

## ОДЕССКИЕ ОПОЛЗНИ

Гришин В.А., Гришин А.В. (*Одесская государственная академия строительства и архитектуры, г. Одесса*)

**В статье рассматриваются вопросы динамики оползневых процессов одесских склонов и совершенствования методов их расчета.**

Борьба с оползнями на склонах Одесского побережья ведется уже около 200 лет. По их происхождению и по мероприятиям их стабилизации было опубликовано более 100 научных работ и предложено 11 теорий, но далее гипотез дело пока не продвинулось. По одной из последних качественных гипотез во-первых, Одесское побережье разделяется на ряд амфитеатров, обусловленных оползневыми процессами, и во-вторых, сами оползни подразделяются на 4 типа [1]. Наиболее распространенными являются оползни четвертого типа, которые охватывают надводную и подводную части склона. Эти оползни характеризуются большой глубиной распространения (до 20 м ниже уровня моря), а их языки, расположенные в подводной части склона, непрерывно размываются прибоем. На основании этой гипотезы утверждается, что основным фактором разрушения склонов является постоянный размыв прибоем их подводной и надводной частей, что исключает возможность самозатухания оползневых процессов. Трещины на плато и обвалы его лессовых суглинков, накапливаясь, создают дополнительные сдвигающие усилия и вызывают резкую активизацию смещения крупных оползневых блоков и деформации мезотических глин. Такая катастрофическая подвижка обычно охватывает весь амфитеатр. Плоскость скольжения в верхней части склона почти вертикальная, в средней части представляет поверхность вращения, а затем она принимает горизонтальное положение, не поднимаясь в нижней части вверх. Следовательно, развитие оползней определяется в основном следующими факторами: крутизной склона; силами трения по плоскости скольжения; скоростью размыва нижней части склона; количеством оползших суглинков с верхней части склона; изменением во времени прочностных и деформационных характеристик грунтов склона и грунтовыми водами. Один из Одесских склонов, который был подвержен оползням, показан на рис. 1 (Склон на мысе Большой Фонтан). В настоящее время этот склон со стороны моря укреплен подпорной стенкой и наброской из бетонных массивов, как показано на рис. 2.



