,2	18		открытая	ступенчатые	извилистая
13	«	72	218	128	2,3	12	0,6	«	«	«
14	«	68	190	100	0,9	6	0,6	«	«	«
15	«	78	212	192	2,4	3	0,6	«	«	«
								кальцит		

Кроме трещин на круговые диаграммы полезно наносить особыми знаками элементы залегания пород, тектонических зон, разломов и т. п.

Лучевые и точечные круговые диаграммы являются графической сводкой данных по замерам трещин, произведенным в одном или нескольких обнажениях.

Для выявления преобладающих направлений простирания трещин наиболее удобны **розы-диаграммы**. При их составлении вычерчивается полукруг произвольного радиуса, на который наносится градусная сетка с северными румбами. Через произвольно выбранные интервалы (от 2 до 10°) проводятся радиусы — меридианы. В соответствии с выбранным делением все трещины группируются по значениям их азимутов простирания и подсчитывается количество трещин, попавших в каждый интервал. Полученные величины наносят на розу-диаграмму в виде радиусов, направление которых отвечает среднему значению простирания для данной группы, а длина пропорциональна количеству трещин. Концы отрезков соединяют прямыми и полученную фигуру затушевывают (рис. 6.3). Розы-диаграммы дают возможность изучить закономерности ориентировки трещиноватости в массиве горных пород по данным наблюдений в одном или нескольких обнажениях.

Круговые диаграммы в изолиниях применяются для выявления основных систем трещин и их количественного учета. Для построения круговых диаграмм в изолиниях используются различные стереографические сетки (Вульфа, Вальтера—Шмидта, Сухоручкина), представляющие собой проекции полусферы с нанесенными параллелями и меридианами на экваториальную или меридиональную плоскость. Каждая трещина может быть изображена точкой, представляющей собой проекцию точки пересечения нормали плоскости трещины или ее падения со сферой на плоскость.

В качестве примера рассмотрим построение круговой диаграммы трещиноватости в изолиниях по способу В. В. Сухоручкина. Она строится на полярной сетке, которая является проекцией на экваториальную плоскость широт и меридианов нижней полусферы и состоит из концентрических окружностей (проекций широт) и радиусов (проекций меридианов), проведенных через одинаковый угловой интервал (5—10°). При построении сетки вычерчивается окружность, в которой через определенное число градусов проводятся радиусы. Концентрические окружности описываются радиусами, равными расстояниям от точек пересечения радиусов с окружностью до вертикального или горизонтального диаметра (рис. 6.4). Каждая трещина изображается точкой — проекцией на горизонтальную плоскость точки пересечения линии падения плоскости трещин с нижней полусферой. Для построения таких точек от верхнего конца вертикального диаметра (север) по часовой стрелке откладывают азимут падения трещины, а угол падения отсчитывают по кругам от периферии сетки к центру (рис. 6.5).

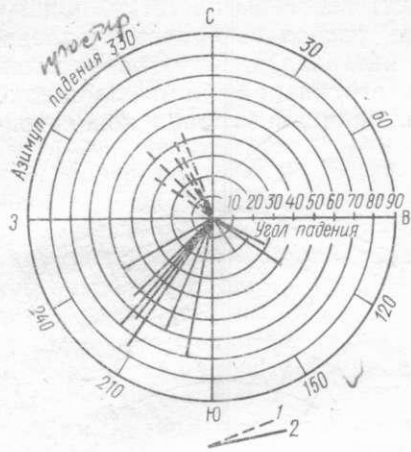


Рис. 6.1. Лучевая круговая диаграмма трещиноватости (по А. И. Ефимову).
Трещины: 1 — напластования, 2 — тектонические

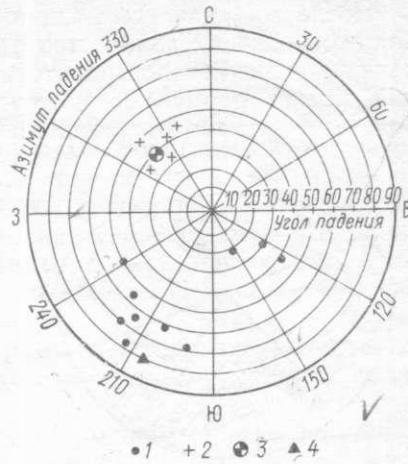


Рис. 6.2. Точечная круговая диаграмма трещиноватости пород. Трещины: 1 — напластования, 2 — тектонические; элементы залегания: 3 — пород, 4 — зон разлома

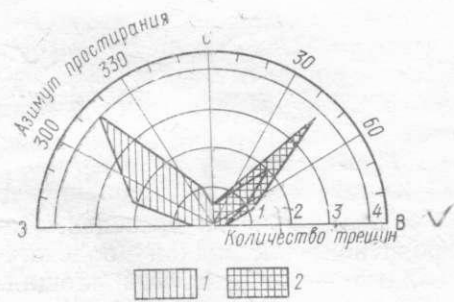


Рис. 6.3. Роза-диаграмма трещиноватости простираний трещин. Трещины: 1 — напластования, 2 — тектонические

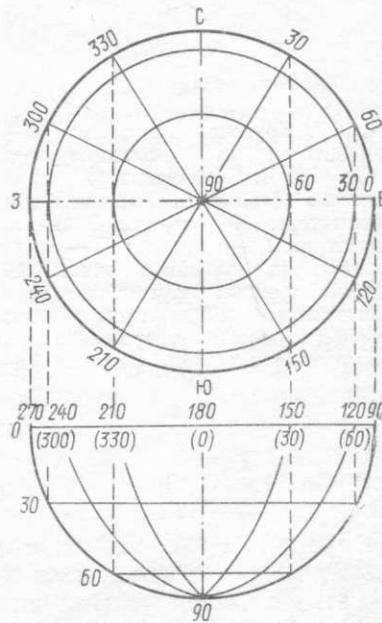


Рис. 6.4. Схема построения полярной сетки

После того как все трещины будут нанесены на сетку, приступают к подсчету количества трещин, располагающихся в определенных угловых пространственных интервалах. Угловые расстояния между радиусами и кругами, ограничивающими площадку подсчета, зависят от заданной детальности выявления concentra-

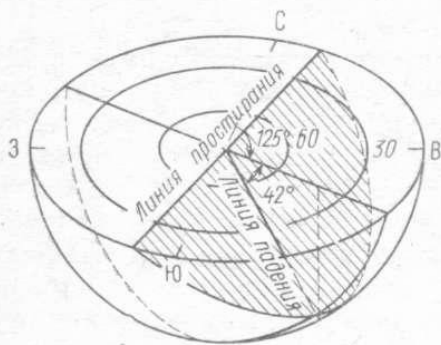


Рис. 6.5. Схема нанесения трещин на полярную сетку. Точка на горизонтальной плоскости соответствует трещине с аз. пад. 125° и $\angle 42^\circ$. Плоскость трещины заштрихована

