

**Количественная оценка устойчивости склонов Куйбышевского
водохранилища**

Научный руководитель – Трофимов Виктор Титович

Прасолов Андрей Александрович

Студент (бакалавр)

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, Геологический
факультет, Кафедра инженерной и экологической геологии, Москва, Россия

E-mail: ghfcjkjdfylhtq@yandex.ru

Среди склоновых процессов широко распространены оползни, обвалы и осыпи. Расчёт устойчивости склонов и оползневого давления важен при проведении мер их инженерной защиты. Для количественной оценки устойчивости оползневых склонов используются различные инженерно-геологические расчётные методы [1]. В данной работе приведены расчёты по двум группам методов: основанным на напряжённом состоянии в пределах всего склона (метод Маслова) и по определяемой поверхности скольжения (методы систем плоских поверхностей Шахунянца, Чугаева и Куваева). Объектом изучения были склоны правого берега Куйбышевского водохранилища около г. Новоульяновск в связи со строительством газопровода Старая Бинарадка-Ульяновск. Они сложены гравийной и суглинистой аллювиальными формациями, а также плиоценовыми песками, верхнемеловыми мергелями, нижнемеловыми глинами; для них определены расчётные показатели γ , ϕ , C .

На основе полученной исходной информации для разрезов 6Б, 8Б и 9Б проводились расчёты устойчивости склонов по вышеперечисленным методам (рис. 1-3), при этом для метода Куваева расчёты проводились только для скальных грунтов (мергелей). Под стандартными условиями подразумевается расчёт устойчивости склонов с учётом гидродинамического давления вод водохранилища при нормальном уровне, а также гидродинамического давления подземных вод. Это воздействие принималось за 100%, а влияние других факторов: сейсмического воздействия, энергии волн методом Кондратьева, карстовой полости методом Бирбаумера и затопления берега принимались с соответствующей вероятностью. Также рассчитывались коэффициент устойчивости склонов, изменение сдвигающей силы ΔF , а при $k_y < 1$ оползневое давление. При анализе результатов можно сделать следующие выводы. Для изученных склонов значения коэффициента устойчивости различными методами близки, что показывает минимальное влияние погрешности методов на получаемый результат, при этом они близки к 1, то есть склоны находятся в предельном равновесии. Даже малое дополнительное воздействие на склон в виде слабого землетрясения, энергии волн водохранилища, подъёма уровня вод водохранилища и образования карстовых воронок могут приводить к сходам оползней, то есть будет значение $k_y < 1$. Наибольшее воздействие на устойчивость склона может оказать техногенный фактор повышения уровня водохранилища до форсированного подпорного уровня до 88% от воздействия при стандартных условиях, а оползневое давление на 1 погонный метр превышает 100 кПа. Среди природных факторов наибольшую опасность может представлять землетрясение в 7 баллов, однако оно встречается наиболее редко; с учётом вероятности возникновения для разрезов 8Б и 9Б наибольшее влияние будет оказывать энергия волн. Так, вероятность схода оползней на склонах высока, поэтому необходимо применять меры по защите склонов для их большей устойчивости с учётом ухудшающих факторов.

Источники и литература

- 1) Калинин Э.В. Инженерно-геологические расчёты и моделирование. М: 2006, 257 с.

Иллюстрации

Условия расчёта (вероятность за 50 лет)	ΔF , кН (влияние в %)	K_y , б/р	$E_{оп}$, кПа
Без дополнительных условий (метод Шахунянца)	0	1,44	-
С учётом гидродин. давления подв. вод	369	1,08	-
С учётом гидродин. давл. водохранилища	93	1,33	-
Стандартные условия (с учётом гидродин. давления подв. вод и водохранилища) 100%	462	1,02	-
Влияние сейсмичности 5 баллов (10% обеспеченность)	14%	0,98	32,8
Влияние сейсмичности 6 баллов (5% обес-сть)	25%	0,95	84,6
Влияние сейсмичности 7 баллов (1% обес-сть)	45%	0,90	179
Влияние энергии волн, h=2,0 м (15% обес-сть)	7%	1,00	0,3
Влияние энергии волн, h=2,2 м (10% обес-сть)	10%	0,99	14,9
Влияние энергии волн, h=2,5 м (5% обес-сть)	16%	0,97	43,9
Повышение УВ водохранилища 0,9 м (15% обес-сть)	4%	1,01	-
Повышение УВ водохранилища 1,2 м (10% обес-сть)	8%	0,99	7,5
Повышение до ФПУ 2,3 м (техноген. фактор)	47%	0,89	188
Стандартные условия (метод Маслова)	-	1,04	-
Стандартные условия (метод Чугаева)	-	1,02	-
Только с учётом гидродин. давления водохранилища	-	1,11	-
Только с влиянием сейсмичности 5 баллов	-	1,05	-
Только с влиянием сейсмичности 6 баллов	-	0,99	-
Только с влиянием сейсмичности 7 баллов	-	0,90	-
Влияние сейсмичности 5 баллов	-	0,95	-
Влияние сейсмичности 6 баллов	-	0,89	-
Влияние сейсмичности 7 баллов	-	0,80	-