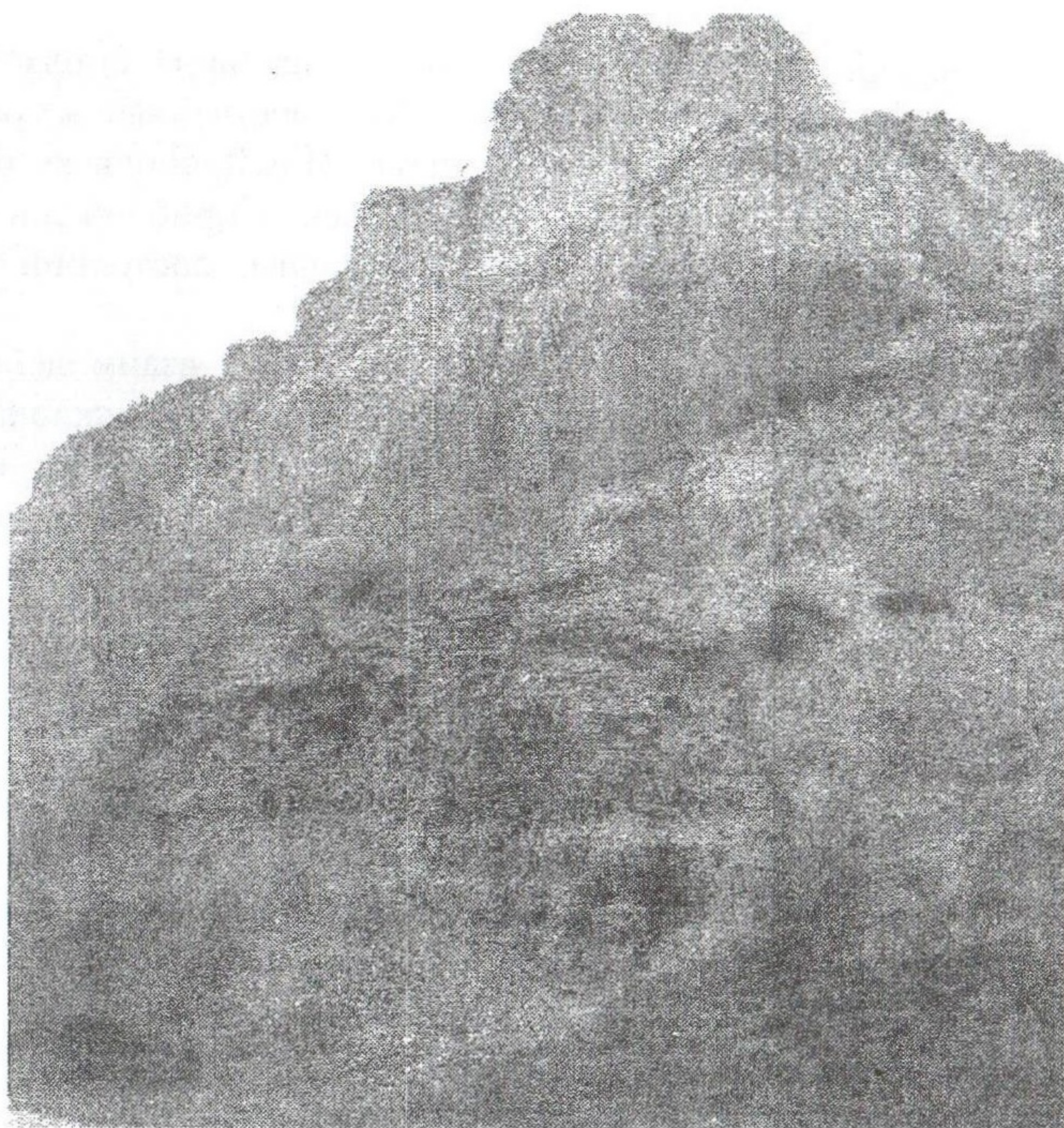


Рис.1. Склон на мысе Большой Фонтан



Рис.2. Укрепление склона со стороны моря



В основном при изучении склонов и возникающих оползней выполнялись их качественные исследования. Количественные же расчеты склонов производились по формулам проф. И.В.Яропольского [2] и проф. Н.Н.Маслова [3], которые являются весьма приближенными, и относятся к расчетам по первой группе предельных состояний (расчеты на устойчивость и прочность).

Динамика оползневых процессов, связанная с взаимодействием грунтовых массивов с инженерными сооружениями на склонах или вблизи их, изучена слабо. Возникающие смещения основания, вызванные оползнеобразующими факторами, могут быть также недопустимыми для нормальных условий эксплуатации сооружений, т. е. для освоения склонов и прилегающих к ним территорий необходимо знать их деформации. Поэтому для предотвращения опасных последствий возникает необходимость расчета склонов по второй группе предельных состояний (деформационные расчеты) с учетом больших деформаций. Деформирование и устойчивость склонов должны рассматриваться как единый процесс, поэтому и методы расчета должны с единых позиций определять как напряженное, так и деформированное их состояние. Далее, принятый критерий потери несущей способности грунтового массива по В. Т. Койтеру [5] реализуется не при малых, а при больших деформациях. Нелинейные модели грунтовых сред и методы их расчета по разработанному программному комплексу, предложенные в [4], позволяют реализовать такой подход.

Выполненные расчеты склонов по этим методам дают возможность решать следующие вопросы. Во-первых, по определяемым в любых точках грунтовых массивов напряжениям и деформациям можно устанавливать положение ослабленных зон, а, следовательно, областей начального зарождения и отрыва по поверхностям разрушения части склонов. Во-вторых, можно также выявлять объемы грунта, вовлекаемые в движение. В-третьих, более точно планировать и разрабатывать мероприятия по их регулированию и укреплению, что позволит не допускать катастрофических последствий, связанных с разрушением склонов, уменьшить количество непригодных городских и сельскохозяйственных территорий, вызванных оползнями, и своевременно избегать других негативных явлений.

Рассмотрим расчет одного из Одесских склонов, расчетная схема которого показана на рис. 3. Используем упругопластическую модель с упрочнением согласно теории, изложенной в [4]. Основные механические характеристики грунтов склона по слоям приведены в следующей таблице.