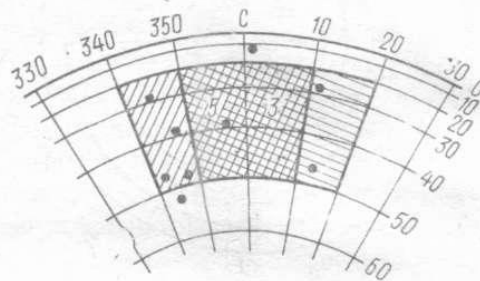
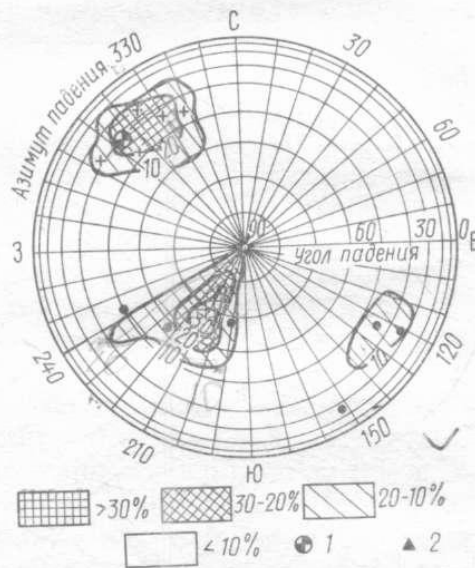


Рис. 6.6. Часть сетки с двумя соседними положениями 30-градусной площадки подсчета

Рис. 6.7. Круговая диаграмма трещиноватости в изолиниях (по В. В. Сухоручкину). Нанесено 15 замеров. Изолинии проведены через 10% трещин. Элементы залегания: 1 — пород, 2 — зон разлома; на диаграмме видны обе системы трещин: крутопадающие с простиранием 120° и углом падения $60-70^\circ$ и пологие северо-восточного простирания и с углом падения $30-45^\circ$



ции трещин. На сетке, у которой радиусы и круги проведены через 5° , можно пользоваться 15-градусной площадкой подсчета, на сетке с 10-градусными интервалами — 30-градусной площадкой и т. п.

Площадка подсчета объединяет девять элементарных 5- или 10-градусных площадок. Результаты подсчета количества трещин, расположенных в пределах всех девяти площадок, записываются в средней из них. Перемещая площадку подсчета по окружности

и по радиусам на величину интервала и каждый раз записывая результаты подсчета количества трещин в средней элементарной площадке, обходят всю сетку (рис. 6.6). В дальнейшем плотность точек выражают в процентах относительно общего количества замеров и проводят изолинии через выбранные интервалы. Пространство между отдельными изолиниями покрывается штриховкой, более плотной в местах концентрации точек. На ориентированную диаграмму наносят элементы залегания пород, направление тектонических зон, количество нанесенных замеров и величину расстояния между изолиниями (рис. 6.7). Кроме того, на круговых диаграммах в изолиниях показывается направление течения реки, оси плотин и т. д.

Для построения круговых диаграмм используют результаты изучения трещиноватости на значительных по размерам площадках.

Для количественной оценки интенсивности трещиноватости массива горных пород применяется *площадной коэффициент трещинной пустотности*, предложенный Л. И. Нейштадт (1969). Под коэффициентом трещинной пустотности K_T понимается отношение площади трещин (в любой плоскости) S_T к площади S той площадки, на которой произведено измерение этих трещин, выраженное в процентах:

$$K_T = \frac{S_T}{S} \cdot 100\%.$$

В обнажении трещиноватых горных пород выбирается площадка квадратной формы, величина которой определяется характером, размером и густотой трещин. Площадка зарисовывается или фотографируется, а все встреченные в ее пределах трещины нумеруются и описываются (см. табл. 6.1). Для вычисления площадного коэффициента трещинной пустотности составляется расчетная таблица по предлагаемой форме (табл. 6.2). Все трещины подразделяются по генезису, ширине и характеру выполнения на несколько групп, для каждой из которых указываются количество трещин, их средняя ширина и длина. Площади трещин, вычисленные по группам, суммируются, берется отношение (%) общей площади трещин к площади площадки подсчета, что дает площадный коэффициент трещинной пустотности.

Площадной коэффициент трещинной пустотности является приближенной количественной характеристикой интенсивности трещиноватости массива пород. Однако этот способ не дает полного представления о трещиноватости горных пород, так как коэффициентом трещинной пустотности не полностью учитываются такие качественные показатели, как их ширина, протяженность, изменчивость с глубиной, пространственное распределение и т. д., существенно влияющие на общую трещиноватость массива.

Тем не менее коэффициент трещинной пустотности, определенный на площадках разной ориентировки (желательно на взаимно перпендикулярных), может быть использован для классифика-

ции горных пород, при этом всегда следует указывать характер трещиноватости массива, например отдельные крупные трещины или мелкая частая сеть трещин.

Для количественной оценки трещиноватости эффективно применение сейсмоакустических методов: ультразвукового, акустического и сейсмического каротажа скважин и профилирования на поверхности. С помощью этих методов можно получить количественную характеристику трещиноватости пород в закрытых усло-

Таблица 6.2

Расчетная таблица для определения площадного коэффициента трещинной пустотности

Группа трещин по ширине, м	<2	2-5	5-10	10-20	20-50	50-100	>100
Количество трещин в группе n	3	5	4	3	—	—	—
Средняя ширина трещин h , мм	1,17	2,60	6,00	14,70	—	—	—
Средняя длина трещин l , м	2,23	1,60	0,85	1,67	—	—	—
Площадь трещин $S_T = 0,001 \cdot n \cdot h \cdot l$, м ²	$S_1 = 0,008$	$S_2 = 0,021$	$S_3 = 0,020$	$S_4 = 0,074$	—	—	—

Общая площадь трещин $\Sigma S_T = 0,123$ м².

Площадь площадки подсчета $S = 4$ м².

Коэффициент трещинной пустотности $K_T = \frac{\Sigma S_T}{S} 100 \% = 3,08 \%$.

виях (на задернованных участках, в целиках пород, между скважинами и выработками), что очень важно. В буровых скважинах с помощью геофизического метода количественная оценка трещиноватости может быть получена по всему разрезу скважин, включая интервалы сильно нарушенных пород, как правило, не охарактеризованных керном.

Основой применения сейсмоакустических методов для количественной оценки трещиноватости является четкая зависимость скоростей упругих волн от пористости и трещиноватости исследуемой среды, для описания которой наиболее часто используется уравнение среднего времени (Willy, Gregory, Gardner, 1956). Из этого уравнения следует, что

$$K_T = \frac{v_3(v_t - v_n)}{v_n(v_t - v_3)} \cdot 100\%,$$

где v_t — скорость в монолитной породе (значения приведены в табл. 6.3); v_3 — скорость в заполнителе трещин, равная 750 м/с; v_n — скорость в исследуемой точке массива, берется из таблиц в задачах.

Таблица 6.3

Значения скоростей упругих волн и прочности на сжатие в монолитной породе

Горные породы	v_t (v_p макс), м/с	v_{p_0} , м/с	R_c макс, МПа
Базальты	6400	250	330
Андезитобазальты	6500	250	330
Гнейсы	6100	200	280
Известняки мраморизованные	6800	550	250
Известняки кристаллические	6500	550	220

Блочность массива, т. е. размер блоков, отделенных друг от друга трещинами, вычисляется по формуле

$$b = \sqrt[3]{\frac{\bar{a}_1 \bar{a}_2 \bar{a}_3}{\left(1 + \frac{\sqrt[3]{\bar{a}_1 \bar{a}_2 \bar{a}_3}}{a_4}\right) \left(1 + \frac{\sqrt[3]{\bar{a}_1 \bar{a}_2 \bar{a}_3}}{\bar{a}_5}\right)}}$$

де $\bar{a}_{1,2,3}$ — средние расстояния между трещинами трех главных систем трещин; $\bar{a}_{4,5}$ — то же, для более редких систем трещин.