Рис. 1. Результаты расчёта устойчивости склона Куйбышевского водохранилища по разрезу 6Б

Условия расчёта (вероятность за 50 лет)	ΔF , кН (влияние в %)	K_y , б/р	$E_{оп}$, кПа
Без дополнительных условий (метод Шахунянца)	0	1,26	-
С учётом гидродин. давления подз. вод	62	1,13	-
С учётом гидродин. давл. водохранилища	74	1,10	-
Стандартные условия (с учётом гидродин. давления подз. вод и водохранилища) 100%	136	1,00	-
Влияние сейсмичности 5 баллов (10% обеспеченность)	17%	0,97	21,0
Влияние сейсмичности 6 баллов (5% обес-сть)	34%	0,94	43,4
Влияние сейсмичности 7 баллов (1% обес-сть)	64%	0,89	84,1
Влияние энергии волн, $h=2,0$ м (15% обес-сть)	25%	0,95	31,7
Влияние энергии волн, $h=2,2$ м (10% обес-сть)	39%	0,93	50,2
Влияние энергии волн, $h=2,5$ м (5% обес-сть)	64%	0,89	84,2
Повышение УВ водохранилища 0,9 м (15% обес-сть)	5%	0,99	4,3
Повышение УВ водохранилища 1,2 м (10% обес-сть)	14%	0,97	16,9
Повышение до ФПУ 2,3 м (техноген. фактор)	88%	0,85	116
Стандартные условия (метод Маслова)	-	1,00	-
Стандартные условия (метод Чугаева)	-	1,03	-
Только с учётом гидродин. давления водохранилища	-	1,09	-
Только с влиянием сейсмичности 5 баллов	-	1,04	-
Только с влиянием сейсмичности 6 баллов	-	0,99	-
Только с влиянием сейсмичности 7 баллов	-	0,94	-
Влияние сейсмичности 5 баллов	-	0,98	-
Влияние сейсмичности 6 баллов	-	0,92	-
Влияние сейсмичности 7 баллов	-	0,87	-
Стандартные условия (метод Куваева) 2D	-	1,02	-
Влияние сейсмичности 5 баллов	48%	0,93	51,2
Влияние сейсмичности 6 баллов	72%	0,89	84,0
Влияние сейсмичности 7 баллов	98%	0,81	160

Рис. 2. Результаты расчёта устойчивости склона Куйбышевского водохранилища по разрезу 8Б

Условия расчёта (вероятность за 50 лет)	ΔF , кН (влияние в %)	K_y , б/р	$E_{оп}$, кПа
Без дополнительных условий (метод Шахунянца)	0	2,63	-
С учётом гидродин. давления подз. вод	622	1,09	-
С учётом гидродин. давл. водохранилища	80	2,22	-
Стандартные условия (с учётом гидродин. давления подз. вод и водохранилища) 100%	702	1,01	-
Влияние сейсмичности 5 баллов (10% обеспеченность)	5%	0,98	23,5
Влияние сейсмичности 6 баллов (5% обес-сть)	10%	0,95	60,6
Влияние сейсмичности 7 баллов (1% обес-сть)	20%	0,90	128
Влияние энергии волн, h=2,0 м (15% обес-сть)	6%	0,97	30,8
Влияние энергии волн, h=2,2 м (10% обес-сть)	9%	0,95	54,8
Влияние энергии волн, h=2,5 м (5% обес-сть)	16%	0,92	98,2
Повышение УВ водохранилища 0,9 м (15% обес-сть)	5%	0,98	23,3
Повышение УВ водохранилища 1,2 м (10% обес-сть)	9%	0,95	54,7
Повышение до ФПУ 2,3 м (техноген. фактор)	41%	0,80	279
Влияние карста (круглый цилиндр: h=5 м, R=1 м)	11%	0,94	68,3
Влияние карста (воронка)	3%	0,99	11,4
Стандартные условия (метод Маслова)	-	1,00	-
Стандартные условия (метод Чугаева)	-	1,01	-
Только с учётом гидродин. давления водохранилища	-	1,35	-
Только с влиянием сейсмичности 5 баллов	-	1,31	-
Только с влиянием сейсмичности 6 баллов	-	1,27	-
Только с влиянием сейсмичности 7 баллов	-	1,19	-
Влияние сейсмичности 5 баллов	-	0,95	-
Влияние сейсмичности 6 баллов	-	0,88	-
Влияние сейсмичности 7 баллов	-	0,76	-
Стандартные условия (метод Куваева) 2D	-	1,01	-
Стандартные условия (метод Куваева) 3D	-	1,02	-
Влияние сейсмичности 5 баллов	8%	0,96	47,9
Влияние сейсмичности 6 баллов	18%	0,91	114
Влияние сейсмичности 7 баллов	33%	0,84	219

Рис. 3. Результаты расчёта устойчивости склона Куйбышевского водохранилища по разрезу 9Б