УДК 551.49

Ю.А.НОРВАТОВ, И.Б.ПЕТРОВА,
В.В.НАЗИМА, И.В.РУСАНОВ
ВНИМИ

МОНИТОРИНГ ГИДРОГЕОМЕХАНИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА АВАРИЙНОМ УЧАСТКЕ САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО МЕТРОПОЛИТЕНА

Гидродинамический режим контролируется по 90 датчикам гидростатического давления, размещенным на разных глубинах в неоднородной толще четвертичных отложений. Определены полные, нейтральные и эффективные напряжения по трассе проектируемых тоннелей. Оценены сезонные изменения гидростатических давлений в толще и их связь с атмосферным давлением. Зафиксирована реакция водонасыщенного массива на проходку в нем тоннеля с гидропригрузкой забоя.

The hydrodynamic mode is supervised on 90 gauges of hydrostatic pressure placed at different depths in non-uniform overburden. Full, neutral and strata stresses on a projected tunnels track have been determined. Seasonal changes of hydrostatic pressure in rock mass and their connections with atmospheric pressure have been appreciated. Reaction of the water-sated massif on tunneling with hydropressure pit-face has been fixed.

Организованный на аварийном участке метрополитена гидрогеомеханический мониторинг направлен на решение следующих задач:

- оценка условий проходки тоннелей, т.е. определение гидростатических давлений в фильтрационно-неоднородном массиве в условиях естественного режима подземных вод для обоснования проектных параметров гидропригрузки забоя тоннелей при их проходке;
- уточнение гидрогеологического строения толщи четвертичных отложений и оценка сезонных изменений гидродинамического режима подземных вод;
- определение изменений гидростатических давлений и оценка напряженного состояния водонасыщенного массива песчано-глинистых отложений в процессе проходки тоннеля;
- интерпретация результатов наблюдений, т.е. определение гидрогеомеханических параметров толщи песчано-глинистых отложений;
- прогноз напряженного состояния и соответствующих деформаций массива песчано-глинистых отложений при различных гидростатических давлениях на забой и обделку тоннелей;
- контроль напряженного состояния водонасыщенного массива при эксплуатации транспортных тоннелей.

Гидрогеомеханический мониторинг проводится на аварийном участке метрополитена с 1996 г. В период 1996-1997 гг. на этом участке были оборудованы шесть наблюдательных станций, а в 1999 г. после принятия проекта проходки тоннелей по их трассе оборудовано 12 станций с интервалом между ними около 100 м. Станции представлены скважинами глубиной 50-100 м, каждая из которых оборудована четырьмя-шестью датчиками гидростатического давления, размещенными на разных глубинах и изолированными друг от друга. Датчики характеризуются малой инерционностью, поэтому позволяют определять гидростатические давления не только в водоносных пластах, но и в слабопроницаемых отложениях. На аварийном участке метрополитена в 18 скважинах размещены 90 датчиков, позволяющих контролировать гидростатическое давление в породах различной проницаемости – в песках, супесях,

суглинках и в котлинских глинах. Расположение датчиков в скважинах в виде гирлянд дает возможность оценить трехмерную структуру потока подземных вод в неоднородной по фильтрационным характеристикам толще четвертичных отложений и в котлинских глинах.

Выполненные наблюдения за естественным гидродинамическим режимом подземных вод позволили детализировать представления о гидрогеологической структуре толщи четвертичных отложений и оценить закономерности сезонных изменений уровенного режима выделенных водоносных горизонтов. В частности, по результатам наблюдений четко выделяются три водоносных горизонта, характеризующиеся определенными напорами. Уровни первого от земной поверхности водоносного горизонта, который приурочен к песчаным отложениям, перекрывающим лужскую морену, фиксируются на глубине 1,2-5,2 м. Напоры второго (межморенного) водоносного горизонта существенно отличаются от напоров верхнего горизонта, при этом нисходящий поток подземных вод характеризуется градиентами от 0,12 до 0,53. Нижний водоносный горизонт, залегающий под отложениями московской морены, характеризуется напорами, близкими к напорам межморенного горизонта, поэтому между этими горизонтами на разных участках фиксируются как нисходящие, так и восходящие потоки. В котлинских глинах зафиксирован нисходящий поток с градиентами напоров 0,5-3,0.

Таким образом, по результатам наблюдений установлено, что гидростатические давления в песчано-глинистых отложениях на отметках заложения тоннелей изменяются по трассе тоннелей в пределах от 4 до 5 атмосфер и в общем случае оказываются меньше того давления, которое соответствует столбу подземных вод над тоннелями до уровня первого от поверхности водоносного горизонта. Наблюдениями установлено, что градиент напоров подземного потока, направленного вдоль оси древней долины с запада на восток, при естественном режиме подземных вод составляет величину порядка 10^{-2}.

Систематические наблюдения позволяют оценить характер сезонных изменений гидродинамического режима – изменения напоров трех водоносных горизонтов практически синхронны, а их амплитуды близки и не превышают 1 м. Наблюдения за гидростатическими давлениями в толще песчано-глинистых отложений сопровождались фиксацией атмосферного давления. Установлена зависимость уровней подземных вод от величины атмосферного давления.

Замеры гидростатических давлений в водонасыщенном массиве позволяют оценить напряженное состояние пород различного литологического состава. При этом можно обратиться к схеме-модели К.Терцаги, согласно которой полные напряжения в массиве, отвечающие внешней нагрузке и весу пород вместе с водой над расчетной точкой, равны сумме эффективных и нейтральных напряжений.

При проходке тоннеля в котлинских глинах с гидропригрузкой забоя и выполнении технологических испытаний проходческого комплекса наблюдается существенное изменение гидростатических давлений во вмещающих породах.

Продолжающиеся систематические наблюдения за гидростатическими давлениями позволят в дальнейшем решить весь комплекс задач, поставленных при организации гидрогеомеханического мониторинга.