Карта трещиноватости строится на геолого-структурной основе. На картах трещиноватости выделяются зоны трещиноватости различного генезиса и разной степени. Генезис трещиноватости оказывается, как правило, типом штриховки. Степень трещиноватости: слабо ($K_T < 2\%$), средне ($K_T = 2-5\%$), сильно ($K_T = 5-10\%$), очень сильно трещиноватые ($K_T = 10-15\%$) и раздробленные породы ($K_T > 15\%$) — густотой штриховки. С увеличением интенсивности трещиноватости густота штриховки усиливается. Помимо информации относительно генезиса и интенсивности трещиноватости на карту наносят розы-диаграммы простираний трещин для каждого обнажения, позволяющие судить об ориентировке основных систем трещин (рис. 6.8).

Для оценки **упругих и прочностных свойств** трещиноватых массивов горных пород применяется сейсмоакустический метод, использующий формулы теории упругости и корреляционные уравнения.

Динамический модуль упругости E_d определяется по формуле

$$E_d = \frac{v_p^2 \rho (1 + \mu) (1 - 2\mu)}{1 - \mu},$$

де v_p — скорость продольных волн в каждой заданной точке массива; ρ — плотность породы (базальты, андезитобазальты — $\rho = 2,85$, гнейсы — $\rho = 2,65$, известняки — $\rho = 2,75$); μ — коэффициент Пуассона $\sim 0,20-0,25$.

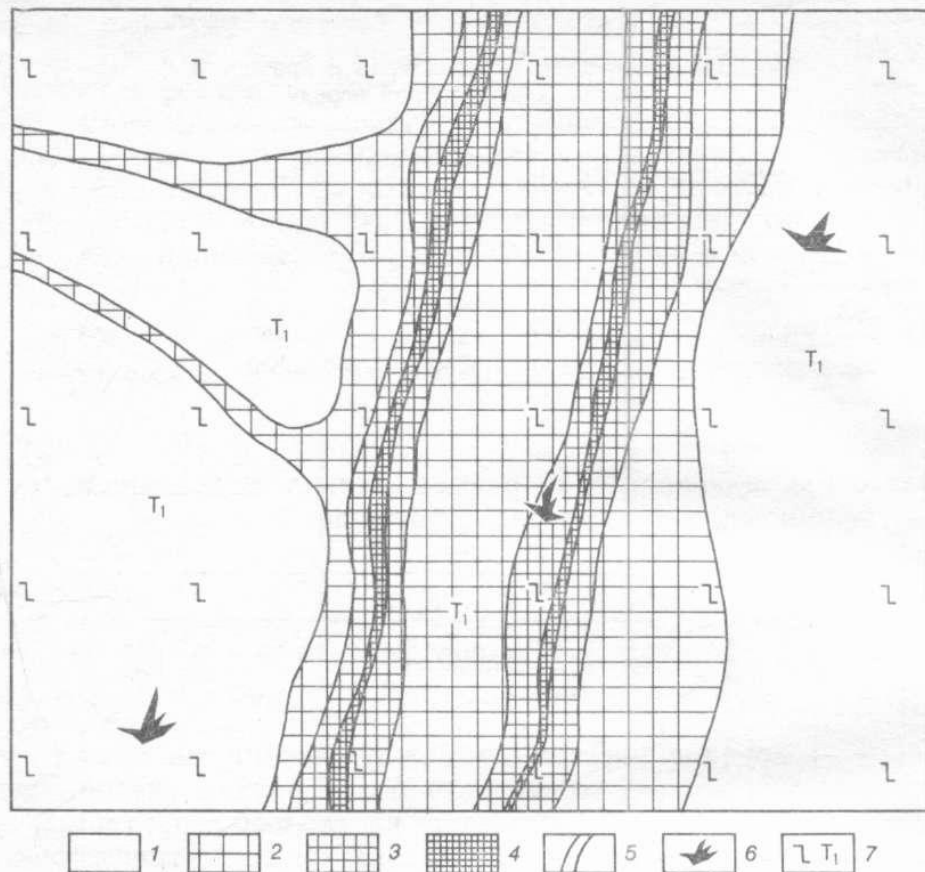


Рис. 6.8. Карта интенсивности трещиноватости базальтового массива. Массивы пород: 1 — слаботрещиноватых, 2 — среднетрещиноватых, 3 — сильнотрещиноватых, 4 — раздробленных; 5 — тектонические нарушения; 6 — розы-диаграммы простирания трещин; 7 — нижнетрианговые базальты

Прочность массива находят по формуле корреляционного уравнения, полученного Л. В. Шаумян:

$$R_c = R_{c \text{ макс}} \left\{ 1 - \left[1 - \left(\frac{v_p - v_{p_0}}{v_{p \text{ макс}} - v_{p_0}} \right)^2 \right]^{1/2} \right\},$$

где $R_{c \text{ макс}}$, $v_{p \text{ макс}}$ — максимальные значения прочности и скорости продольных волн (из табл. 6.3); v_p — скорость продольных волн в каждой заданной точке массива (берется из таблицы задачи); v_{p_0} — значение скорости, при которой прочность массива равна 0.

Литература

- Михайлов Л. Б. Полевые методы изучения трещин в горных породах. М., 1956.
 Нейштадт Л. И., Пирогов И. А. Методы инженерно-геологического изучения трещиноватости горных пород. М., 1969.
 Рац М. В., Чернышев С. Н. Структурные модели в инженерной геологии. М., 1973.

Приложение 5

УКАЗАНИЯ ПО ПРОГНОЗУ ФОРМИРОВАНИЯ БЕРЕГОВ ВОДОХРАНИЛИЩА

Выбор метода прогноза формирования берегов на конкретном участке (районе) должен основываться на знании весьма неодинаковых в разных районах закономерностей взаимообусловленных и многофакторных процессов, выявленных при наблюдениях на существующих водохранилищах и по данным расчетно-экспериментальных исследований.

По гидрологическим факторам, влияющим на величины и интенсивность переработки берегов, водохранилища подразделяются: а) по уровенному режиму на водохранилища многолетнего, сезонного и ежедневного регулирования с величинами сработок от первых метров до многих десятков метров и со скоростями снижения уровня до 0,5—1 м/сут в зависимости от водопотребления; б) по волновому воздействию, обусловленному преобладающими ветрами, шириной и рельефом дна водоема; в) по образованию и перемещению наносов, связанных с воздействием волн и течений; г) по характеру и скоростям течений в паводковые периоды, особенно в заливах и верховьях водохранилищ. Для водохранилищ равнинно-платформенных областей (на Волге, Каме, Днестре и др.) типична сработка 2—4 м и площадь 3200—5500 км² (Волгоградское, Братское и др.), а для горно-складчатых областей сработка достигает в маловодные годы 55—70 м и более при ширине водоема до 1—2 км (Чарвакское, Токтогульское и др.). Особым режимом обладают водохранилища ГАЭС, на которых ежегодная сработка и подъем уровней достигают 8—10 м.