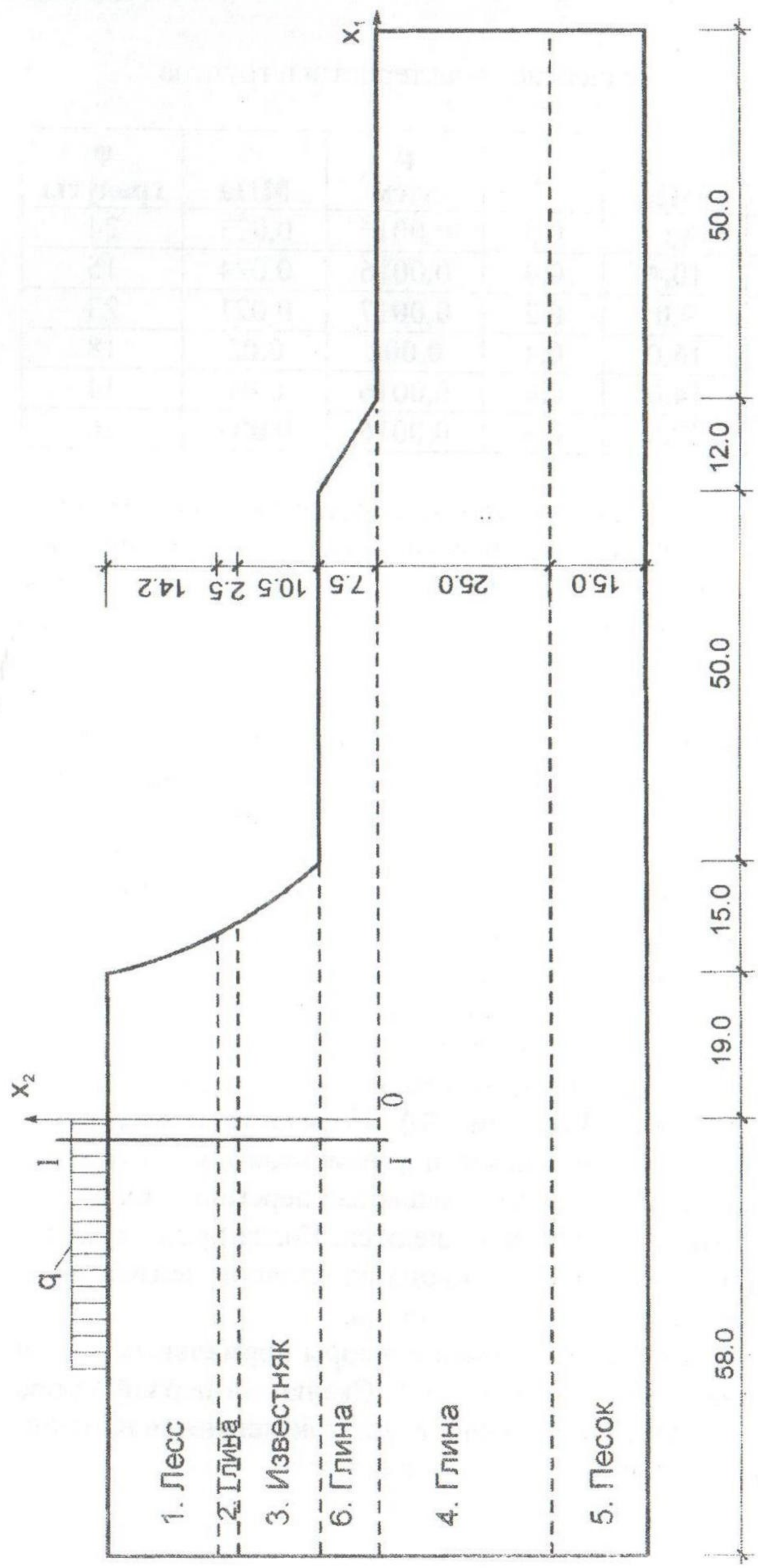


Рис. 3. Расчетная схема склона



Основные механические характеристики грунтов

№	Грунт	Е МПа	$\mu$	$\rho$ кг/см <sup>3</sup>	c МПа	$\varphi$ градусы
1.	Лесс	8,6	0,3	0,0016	0,023	24
2.	Глина	10,4	0,4	0,0016	0,024	15
3.	Известняк	9,0	0,2	0,0017	0,021	23
4.	Глина	16,0	0,4	0,002	0,02	18
5.	Глина	14,0	0,4	0,0016	0,01	14
6.	Песок	28,0	0,3	0,0016	0,005	26

В результате расчета от действия только собственного веса грунтов склона определены, возникшие в них пластические зоны, они показаны на рис. 4. Из схемы этого рисунка следует, что в упругопластическом состоянии находится отложение понта, состоящее главным образом из известняка, представляющего собой трещиноватую среду, которая в некоторых его областях содержит каверны и карстовые полости, заполненные красно-бурой глиной, залегающей над его слоем. Ширина трещин изменяется от волосяных до 0,5 м. Часть мезотических глин и песка, расположенных под наклонным участком склона, также перешли в упругопластическое состояние. На основании приведенной схемы можно сделать заключение, что склон находится пока в устойчивом положении, так как нет пластических областей, границы которых с двух противоположных сторон, выходили бы на его свободные поверхности и по принятому в данной работе критерию В. Т. Койтера [5] предельного состояния склона не наступает.

