УДК 556.34

Ю.А.НОРВАТОВ, И.Б.ПЕТРОВА, В.В.НАЗИМА, И.В.ТУГАРОВ
Научно-исследовательский институт горной геомеханики и маркшейдерского дела (*ОАО ВНИМИ*), *Санкт-Петербург*, *Россия*

ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ НА УЧАСТКЕ ОПОЛЗНЕВОГО СКЛОНА В г.СОЧИ

Для оценки напряженного состояния породных массивов оползневого склона в г.Сочи оборудовано 10 наблюдательных станций – буровых скважин глубиной 50-150 м с размещенными в них датчиками гидростатического давления. По результатам наблюдений, которые выполнялись в течение двух лет, установлены закономерности режима подземных вод и уточнено гидрогеологическое строение оползневого склона. Зафиксированы незначительные изменения напряженного состояния слабопроницаемого массива палеогеновых пород и покровных отложений. Периодические смещения покровных отложений глинистого состава обусловлены сезонными изменениями их физико-механических свойств.

To form an estimate of stress state of rock mass of a sliding-down slope, in the town of Sochi 10 observation stations – bore holes were built-up at the depth of 50-150 m with the arranged sensing elements for hydrostatic pressure measurements. According to the results of observations which were carried out for two years, the regularities of groundwater flow were established, and also the hydrogeological structure of the sliding-down slope was revised. The sensor readings indicated the slight changes in stress state of the low-permeable paleogenic rock and overlaying sedimentaries. The periodical movements of overlaying sedimentaries of clay composition are attributed to the seasonal variations of their physical and mechanical properties.

В связи с реконструкцией Северо-Кавказской железной дороги на участке Туапсе – Сочи – Адлер особое внимание уделяется устойчивости склонов, в основании которых по берегу Черного моря проложено железнодорожное полотно.

Активные оползневые процессы на Кавказском побережье изучались в течение многих десятков лет. Однако вопросы, связанные с силовым влиянием подземных вод на состояние оползневых массивов, оставались до настоящего времени недостаточно исследованными по объективным причинам. Оползневые массивы в этом регионе представлены отложениями глинистого состава, поэтому непосредственная оценка гидростатического давления, определяющего напряженное состояние слабопроницаемых пород, не могла быть выполнена с применением обычных наблюдательных скважин – открытых пьезометров. Эта задача решалась на участке оползневого склона г.Сочи с использованием датчиков гидростатического давления, позволяющих замерять давление подземных вод в слабопроницаемых отложениях.

Протяженность изучаемого участка оползневого склона вдоль береговой линии составляет около 1 км при ширине по откосу 200-300 м. Перепад высот по склону достигает 250 м. Оползневый массив сложен палеогеновыми образованиями, перекрытыми четвертичными отложениями мощностью порядка 10 м. Тектоническое строение толщи палеогеновых отложений сложное: в средней части рассматриваемого участка диагонально береговой линии фиксируется крутопадающий Воронцовский надвиг, осложненный Мамайской поперечной структурой (рис.1). В висячем боку надвига развиты флишоидные отложения мамайской свиты, представленные в основном темно-серыми аргиллитами с маломощными прослоями песчаников. В лежачем боку надвига залегают аргиллиты сочинской свиты с редкими прослоями песчаников. Мощная зона Воронцовского надвига сложена перемятыми и дезинтегрированными породами гли-