С инженерно-геологических позиций берега водохранилищ для целей прогноза их формирования обособляются по следующим признакам:

— по характеру пород, слагающих склон; выделяются шесть основных комплексов, определяющих качественно различные процессы переработки: а) *легкоразмываемые* (пески, суглинки рыхлые); б) *легкоразмокаемые* (лёссы и др.); в) *средней прочности*, преимущественно морские осадочные, интенсивно выветривающиеся (глины, мергели, песчаники полимиктовые глинистые и т. п.); г) *легкорастворимые* (гипсы, соли); д) *прочные маловыветривающиеся* и практически не размываемые (интрузивные, массивные известняки, метаморфические) и е) *многолетнемерзлые* породы предыдущих групп, нередко содержащие льды, при оттаивании которых будут возникать различные деформации; их прогноз представляет особую задачу;

— по наличию на берегах активных оползней, осыпей, обвалов, карста, селевых потоков, просадок и других процессов разного объема и интенсивности;

— по гидрогеологическим условиям — развитию подпора подземных вод и увеличению общей обводненности массива пород берега, по возникновению и величинам взвешивающего и гидроди-

намического давлений, особенно при быстрых сработках уровня водохранилища;

— по высоте и крутизне склонов;

— по образованию на отмелях и в заливах водохранилищ аккумулятивных форм за счет выноса селевыми потоками и оползнями обломочных масс прочных трудноразмываемых пород.

Побережья водохранилищ нередко являются территориями строительства и хозяйственного использования, в связи с чем на них неизбежно возникают подрезки склонов, отвалы, возводятся здания, склады, осуществляются защитные мероприятия, что влияет на процессы переформирования берегов, перемещение наносов и общую устойчивость; эти техногенные факторы необходимо учитывать в прогнозах.

При прогнозах следует составить инженерно-геологическую модель строения склона и модель предполагаемых процессов переформирования берега по типичным стадиям их развития, для каждой из которых методы и исходные данные могут быть разными в реальных условиях гидрологического режима водохранилища.

Разработано несколько десятков методов и предложений по прогнозам переформирования берегов, основанных на разных схемах взаимодействия геологической среды и водохранилищ, каждый из которых имеет свои пределы применения и в известной мере отражает подходы автора и условия района работ. Большинство методов создавалось для прогноза переработки берегов равнинно-платформенных водохранилищ, широких, с высокой волной, малой сработкой и с относительно простым геологическим строением. По характеру процессов и исходным методическим позициям имеющиеся методы можно объединить в следующие группы.

1. Расчетные методы, основанные на предположении, что объемы переработки пропорциональны общей энергии волн (штормовых, «рабочих» и других у разных авторов); следовательно, породы берега являются размываемыми и аккумулятивные формы образуются за счет крупных фракций. Это методы Н. Е. Кондратьева (1953, 1976), Е. Г. Качугина (1959), Е. К. Гречищева (1961), Б. А. Пышкина (1954, 1973) и др.; их обычно называют «энергетическими».

2. Методы аналогий: а) «природных аналогов» Л. Б. Розовского (1962), получивший дальнейшее развитие в работе В. М. Воскобойникова и О. Г. Лиходеевой (1984); б) «графоаналитический» Г. С. Золотарева в вариантах для равнинных водохранилищ (1955) и для берегов сложного геологического строения при значительных сработках (1979, 1983); в) аналого-расчетный, предложенный Н. Г. Варазашвили применительно к небольшим горным водохранилищам (1983).

3. Статистические (вероятностные) методы, основанные на стохастических моделях процесса формирования берегов существующих водохранилищ и исходящие из представлений о стацио-

нарном, в данном случае затухающем, режиме процессов, в том числе перемещения наносов. В предложенном варианте эти методы (М. М. Адас, В. И. Экзарьян и др.) основаны на данных наблюдений за размывами низких берегов простого геологического строения Волжских водохранилищ и не рассматривают процессы переформирования оползневых склонов, лёссовых и закарстованных массивов пород, не учитывают роли подземных вод и перемещения наносов.

4. Методы прогноза специфических процессов формирования ложа и берегов водохранилищ в районах многолетней мерзлоты практически не разработаны. Имеются данные ограниченных наблюдений на существующих водохранилищах (Хантайское, Вилюйское и др.) и отдельные предложения (Ф. Э. Арэ, Я. А. Кроник и др.).

5. Эмпирические зависимости и методы переработки берегов, предложенные И. А. Печеркиным с сотрудниками (1981) на основе наблюдений за процессами на закарстованных территориях Камского, Братского и других водохранилищ.

На берегах водохранилищ, создаваемых в районах распространения легкорастворимых пород (гипсы, соли), процессы переработки и активизации карстовых провалов характеризуются своеобразными закономерностями, тесно связанными с подпором, измененным режимом и балансом подземных вод, их ролью в увеличении общей и локальной закарстованности массива.

Длительные наблюдения за развитием процессов переработки берегов разной высоты и геологического строения на существующих водохранилищах на Волге, Каме, Ангаре, Енисее и в Средней Азии, позволяют сделать следующие выводы, важные для понимания сущности процессов и выбора методов прогноза:

а) процессы переработки берегов в большинстве случаев являются нестационарными, что обусловлено неоднородностью геологического строения и неравномерным обводнением склонов, изменчивостью во времени свойств пород и различных геологических процессов, нестационарными уровнем и отчасти волновым режимами водохранилищ;

б) применение одного какого-либо метода прогноза переработки берегов водохранилищ с различными инженерно-геологическими, гидрогеологическими и гидрологическими условиями, особенно при нестационарном уровненом режиме, недопустимо;

в) применение «энергетических» и «статистических» методов прогноза переработки возможно для невысоких берегов с выровненным рельефом (террасы), сложенных относительно однородными и легкоразмываемыми породами, при установившемся равномерном потоке наносов;

г) реальные волновой и уровеньный режимы водохранилищ обычно существенно отличаются от проектных в связи с изменяющимися в разные годы потребностями в воде и фактической сменой много- и маловодных лет; по этим причинам и из-за

дением заданного коэффициента аккумуляции, равного в рассматриваемом случае $\delta=0,82$. Первая попытка такого совмещения показана сплошными линиями, при этом объем обрушения $\Omega_p=18610 \text{ м}^2$; объем аккумуляции $\Omega_a=14196 \text{ м}^3$ и коэффициент аккумуляции $\delta=0,76$ вместо 0,82 и потребовалось уточнение.

Графоаналитические методы Г. С. Золотарева. В зависимости от: а) гидрологических параметров водохранилища — ширины, глубины, течений, уровенного и волнового режимов; б) морфологии склона — высоты, крутизны и в) геологического строения, подземных вод и современных процессов рекомендуется использовать следующие основные варианты. *Первый* — для водохранилищ значительной ширины, малых сработок и преобладающего волнового воздействия, относительно простого геологического строения берегов и малой активности процессов и *второй* — для водохранилищ с резко нестационарным уровенным режимом и сложным строением высоких склонов (см. с. 281).

