

## Вопросы противооползневой защиты подтопленных склонов

М.В. Лехов

Постановка наблюдений, определения компонентов геологической среды и выбор мер защиты требуют понимания задач, решению которых результаты способствуют проектированию и эксплуатации сооружения. Склоны речных долин, предгорий, как правило, находятся в подтопленном состоянии, которое характеризуется тремя гидрогеологическими факторами: разгрузкой подземных вод сверху, со стороны водораздела, подтоплением, подпором со стороны днища долины и затоплением нижней части склона. Факторы создают силовое воздействие на устойчивость массива горных пород:

1. Со стороны водораздельного массива разгрузка водоносного горизонта формирует нисходящий фильтрационный поток в склоновых отложениях. Его действие определяет гидродинамическую силу, увеличивающую сдвиговые напряжения и, так называемое, оползневое давление.

2. Подошвенная часть склона вблизи реки, на пойменных террасах содержит водоносный горизонт, связанный с рекой, подземными водами нижней части разреза междуречного массива и получающий питание за счет потока, нисходящего по склону. Главной силой является гидростатическое взвешивание горных пород, уменьшающее эффективные напряжения, следовательно, сопротивление сдвигу.

3. Затопленная часть склона испытывает гидростатическое давление на поверхность, прижимающее горные породы к массиву, создавая противодействие оползневому сдвигу. С другой стороны, породы под водой находятся во взвешенном состоянии, их вес меньше, и меньше кулоновское сопротивление сдвигу.

Помимо всего обводнение горных пород снижает показатели внутреннего трения и сцепления, определяющие сопротивление оползневому сдвигу.

Постановка мониторинга как мероприятия противооползневой защиты может производиться только после детального гидрогеологического изучения склона (включая геоморфологию и гидрологию) и анализа перечисленных факторов. Мониторинг состоит из разовых гидродинамических съемок (меженной, паводковой) и режимных наблюдений за уровнями подземных и поверхностных вод. Пункты измерений и наблюдений – гидрогеологические фильтровые скважины и временные водопосты на урзе реки.

Размещение и конструкция скважин определяется анализом уровней подземных вод, который производится путем построения карты гидроизогипс, гидрогеологических разрезов. Гидрогеологический мониторинг должен осуществляться в комплексе с наблюдениями за осадочными, горизонтальными деформациями и проявлениями суффозионных просадок. Простейшие пункты таких наблюдений – грунтовые реперы,

настенные марки с определенным периодом измерений (например, месячным, сезонным...).

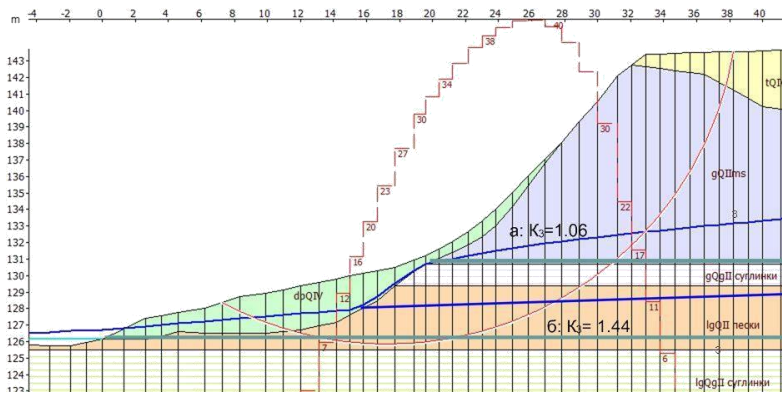
Обоснованным подходом исследований является построение численных гидрогеологических моделей по материалам изысканий, опытных испытаний, фондовых данных. На модели оптимизируется размещение мероприятий, определяется масштаб и характер изменчивости факторов влияния. Полезны на этапе проектирования гидрогеомеханические расчеты устойчивости с использованием простых моделей оценки предельного равновесия склона.