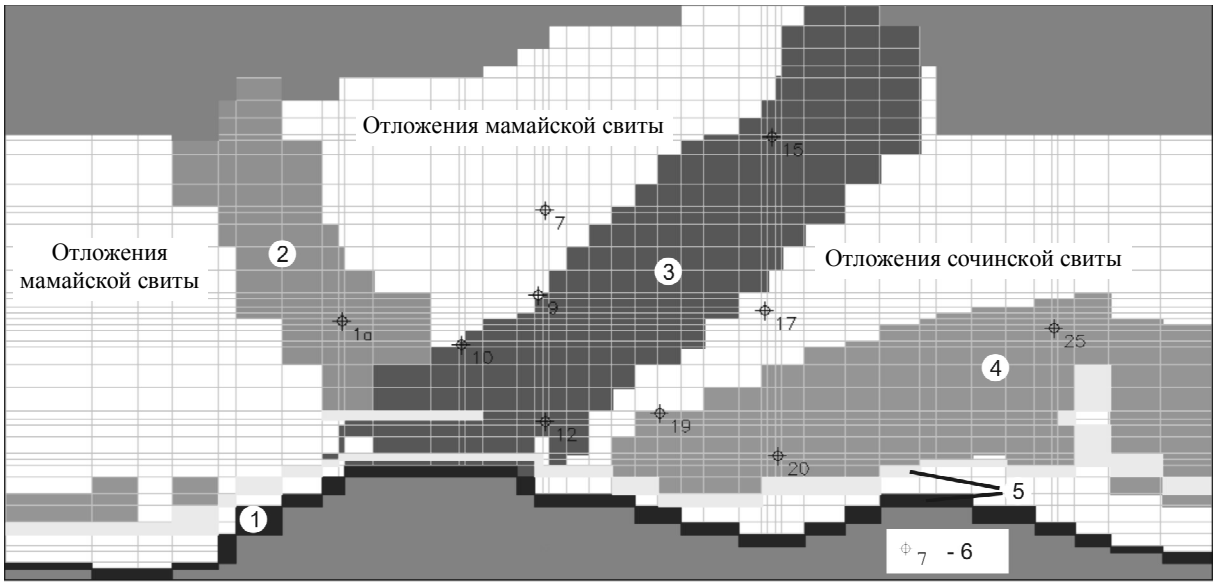


Рис.1. Схема участка оползневого склона

1 – Береговая линия; 2 – Мамайская поперечная структура; 3 – зона Воронцовского надвига; 4 – Карангатская терраса; 5 – границы разгрузки подземных вод; 6 – наблюдательная станция, ее номер

нистого состава. Четвертичные отложения в основном представлены коричневато-серыми глинами с обломками аргиллитов. В западной части рассматриваемой территории под глинами залегают гравийно-галечные отложения Карангатской террасы, мощность которых не превышает 5 м.

Таким образом, анализ геологического строения оползневого склона не позволяет выделить водоносные горизонты в толще, представленной в основном слабопроницаемыми глинистыми отложениями.

В 2005 г. оборудовано 10 наблюдательных станций – буровых скважин глубиной 50-150 м с размещенными в них датчиками гидростатического давления (рис.1). По стволу скважины датчики были заизолированы глинистым материалом; всего в скважинах размещено 28 датчиков. Наблюдения за сезонными изменениями гидростатического давления проводились в течение 2005-2006 годов. Анализ полученной информации позволяет уточнить гидрогеологическое строение оползневого склона и характер гидродинамического режима подземных вод. Участки развития Воронцовского надвига и Мамайской поперечной структуры характеризуются минимальными отметками уровней подземных вод, поэтому эти структуры могут рассматриваться в качестве естественных дрен при разгрузке приуроченных к ним подземных потоков в основании оползневого склона и в море. Аналогичную функцию «выполняют» песчано-галечниковые отложения Карангатской террасы. В пределах зон тектонически нарушенных пород фиксируются нисходящие потоки подземных вод с градиентами 0,4 -1,0 (рис.2).

Формирование нисходящих потоков возможно только при условии повышения проницаемости дезинтегрированных пород с глубиной, что, вероятно, объясняется дополнительной нарушенностью структуры верхней части породного массива за счет древних оползневых явлений и процессов выветривания. Напоры подземных вод в палеогеновых отложениях за пределами тектонических зон практически одинаковы на разной глубине, что может свидетельствовать об относительной однородности этих массивов по проницаемости (рис.2). Установленные по результатам наблюдений амплитуды сезонных изменений уровней в покровных и палеогеновых отложениях не превышают 2 м. Незначительные изменения значений гидростатического давления в те-