По первому методу предполагается определение ширины зоны и формы переработки для двумерной задачи, для 10-летней и «конечной стадий практической значимости». Метод обосновывается материалами изысканий и последующих наблюдений на водохранилищах Волго-Камского каскада и для его применения необходимы следующие данные:

а) параметры волн — их высота и длина при разной обеспеченности и силе ветра, рассчитанные по СНиПу 2.06.04-82 и по возможности уточненные по фактическим наблюдениям за ветром и волнами с учетом рельефа дна водохранилища;

б) прогнозный или фактический уровенный режим водохранилища для лет разной обеспеченности;

в) инженерно-геологические разрезы склона в масштабе 1:1000—1:200 с подробным микрорельефом, характеристикой состава, неоднородности, выветрелости, трещиноватости и обводненности пород и с данными о величинах сопротивления сдвигу, размыву и размоканию пород в разных состояниях;

г) гидрогеологические — количество и приуроченность водоносных горизонтов, уровни и режимы подземных вод, другие сведения, нужные для оценки влияния на прочность пород и для расчета подпора во времени для определения гидравлических градиентов при сработках;

д) для широких частей водохранилища — расчетные значения величин углов абразионных (α_3 и β_3) и аккумулятивных (α_2 и β_2) отмелей и зон наката (α_4 и β_4) в разных породах, примерные коэффициенты аккумуляции наносов на подводном склоне, углы эрозионных частей отмели (δ_1 и δ_2) в разных породах; определяются на основе изучения бечевников реки (рис. 6.11, а и б);

е) о натуральных наблюдениях формы и крутизны устойчивых откосов и склонов разных генетических типов, выработанных в разных породах, и разных высоты, экспозиции и состояния;

ж) о состоянии и поведении различных генетических и литологических разностей пород в аналогичных условиях на берегах

крупных озер, водохранилищ и на отмелях морей для оценки устойчивости склона и прогноза его переработки.

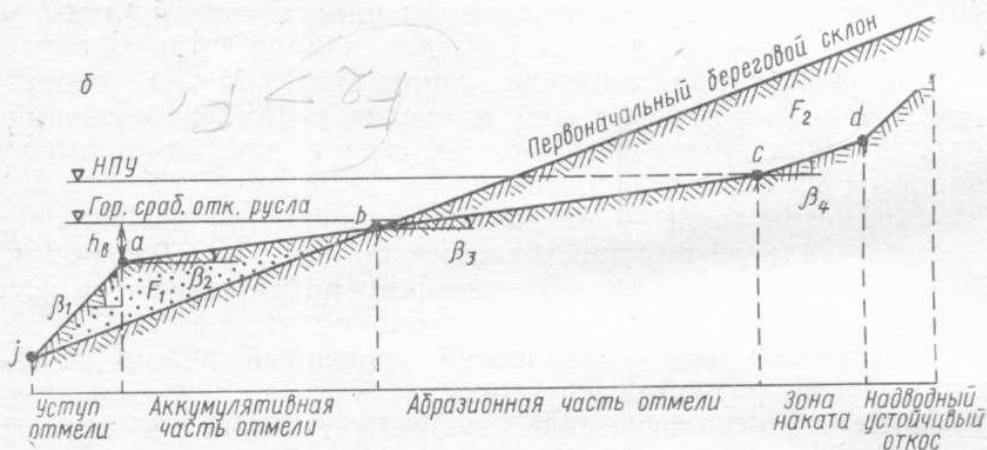
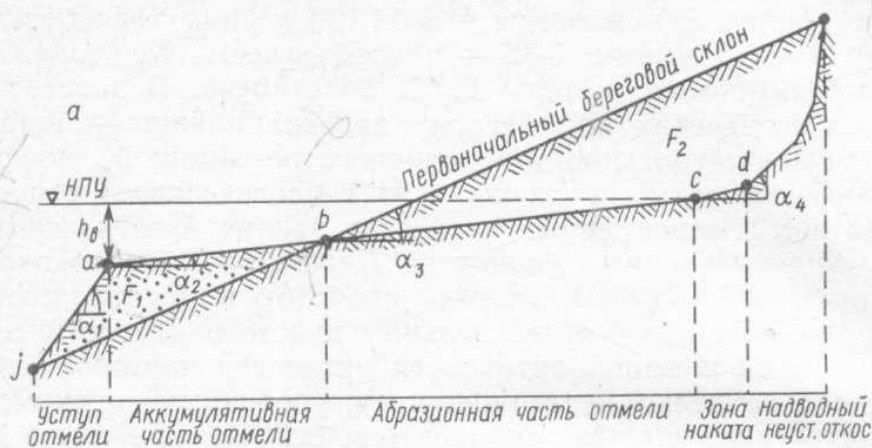


Рис. 6.11. Схема построения береговых отмелей в широкой глубоководной части водохранилища:
 а — для первой стадии — через 10 лет; б — для конечной стадии практической значимости

Вышеперечисленные материалы необходимы для решения вопроса переработки берега в рассматриваемом сечении (двумерная задача). Для прогноза переработки берега на значительном протяжении (пространственная задача) дополнительно надо предполагать:

з) топографической, геолого-литологической, гидрогеологической и геоморфологической картами участка берега или водохранилища в масштабе от 1:100 000 до 1:2000 в зависимости от размера оцениваемой территории, характера объекта и стадии исследований;

и) данными расчета или как минимум практическими соображениями о направлении и величинах наносодвижущих сил, очагах формирования, перемещения и аккумуляции наносов в пределах рассматриваемого участка берега.

Построение профиля прогноза переработки берега начинается с прибрежной отмели, для чего необходимо определение ее типа (абразионный, аккумулятивно-абразионный, абразионно-эрозионный), размера и крутизны. Для широкой части водохранилища это построение сводится к следующему.

В зависимости от того, для какой стадии (10-летней или конечной) дается прогноз, методом подбора определяется глубина бровки уступа отмели — точка a (см. рис. 6.11). При построении профиля переработки берега, сложенного легкоразмываемыми песчаными и суглинистыми породами, для 10-летней стадии прогноза рекомендуется брать глубину бровки отмели, равную 1,5 высоты волны 20%-ной обеспеченности. Для окончательной стадии переработки практической значимости глубины бровки отмели следует принимать: а) для легкоразмываемых пород (в зависимости от их свойств) 3,5—3,0 высоты волны 50%-ной обеспеченности и б) для плотных глинистых, мергелистых и аналогичных им пород, размываемых при выветривании, 3,0—2,5 высоты волны с повторяемостью 1 раз в 100 лет. Для водохранилища с малой сработкой указанное расстояние откладывается для 10-летней стадии от НПУ, а для конечной — от горизонта сработки безледного периода в маловодный год. Если возникает необходимость построения профиля прогноза переработки для стадии, например, через 20 лет, то надо установить, какой горизонт сработки водохранилища типичен для данного срока.

От бровки уступа аккумулятивной части отмели (точка a), проводится под углом α_1 или β_1 линия уступа отмели, а под углом α_2 или β_2 — поверхность ее. Величины углов α_1 и β_1 колеблются от 10 до 20° и зависят от состава наносов (рис. 6.12). Углы α_2 и β_2 зависят от состава материала, образующего аккумулятивную часть отмели; величины их аналогичны углу отмели в тех же породах и колеблются от 0°30' до 10° (табл. 6.6). Линия под углом α_2 или β_2 доводится до точки b (пересечение с первоначальной поверхностью склона) и далее проводится уже под углом α_3 или β_3 в зависимости от стадии переработки пород и высоты волны до точки c , до пересечения с горизонтом НПУ.

Отмель между точками b и c абразионная, выше точки c располагается зона наката волны. Высота зоны наката определяется по формуле Н. Н. Джунковского (равна примерно 0,3—0,4 высоты волны). Угол α_4 или β_4 берется в зависимости от стадии расчета из табл. 6.6. При определении размеров (ширины или высоты) зоны наката следует различать стадии переработки; для 10-летнего срока рекомендуется брать ширину зоны наката, примерно в два раза меньшую, чем для конечной стадии.