На рис. 5. показаны эпюры горизонтальных и вертикальных перемещений склона по сечению I-I (см. рис. 3.). Горизонтальные перемещения  $u_1$  направлены в сторону склона и увеличиваются с глубиной грунта, т.е. происходит его выпор. Вертикальные перемещения  $u_2$  отрицательные и с глубиной грунта уменьшаются. Когда произошли такие перемещения и само образование склона во времени неизвестно и не может быть подтверждено экспериментально.

На рис. 6 и 7 приведены соответственно эпюры нормальных  $\sigma_{11}$  и касательных  $\sigma_{12}$  напряжений по сечению I-I. Скачки на первой эпюре происходят на границе слоев грунта склона, так как меняются их свойства. Для касательных напряжений они неизвестны.



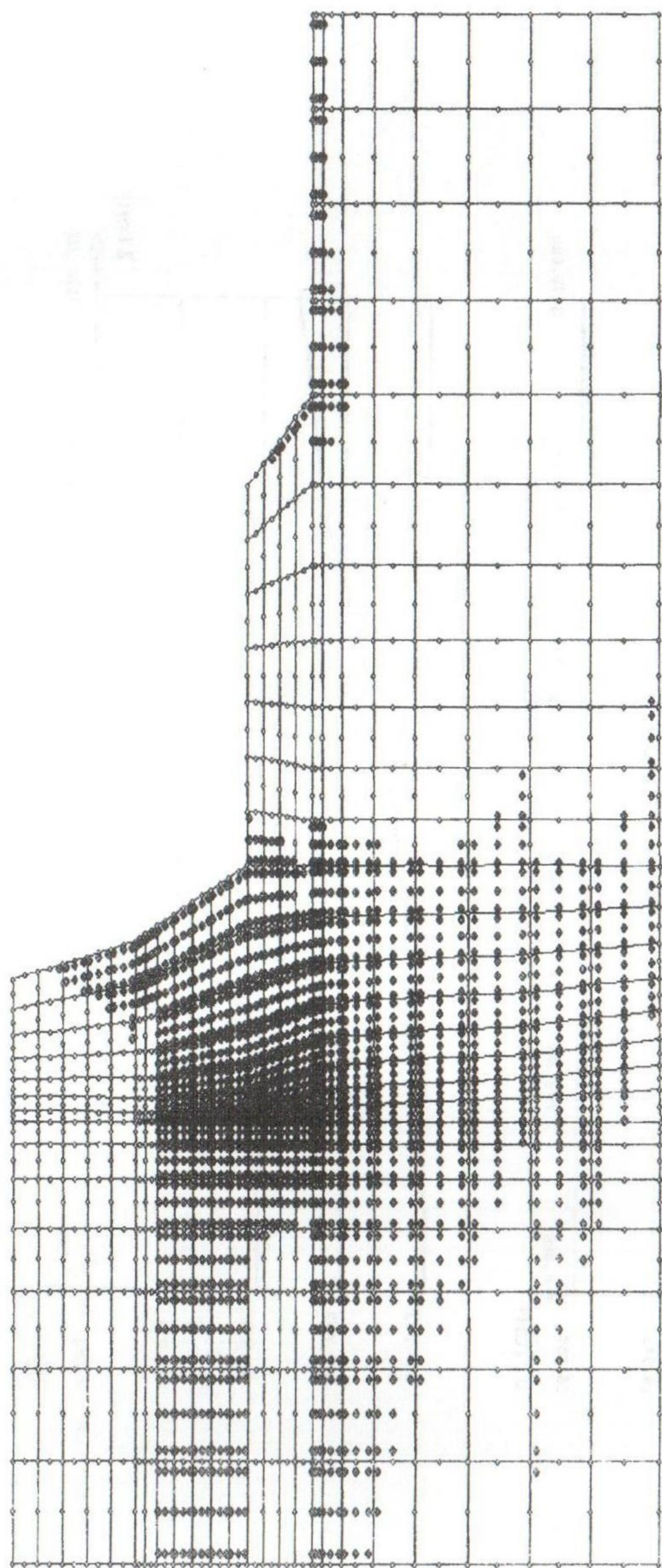


Рис. 4. Схема образования пластических зон склона от его собственного веса



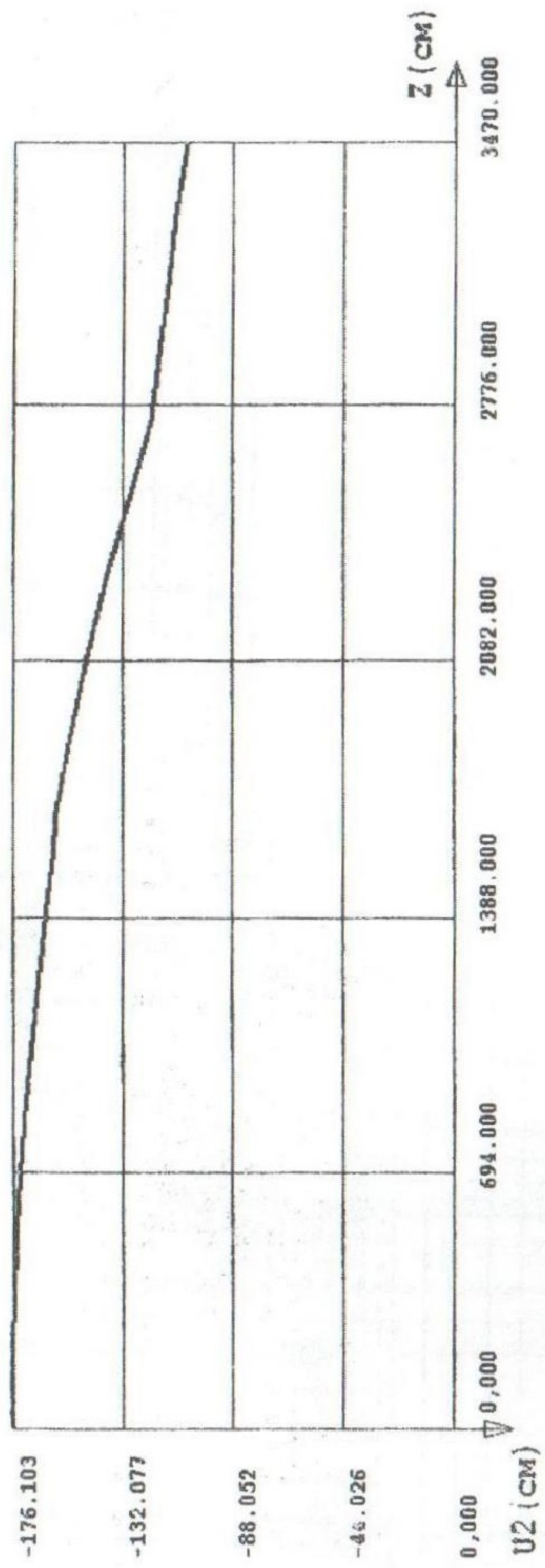
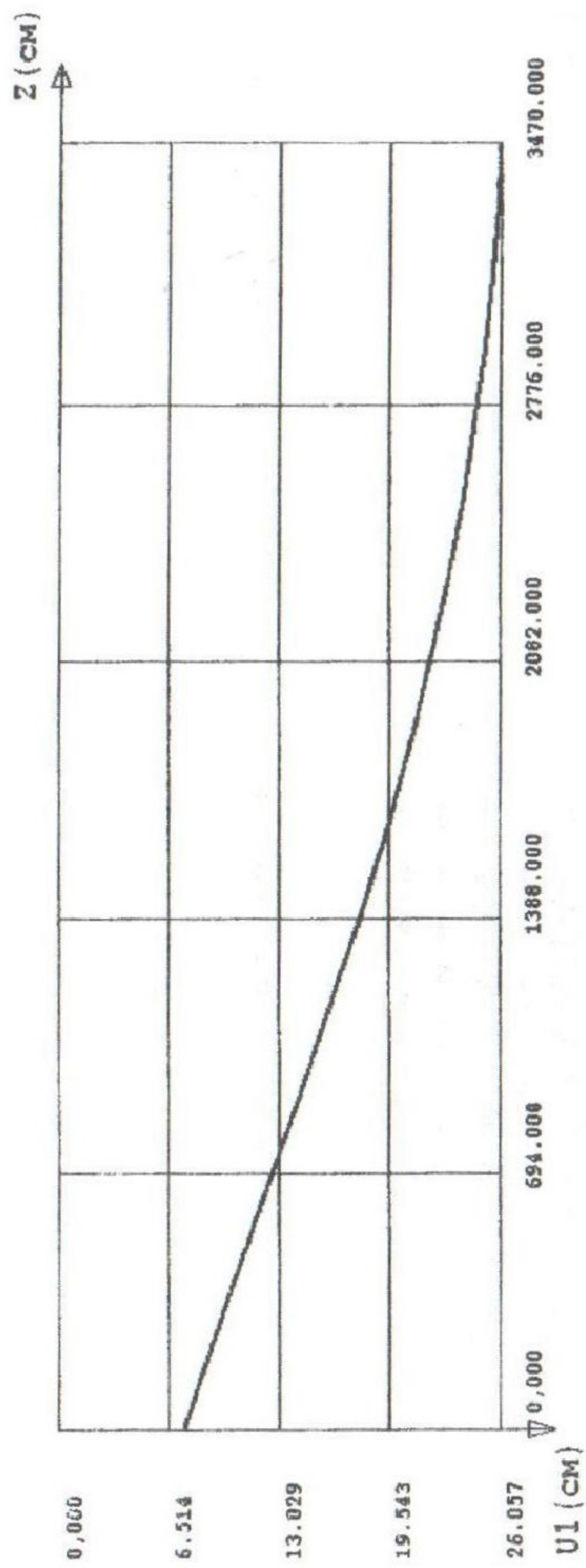