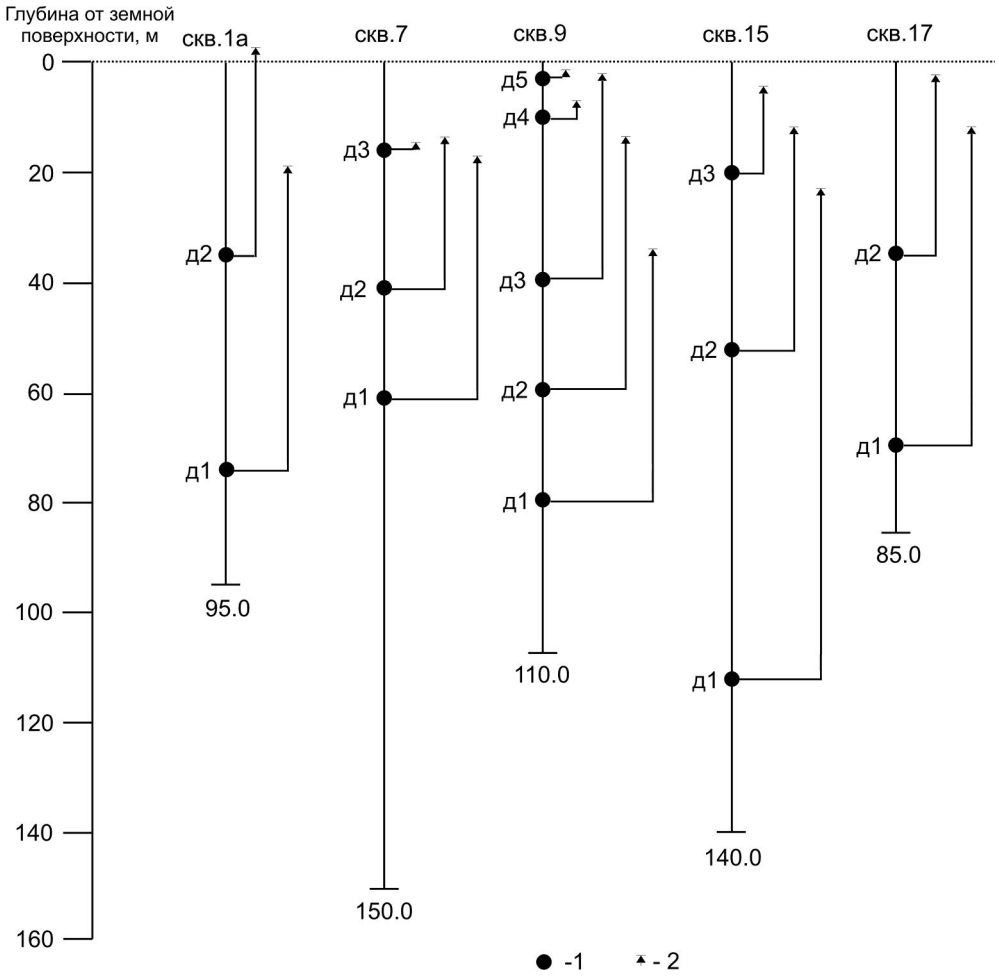


Рис.2. Схемы оборудования наблюдательных станций датчиками гидростатического давления
1 – положение датчиков в скважинах; 2 – пьезометрические уровни подземных вод

чение годового цикла во всех элементах гидрогеологической структуры свидетельствуют о практической стабильности напряженного состояния пород, слагающих оползневой склон. В качестве примера на рис.3 представлена эпюра напряжений, построенная по результатам определения гидростатического давления по скв.15.

На основе проведенных исследований можно сделать принципиально важный вывод о том, что наблюдаемые оползневые деформации на склоне определяются в основном снижением прочностных характеристик покровных отложений в периоды интенсивных дождей и в результате техногенного увлажнения. Оползневые явления на локальных участках в основании склона отчасти обусловлены восходящими потоками подземных вод, поступающих по зонам тектонических нарушений.

Таким образом, наблюдаемые оползневые явления ограничены деформациями покровных отложений; массивы палеогеновых пород затронуты этими процессами в минимальной степени.

По результатам наблюдений создана трехмерная численная геофильтрационная модель оползневого склона, реализованная с применением программы MODFLOW. Рассматриваемая территория разбита по ортогональной сетке на элементарные участки (см. рис.1). Для учета гидрогеологического строения склона модель в разрезе представлена четырьмя слоями переменной мощности. Обратная гидрогеологическая задача решалась на модели в стационарной по-

становке. Подбор фильтрационных параметров и интенсивности инфильтрации контролировался известными значениями напоров в палеогеновых отложениях.

Коэффициент фильтрации четвертичных отложений (первый слой модели) определен равным $5 \cdot 10^{-4}$ м/сут, за исключением галечниковых отложений Карангатской террасы, коэффициент фильтрации которых равен 3 м/сут. Коэффициент фильтрации пород в верхней части Воронцовского надвига (второй слой модели) составляет $3 \cdot 10^{-3}$ м/сут, а в нижней (третий слой) увеличивается до 0,6 м/сут. Коэффициент фильтрации пород в верхней части Мамайской поперечной структуры (второй слой модели) составляет $5 \cdot 10^{-3}$ м/сут, а в нижней (третий слой) увеличивается до 0,54 м/сут. Отложения мамайской свиты в верхней и нижней частях характеризуются коэффициентами фильтрации соответственно $1{,}2 \cdot 10^{-3}$м/сут и $6 \cdot 10^{-3}$м/сут, а отложения сочинской свиты соответственно $6 \cdot 10^{-4}$м/сут и $3 \cdot 10^{-3}$м/сут.

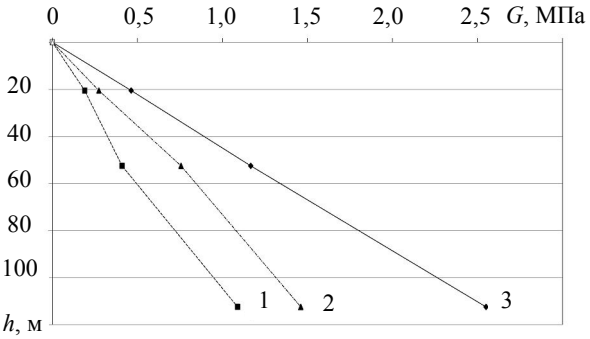


Рис.3. Эпюры нейтральных (1), эффективных (2) и полных (3) напряжений по скв.15

Интенсивность инфильтрационного питания подземных вод 10^{-3} м/сут.

Таким образом, интерпретация результатов наблюдений на численной геофильтрационной модели позволила выявить гидрогеологическое строение оползневого склона, которое определяет относительную стабильность напряженного состояния слабопроницаемых отложений и специфику оползневых процессов.