Над зоной наката между точками d и e располагается надводный уступ, контур которого различен в разных породах и обстановке, а также: а) для 10-летней стадии, когда он формируется, неустойчив и имеет предельную крутизну подмываемого обрушивающегося откоса и б) для конечной стадии переработки, когда профиль его должен соответствовать устойчивому состоянию и

Таблица 6.6

Значения углов абразионной береговой отмели и зоны наката волн, рекомендуемые для построения профилей прогноза склонов применительно к комплексам пород и режиму водохранилищ Волги и Камы

Характеристика пород, в которых вырабатывается отмель	Геологический индекс	Физико-механические свойства пород						
		гранулометрический состав, %					естественная влажность W, %	объемная масса Δ, т/м³
		фракции, мм						
		>0,25	0,25—0,1	0,1—0,05	0,05—0,005	<0,005		
Лёсс и лёссовидные породы	Q	0,2—3	5	12	70—80	10—15	—	—
	aQ _{III—IV}	10—20	50—70	1—10	2—5	—	—	—
Пески аллювиальные, тонко- и мелкозернистые, плотного сложения, с тонкими прослоями песков глинистых и линзами супесей и легких суглинков	aQ	60—75	25—35	1—3	1	—	—	—
	aQ _{II—IV} grQ _{III+IV}	—	—	—	—	—	—	—
Пески аллювиальные, средне- и крупнозернистые, с мелким гравием	aQ	—	—	—	—	—	15—25	—
Галечники мелкие с крупнозернистым песком; щебенка мелкая, скальных и полускальных пород, с глинистым заполнителем	aQ	—	—	—	—	—	15—25	—
Суглинки и супеси озерно-аллювиальные, серые, илистые, ожелезненные (старичная фация)	dQ _{III—IV}	—	6—10	30—40	45—55	7—10	12—18	1,85
Суглинки бурые, делювиальные и флювиогляциальные, обычно слабоизвестковистые, тяжелые и средние, слоистые, пылеватые, средней плотности, иногда слегка лёссовидные	fglQ _{II}	0,1	6—10	30—40	45—55	7—12	15—20	1,6—1,8
Накопления современных оползней-потоков и сплывов:	dpQ _{IV}	—	—	—	—	—	30—50	—

несколько более глинистые, чем у несмещенных пород

а) продуктов разрушения нижнемеловых и юрских песчано-глинистых пород

Продолжение табл. 6.6

Характеристика пород, в которых вырабатывается отмель	Физико-механические свойства пород		Углы на- клона бе- чевников реки в зоне межени, град	Углы абразивной отмели для волн высотой 2 м		Углы зоны наката, град	Коэффициент аккумуляции (по объему), %
	размокаемость породы при естественном сло- жении и влаж- ности	размываемость (по категориям)		за 10 лет	в конечную стадию		
Лёсс и лёссовидные породы	быстрый полный распад	I (очень легко размываемые)	—	2	30'—1°	3—4°	практически аб- разивная до 20—30
Пески аллювиальные, тонко- и мел- козернистые, плотного сложения, с тонкими прослоями песков глини- стых и линзами супесей и легких су- глинков	быстрая, в тече- ние нескольких минут	II (легкоразмы- ваемые)	—	1°30'	40'—1°	3—5°	
Пески аллювиальные, средне- и крупнозернистые, с мелким гравием	то же	II (легкоразмы- ваемые)	—	2—3°	1—1°30'	4—5°	до 30—50
Галечники мелкие с крупнозерни- стым песком; щебенка мелкая, скаль- ных и полускальных пород, с глини- стым заполнителем	—	III (среднераз- мываемые)	—	10—12°	до 6—8°	16—20°	до 60—70
Суглинки и супеси озерно-аллюви- альные, серые, илистые, ожелезнен- ные (старичная фация)	—	III (среднераз- мываемые)	—	4—5°	1—2°	4—6°	10—15
Суглинки бурые, делювиальные и флювиогляциальные, обычно слабо- известковистые, тяжелые и сред- ние, слоистые, пылеватые, средней плотности, иногда слегка лёссовид- ные	достаточно быст- рая, в течение нескольких ми- нут	II (легкоразмы- ваемые)	—	2—3°	1—1°30'	4—6°	5—10
Накопления современных оползней- потоков и сплывов:	распадается в во- де в течение 1—2 ч	II (легкоразмы- ваемые)	—	3—4°	1—2°	4—6°	практически аб- разивная

а) продуктов разрушения нижне-
меловых и юрских песчано-глини-
стых пород

Характеристика пород, в которых вырабатывается отбель	Геологический индекс	Физико-механические свойства пород					естественная влажность W, %	объемная масса Δ, т/м³
		гранулометрический состав, %						
		фракции, мм						
		>0,25	0,25—0,1	0,1—0,05	0,05—0,005	<0,005		
б) продуктов разрушения пестроцветных пород татарского яруса — глины, перемятые с щебенкой мергелей, известняков и др. в) перемятых четвертичных бурых супесей и суглинков Смещенные и раздробленные, древние, иногда современные оползни-блоки и пачки с глинистой массой в зонах оползневых смятий: а) пестроцветных пород татарского яруса б) нижнемеловых и юрских глин в) верхнемеловых мергелей, глин и мелоподобных известняков Морские хвалынские и хазарские комплексы пород: а) глины коричневые с тонкими прослоями песка б) супеси пылеватые, пески тонкие Опоки трещиноватые (полускальные породы сызранского и других ярусов) Верхнемеловые мергели, опоки и мел плотный (полускальные породы) верхнего мела Пески тонкие и мелкие сеноманского яруса и палеогена	dpQ _{IV}	—	—	—	—	—	27—40	—
	dpQ _{IV}	аналогично не смещенным породам					30—35	—
		то же					20—25	—
	dpQ _{III+IV}	—	—	—	—	—	25—30	—
	dpQ/K ₁ +J ₂	—	—	—	—	—	—	—
	dpQ/K ₂	—	—	—	—	—	—	—
	mQhv	—	15	20	30—35	50—55	до 30—33	1,7—1,9
	mQhz	—	—	—	—	—	6	1,46
	P _{1sz}	—	—	—	—	—	—	—
	K ₂	—	—	—	—	—	—	1,24—1,64
P; K _{2sm}	—	от 10	до 95	0—16	3—4	5—18	1,24—1,70	

Характеристика пород, в которых вырабатывается отмель	Физико-механические свойства пород		Углы на- клона бе- чевников реки в зоне межени, град <i>da</i>	Углы абразивной отмели для воли высотой 2 м		Углы зоны наката, град <i>dy</i>	Коэффициент аккумуляции (по объему), %
	размокаемость породы при естественном сло- жении и влаж- ности	размываемость (по категориям)		за 10 лет	в конечную стадию		
б) продуктов разрушения пестро- цветных пород татарского яруса — глины, перемятые с щебенкой мерге- лей, известняков и др.	распад в воде на отдельности в течение несколь- ких часов	III (среднераз- мываемые)	—	4—5°	2°	10°	10—15 за счет щебенки
в) перемятых четвертичных бу- рых супесей и суглинков	—	II (легкоразмы- ваемые)	—	3°	1—1°30'	10—12°	практически аб- разивная
Смещенные и раздробленные, древ- ние, иногда современные оползни- блоки и пачки с глинистой массой в зонах оползневых смятий:	—	IV (слаборазмы- ваемые)	4—6	5—6°	2—3°	10—15°	10—20 за счет щебенки
а) пестроцветных пород татар- ского яруса	—	III (среднераз- мываемые)	—	3—4°	2°	6—10°	до 5
б) нижнемеловых и юрских глин	—	IV (слаборазмы- ваемые)	8—10	6°	3°	6—10°	до 20—25 за счет щебенки
в) верхнемеловых мергелей, глин и мелоподобных известняков	практически не размокают	IV (слаборазмы- ваемые)	—	—	—	—	—
Морские хвалынские и хазарские комплексы пород:	—	—	—	—	—	—	—
а) глины коричневые с тонкими прослоями песка	частичный рас- пад, интенсивное расслаивание	III (среднераз- мываемые)	—	3°	1,5—2,0°	4—6°	практически аб- разивная
б) супеси пылеватые, пески тон- кие	быстрый распад	II (легкоразмы- ваемые)	—	1°30'	0,5—1°	2—4°	5
Опоки трещиноватые (полускальные породы сызранского и других яру- сов)	—	V (трудноразмы- ваемые)	—	8—10°	3—4°	8—12°	до 20—40 за счет щебенки
Верхнемеловые мергели, опоки и мел плотный (полускальные породы) верхнего мела	практически не размокают	V (трудноразмы- ваемые)	—	10°	3—5°	10—12°	до 20—40 за счет щебенки
Пески тонкие и мелкие сеноманского яруса и палеогена	быстрая, в тече- ние нескольких минут	II (легкоразмы- ваемые)	—	1—2°	40'—1°	2—5	5—10