Рис. 5. Горизонтальные  $U_1$  и вертикальные  $U_2$  перемещения склона по сечению I-I



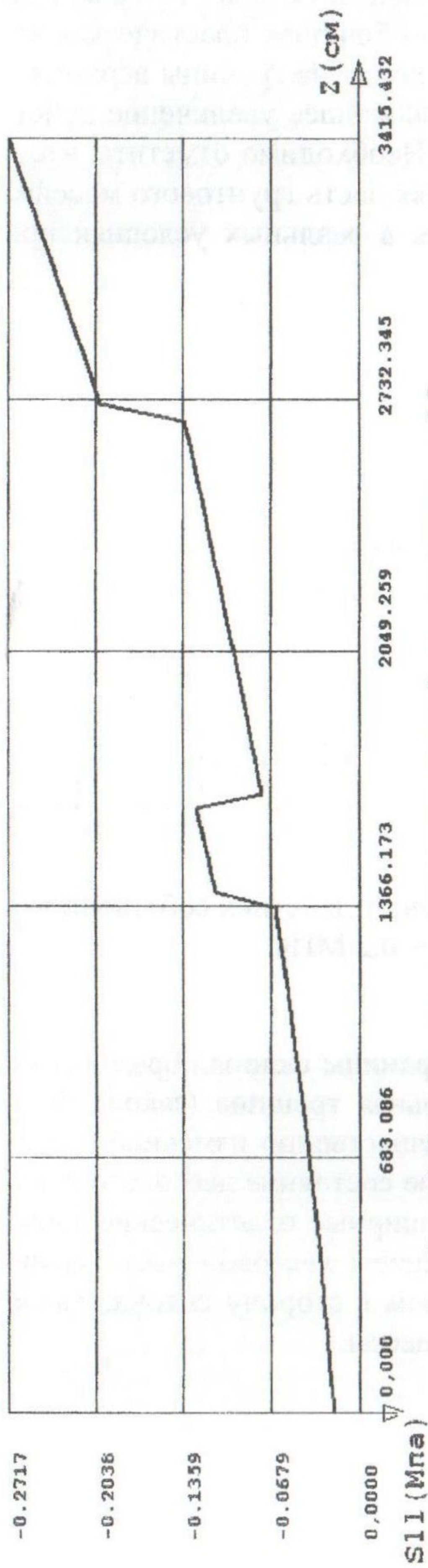


Рис. 6. Эпюра нормальных напряжений  $\sigma_{11}$  по сечению I-I

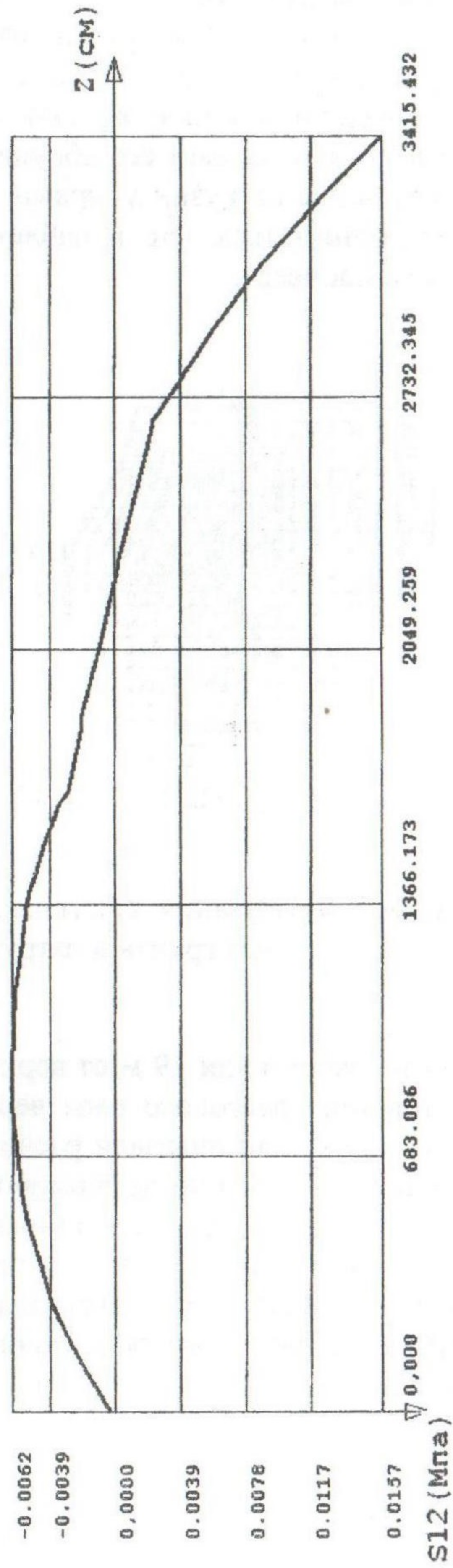


Рис. 7. Эпюра касательных напряжений  $\sigma_{12}$  по сечению I-I



Исследовался случай, когда на плато у склона дополнительно действует распределенная нагрузка интенсивностью  $q = 0,2$  МПа, (смотри рис. 3). Ее протяженность по верхней плоскости склона составляет 33 м. В результате в массиве грунта возникла обширная пластическая зона, которая показана на рис. 8. Эта зона выходит на границы верхней и боковой поверхностей склона, поэтому дальнейшее увеличение действующей нагрузки вызовет его обрушение. Необходимо отметить, что с ростом величины нагрузки  $q$  правая нижняя часть грунтового массива начинает подниматься, что и наблюдается в реальных условиях при оползневом процессе.