Практический пример сравнительных оценок - проект укрепления берега р. Москвы ниже Спасского моста в зоне особо охраняемой природной территории (исполнители НПО «Эколандшафт» и геологический факультет МГУ). На береговом склоне наблюдаются ярусные выходы подземных вод. На уровне бечевника к озерно-ледниковым пескам приурочен подморенный водоносный горизонт. В 6 м над урезом реки на склоне происходит разгрузка межморенного водоносного горизонта. Размещение зданий и дорог вблизи бровки крутого склона уже привело к оползневым подвижкам, захватывающим значительные объемы. В непосредственной близости от участка наблюдается возобновление деформаций. Их причиной помимо геометрии и глинистого строения склона служат подземные воды, разгрузка которых затруднена, что приводит к взвешиванию грунтов и суффозионному выносу под урезом реки.

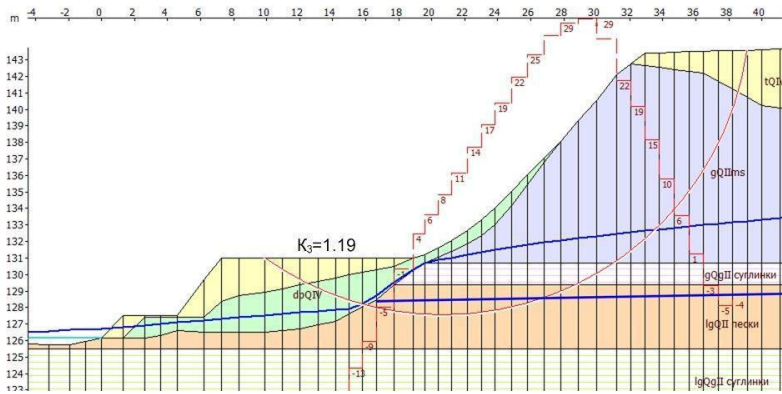
Анализ показал, что склон уже находится в состоянии, близком к предельному равновесию. При неблагоприятном сочетании показателей свойств грунтов величина  $K_z$  оказывается менее 1,1. Подтверждением служат наблюдаемые деформации. Пример наглядно демонстрирует значимость обводнения склона и дренажа как эффективного мероприятия по его защите.

На рисунке 1 приведена схема-разрез склона с  $K_z = 1,06$ . Вариант «а» соответствует существующей поверхности подземных вод, вариант «б» – горизонтальной поверхности в условиях дренирования. Воздействие на подземные воды должно быть комплексным: устранение кольматации дна, создание дрены на пойме и, возможно, самотечный сброс вод из морены в нижележащий горизонт скважинами. Комплекс подход к дренированию склона повышает  $K_z$  до 1,44.

Из схемы на рисунке 2 следует, что подпорная призма тоже повышает запас устойчивости берегового склона  $K_z$ , но всего лишь до 1,19. Поэтому, подпорные стенки должны применяться только в комплексе с дренажными мероприятиями, который следует устраивать в их тыловой части. Кроме того, сами подпорные стенки должны иметь дренирующее основание и быть проницаемыми.



**Рис. 1.** Расчет программой SLUMP устойчивости оползневого берега р. Москвы: а – современное положение поверхности подземных вод (синие кривые),  $K_3 = 1,06$ ; б – имитация горизонтальной дренированной поверхности подземных вод (зеленая линия),  $K_3 = 1,44$ . Ступенчатая диаграмма – распределение избыточной силы сдвига.



**Рис. 2.** Расчет устойчивости берега с подпорной призмой, без мероприятий по дренированию подземных вод ( $K_3 = 1,19$ )

В исследованиях склонов и выборе защитных мероприятий, в частности, необходимо понимание того, что не может быть универсальных правил. В любом конкретном случае требуется индивидуальный анализ гидрогеологических и инженерных условий.