Продолжение табл. 6.6

Характеристика пород, в которых вырабатывается отбель	Геологический индекс	Физико-механические свойства пород						
		гранулометрический состав, %					естественная влажность W, %	объемная масса Δ, т/м ³
		фракции, мм						
		>0,25	0,25—0,1	0,1—0,05	0,05—0,005	<0,005		
Нижнемеловые глины черные и темно-серые, слоистые, плотные, иногда слабопесчаные, жирные, с редкими прослоями глинистых плотных песков в отдельных горизонтах, с конкрециями и прослоями песчаников (аптская плита), с поверхности выветрелые Верхнеюрские глины темно-серые, известковистые, вверху прослой песчаников и конгломератов, мощность около 2 м (волжский ярус), в основании — слои песков и рыхлых песчаников (низы келловейского яруса), с поверхности выветрелые Верхнетатарская аллювиально-озерная песчано-глинистая толща с редкими прослоями мергелей Среднетатарская лагунно-озерная известково-мергелистая толща с прослоями глин Нижнетатарская лагунно-озерная толща тонкослойных мергелей и глин; в нижней части гипсы Известняки и доломиты верхнекаменноугольные и верхнепермские, твердые, кавернозные, трещиноватые	K ₁	—	1—2	14—49	15—20	52—75	20—34	1,7—2,0
	J ₃	0,7—1,2	—	13—27	16—20	57—70	30	2,06
	P ₂ t ₃	—	—	—	—	—	20	1,60
	P ₂ t ₂	—	10	—	50	40	20—25	1,7—1,9
	P ₂ t ₁	—	—	—	—	—	25—30	2,0
	C ₃ P ₂ kz	—	—	—	—	—	—	—

Характеристика пород, в которых вырабатывается отмель	Физико-механические свойства пород		Углы на- клона бе- чевников реки в зоне межени, град α_1	Углы абразивной отмели для волн высотой 2 м		Углы зоны наката, град α_3	Коэффициент аккумуляции (по объему), %
	размокаемость породы при естественном сло- жении и влаж- ности	размываемость (по категориям)		за 10 лет	в конечную стадию		
				α_2			
275 Нижнемеловые глины черные и тем- но-серые, слоистые, плотные, иногда слабопесчаные, жирные, с редкими прослоями глинистых плотных пес- ков в отдельных горизонтах, с кон- крециями и прослоями песчаников (аптская плита), с поверхности вы- ветрелые Верхнеюрские глины темно-серые, известковистые, вверху прослой пес- чаников и конгломератов, мощность около 2 м (волжский ярус), в осно- вании — слои песков и рыхлых пес- чаников (низы келловейского яру- са), с поверхности выветрелые Верхнетатарская аллювиально-озер- ная песчано-глинистая толща с ред- кими прослоями мергелей Среднетатарская лагунно-озерная из- вестково-мергелистая толща с про- слоями глин Нижнетатарская лагунно-озерная толща тонкослоистых мергелей и глин; в нижней части гипсы Известняки и доломиты верхнека- менноугольные и верхнепермские, твердые, кавернозные, трещиноватые	практически не размокают в те- чение 2—3 мес, наблюдается частичное рас- слаивание	IV (слаборазмы- ваемые)	3—4	4°	2°	6—10	практически аб- разивная, до 5 за счет включе- ний
	практически не размокают в те- чение 2—3 мес	IV (слаборазмы- ваемые)	4—5	6°	2—3°	5—8	5—10 за счет песка и включений
	то же	IV (слаборазмы- ваемые)	8—10	6—8°	2—3°	15—20	до 20—30 за счет щебенки и песка
	не размокают	V (трудноразмы- ваемые)	10—12	8—10°	3—5°	12—20	до 30—40 за счет щебенки
	размокают в су- хом состоянии	V (трудноразмы- ваемые)	10—12	6°	3—4°	10	до 20—30 за счет щебенки
	не размокают	VI (практически не размываемые)	12—15	уступы средней крутизны 60—70° происходит размыв в щебе- нистой осыпи и в зоне выветривания			

определяться по аналогии с такими же природными склонами данного района. В сложных случаях степень устойчивости устанавливается расчетами и специальными исследованиями. При прогнозе переработки берега надо решить, по какому типу будет формироваться надводный склон: как осыпной, оползневой или иной,