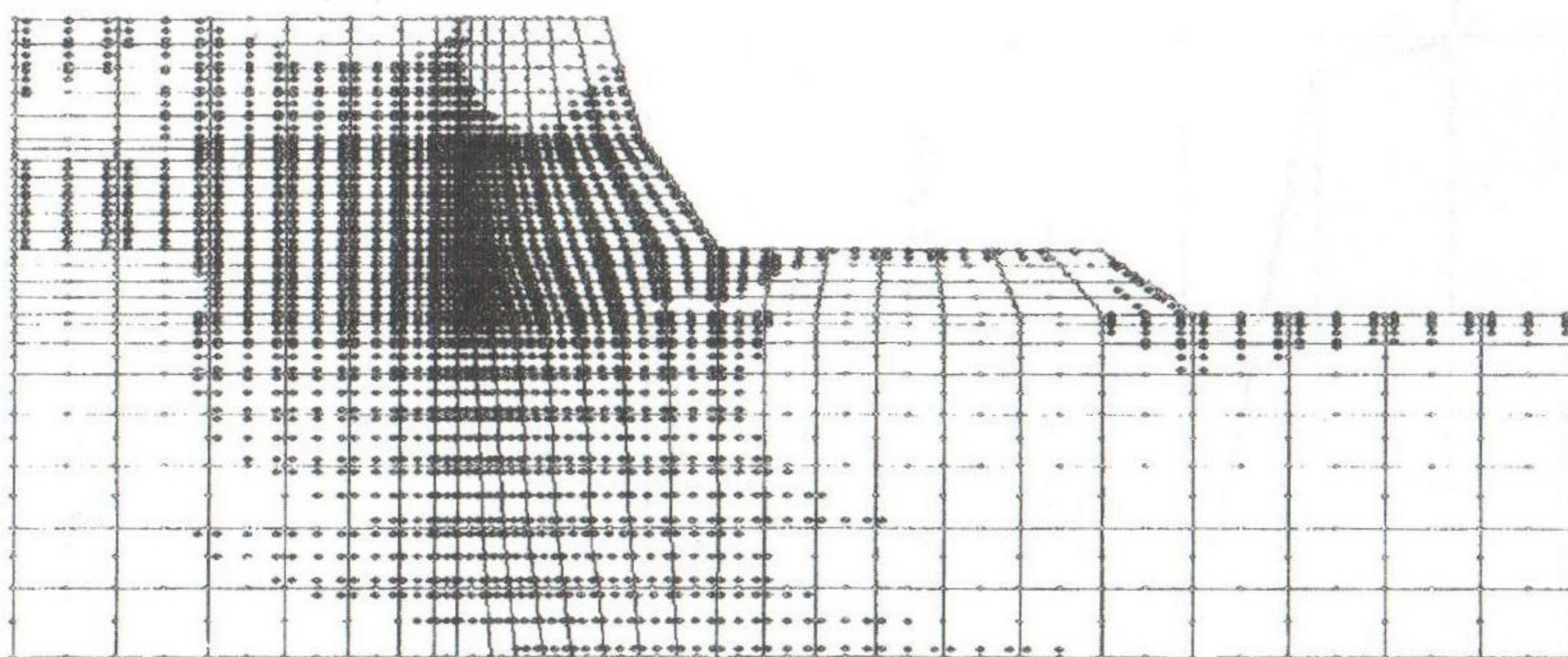


Рис. 8. Схема образования пластических зон от действия собственного веса грунта и нагрузки  $q = 0,2$  МПа

Пусть на расстоянии 19 м от верхней границы склона образовалась на всю толщину лессового слоя вертикальная трещина (закол). Возникшая трещина, как показали расчеты, существенно изменила в худшую сторону напряженно-деформированное состояние лессового слоя. По обе ее стороны образовались новые обширные пластические зоны. Определилось сползание правой отколовшейся лессовой части выше понтических известняков с запрокидыванием в сторону склона. Такое смещение часто наблюдается на склонах Одессы.



### *Заключение*

Основной причиной образования Одесских оползней является отмыв морскими волнами присклоновой территории, которая является остатком предыдущего оползня. На это в свое время указывали А. М. Дранников, Е. П. Емельянова, И. Я. Яцко, Г. Н. Аксентьев и др. Был рассмотрен случай, когда уменьшается ширины оползневой террасы вследствие морской абразии. Расчетом установлено, что при таком воздействии образуются пластические зоны, которые неизбежно вызовут в склоне развитие глубокого оползня. При этом наблюдается поднятие морского дна в районе отмытого грунта и далее правее от него.

Какие же процессы происходят в районах оползневых Одесских склонов? После очередного оползневого смещения, когда язык оползня выдвигается в сторону моря на наибольшую величину, запас устойчивости склона является максимальным. Затем, с течением времени, происходит отмыв прибоем перемещенного грунта. В результате наступает такое состояние склона, когда его потеря устойчивости неизбежна. Такой процесс повторяется до нового оползня, он препятствует выработке устойчивого профиля склона.

### *Литература*

1. Оползни Черноморского побережья Украины. – М.: Недра, 1977. – 103 с.
2. Яропольский И.В. Основания и фундаменты. – Л.: Водтрансиздат, 1954. – 455 с.
3. Маслов Н.Н. Механика грунтов в практике строительства. М.: Стройиздат, 1977. – 320 с.
4. Гришин В.А., Дорофеев В.С. Нелинейные модели конструкций, взаимодействующих с грунтовой средой. – Одесса: Внешрекламсервис, 2006. – 242 с.
5. Койтер В.Т. Общие теоремы теории упругопластических сред. – М.: Изд. иностранной литературы, 1961. – 79 с.