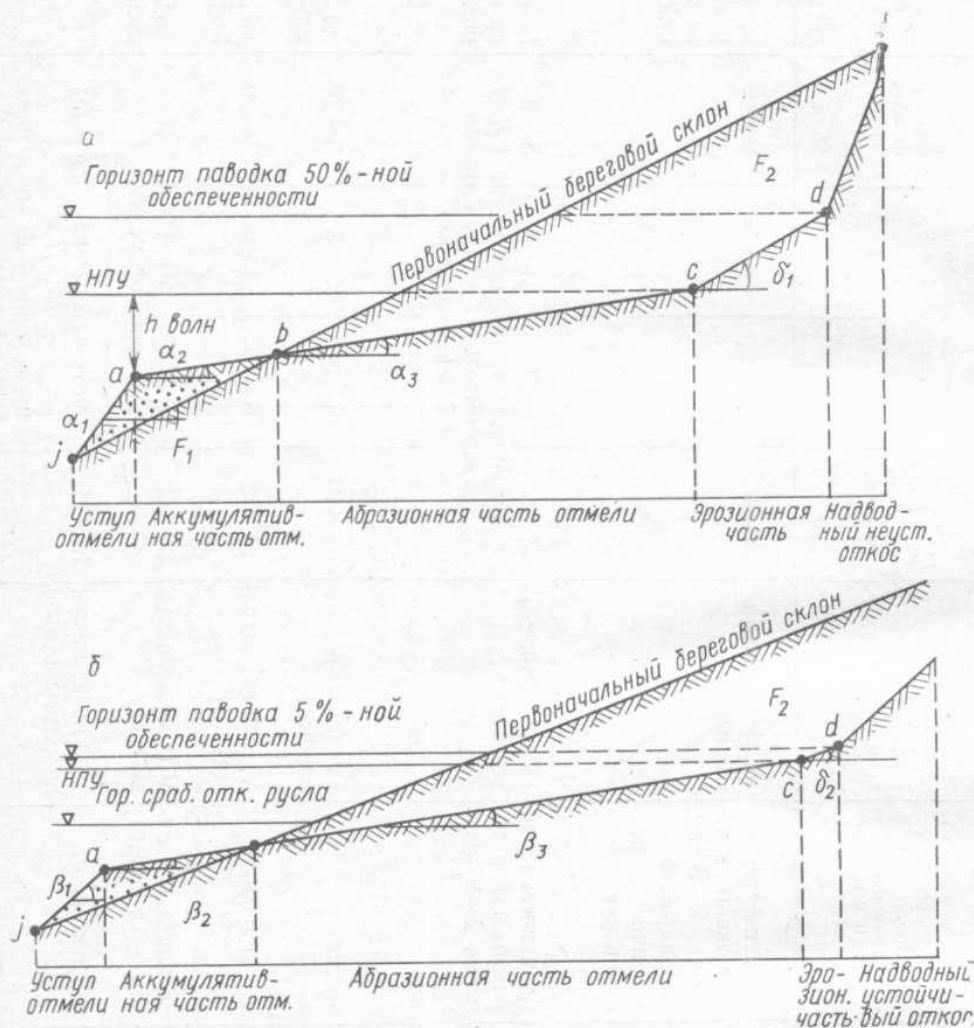


Рис. 6.12. Схема построения абразионно-эрозионных отmelей в верховьях и заливах водохранилищ:
 а — для первой стадии — через 10 лет; б — для конечной стадии

что можно сделать на основе анализа инженерно-геологической обстановки участка.

После выполнения вышеуказанного первого построения прогноза переработки для 10 лет или конечной стадии, которым определяются площади F_1 , заключенная между точками j, a, b (аккумулятивная часть отмели), и F_2 , ограниченная точками b, c, d, e (размытая часть склона), производится проверка, насколько соотношение объема (или площадей при двумерной задаче) аккумуляции и размыва (F_1/F_2) соответствует принятому коэффициенту

ту аккумуляции (см. табл. 6.6). В случае, если совпадение не имеет места, производят повторные построения, перемещая точку *a* вправо или влево, добиваясь нужного соотношения площадей аккумуляции и размыва.

При известном навыке для определения профиля переработки берега требуется не более двух построений. Для склонов, сложенных размываемыми тонкими глинистыми породами, коэффициент аккумуляции которых близок к нулю, или для случая, когда с участка данного профиля наносы будут удаляться волнами или течением, надо принять абразионный тип отмели, а точка *a* образуется на пересечении с линией первоначального склона.

Построение профиля прогноза переработки берега для верховий или заливов водохранилища (абразионно-эрозионная отмель) во многом сходно с вышеописанными (см. рис. 6.12). Здесь сохраняется тот же метод подбора, определяющий соотношение аккумулятивной и абразионной (и эрозионной) частей отмели. Построение профиля прогноза различно для стадий 10 лет и конечной практической значимости. Построение аккумулятивной и абразионной частей отмели (рис. 6.12, *a*) — точки *j*, *a*, *b*, *c* — аналогично тем же построениям, что и для широкой части водохранилища. Выше точки *c*, соответствующей по высоте горизонту НПУ, располагается эрозионная часть отмели, которая в течение 10 лет согласно гидрологическому прогнозу будет соответствовать горизонту паводка 50%-ной обеспеченности, а для конечной стадии — горизонту 5%-ной обеспеченности. Угол наклона эрозионной части отмели для 10-летней δ_1 и для конечной стадии δ_2 устанавливается по углу наклона бечевника в зоне осенних паводков, так как паводок в водохранилище (по величине скорости течения и т. п.) более сходен с осенним, чем с весенним.

Приемы построения профиля подмываемого неустойчивого надводного откоса для 10-летней и устойчивого для конечной стадии аналогичны вышеописанным.

Учет вдольберегового перемещения наносов при прогнозе переработки берегов для отдельных районов водохранилища по рекомендациям А. С. Судольского (1983) или приближенно может быть выполнен изменением коэффициента аккумуляции в зависимости:

- а) от величины и направления наносодвижущих сил при разных горизонтах водохранилища;
- б) от изрезанности береговой линии и микрорельефа затопленной части территории;
- в) от наличия возможных очагов формирования наносов, т. е. участков берега, сложенных легкоразмываемыми породами, и их гранулометрического состава.

Используя метод анализа обстановки и аналогии, следует увеличивать в 1,5—2 раза и более или уменьшать на 25, 50 и 75% величину коэффициента аккумуляции, а также выделять участки берега, полностью абразионные или аккумулятивные. Наблюдения на существующих водохранилищах показывают, что перера-

ботка мысов в условиях воздействия волн разных направлений происходит энергично и для 10-летней стадии в 1,5—2 раза больше, чем по прогнозу двумерной задачи. Расхождения с данными прогноза в конечную стадию переработки берега на мысах и в вершинах бухт еще больше.

Метод природных аналогов Л. Б. Розовского. Разработан для прогноза переработки неоползневых берегов, сложенных преимущественно пылеватыми суглинками и супесями, на примере Днепровских водохранилищ. Аналоги, помещенные в альбоме Л. Б. Розовского, представляют собой инженерно-геологические карты участков побережья одного из водохранилищ Днепровского каскада. На картах показано положение бровки берега, горизонтали рельефа, НПУ в разные сроки наполнения и эксплуатации. Применение в качестве аналогов отдельных участков (вместо профилей) позволяет отчасти учитывать развитие процессов в пространстве. Прогноз выполняется путем интерпретации данных выбранного в альбоме аналога на оцениваемый объект берега. Выбор аналога производится по качественным оценкам и количественным критериям подобия. Вначале по качественным оценкам надо определить единообразие оцениваемого объекта и аналога: а) в механизме процессов переработки берегов; б) гидрологического режима; в) геологического строения берега; г) динамических типов берегов; д) методики получения параметров, входящих в критерии подобия, и расчетные формулы.

Далее вычисляются критерии геологического подобия (КГП) для объектов: энергия волнения, приведенная высота берега, объемная масса пород, коэффициент изменения прочности при увлажнении, угол сдвига, коэффициент аккумуляции, ширина в зоне волнового воздействия, глубина на внешнем крае отмели, глубина водохранилища в открытой части.

Вычисление энергии волнения E проводится, как указано в методе Е. Г. Качугина (1959).

Вычисление приведенной высоты берега h_6 определяется в зависимости от двух морфологических типов берега (табл. 6.7). Для первого типа она равна высоте бровки a над НПУ, т. е. $\bar{h}_6 = h_6$, где h_6 — высота берега. Для второго типа приведенная высота берега (\bar{h}_6) определяется по графикам на рис. 6.13 и 6.14. На рис. 6.13 по величине расчетной энергии волнения E и крутизне склона находим ориентировочную величину размыва S . Затем по графику на рис. 6.14 по величине S и крутизне склона определяется h_6 .

Средняя величина объемной массы толщи пород Δ (t/m^3) вычисляется как среднее значение объемной массы слоев, залегающих в зоне переработки от глубины бровки отмели на внешнем крае до верха надводного уступа.

Средний угол сдвига $\psi_{ср}$ вычисляется как средневзвешенное для всех литологических разностей пород в зоне переработки. Коэффициент аккумуляции наносов Z_0 на данном участке берега принимается равным содержанию фракции крупнее 0,05 мм, выражен-