УДК 556.3:622

Ю.А.НОРВАТОВ, *д-р геол.-минерал. наук, профессор, Norvatov@mail.ru*
К.Е.ВОЛОДЧЕНКО, *магистрант, Volodchenko62@mail.ru*
М.В.СЕРГУТИН, *научный сотрудник, Msergutin@mail.ru*
Санкт-Петербургский государственный горный университет

U.A.NORVATOV, *Dr. in geol. & min. sc., professor, Norvatov@mail.ru*
K.E.VOLODCHENKO, *undergraduate student, Volodchenko62@mail.ru*
M.V. SERGUTIN, *research assistant, Msergutin@mail.ru*
Saint Petersburg State Mining University

КОНТРОЛЬ СОСТОЯНИЯ ПОРОДНОГО МАССИВА С ПРИМЕНЕНИЕМ ДАТЧИКОВ ГИДРОСТАТИЧЕСКОГО ДАВЛЕНИЯ ПРИ ПРОХОДКЕ ЭСКАЛАТОРНОГО ТОННЕЛЯ СТАНЦИИ МЕТРО «АДМИРАЛТЕЙСКАЯ»

Рассмотрена последовательность проведения гидрогеологического мониторинга за состоянием породного массива при проходке эскалаторного тоннеля станции метро «Адмиралтейская». Выявлены закономерности естественного уровенного режима подземных вод; рассмотрено влияние атмосферного давления на гидростатическое. Сделаны предварительные выводы о влиянии проходки эскалаторного тоннеля с гидропригрузом на напряженное состояние массива.

***Ключевые слова*:** гидростатическое давление, естественный уровенный режим подземных вод, атмосферное давление, датчики гидростатического давления (струнные пьезометры), нейтральное, эффективное и полное напряжения.

CONTROL OF THE CONDITION OF THE ROCK-MASS CONDITION USING TANSDUCERS OF HYDROSTATIE PRESSURE DURING MINING ESCALATOR TUNNEL OF «ADMIRALTEISKAYA» UNDERGROUND STATION

In this article is shown the sequence of hydro-geological monitoring of the rock-mass condition while conducting mining works of «Admiralteiskaya» underground station escalator tunnel. Are revealed flow laws of underground water in natural conditions; is considered influence of atmospheric pressure on the hydrostatic one. Also are drawn preliminary conclusions of escalator tunnel mining (using hydro-cantledge) influence on pressures in rock-mass.

***Key words*:** hydrostatic pressure, natural underground water flow, atmospheric pressure, transducers, neutral, effective and full pressure.

Площадка строительства наклонного тоннеля на станции метрополитена «Адмиралтейская» расположена в историческом центре города, в пределах объединенной охранной зоны.

Сложность работ по проходке эскалаторного тоннеля заключается в условиях вскрытия водонасыщенных песчано-глинистых отложений на протяжении всей трассы и необходимости обеспечения сохранности уплотненной застройки Центрального района Санкт-Петербурга, где почти каждый дом является памятником архитектуры.

В геологическом строении участка принимают участие архей-нижнепротерозойские кристаллические породы фунда-

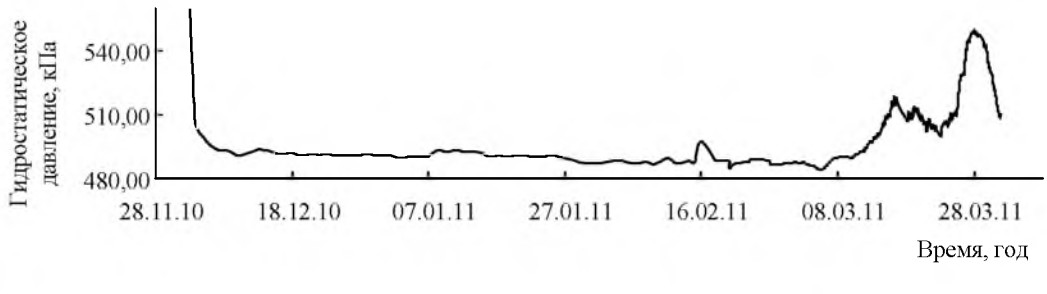


Рис.1. Изменение гидростатического давления во времени (станция 5ПДС, датчик Д1)

мента (на глубинах 180-220 м), на них залегают осадочные отложения верхнего протерозоя, нижнего кембрия. Коренные породы перекрыты чехлом четвертичных отложений озерно-морского, водно-ледникового и ледникового генезиса (суммарной мощностью 54-56 м) и насыпными грунтами.

Гидрогеологические условия определяются развитием грунтового и напорных водоносных горизонтов. Грунтовый (приповерхностный) водоносный комплекс приурочен к техногенным отложениям и пылеватым пескам (мощностью до 10 м), сменяющимся в плане мелко- среднезернистыми песками (мощностью до 5 м) и супесями (мощностью 5-6 м) озерно-морского происхождения. Напорные воды приурочены к песчано-пылеватым прослоям в озерно-ледниковых позднечетвертичных отложениях, к отдельным прослоям и линзам водосодержащих грунтов в толще лужской морены и гравийно-галечникому слою (мощностью 1-2 м).

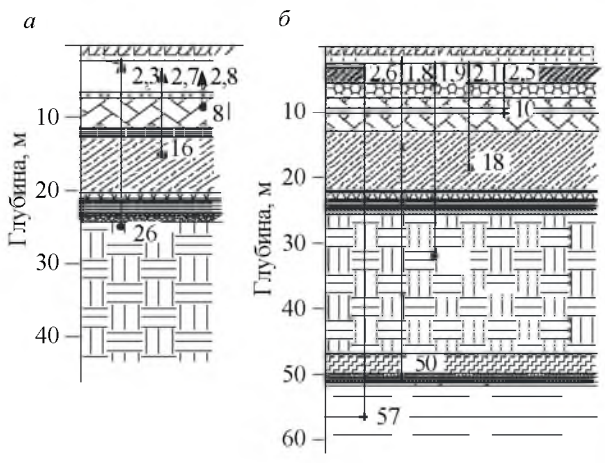


Рис.2. Глубина залегания пьезометрических уровней (напоров) подземных и грунтовых вод в феврале 2011 г. в точках установки датчиков гидростатического давления в скважинах 2ПДС (*а*) и 4ПДС (*б*)

Учитывая сложность и значимость объекта, для успешной реализации проекта проходки тоннеля специальным комплексом с гидропригрузом забоя был запланирован ряд гидрогеологических работ, включавший создание режимной сети и последующий мониторинг состояния породного массива.

С целью контроля гидродинамического и геомеханического режима четвертичного водоносного комплекса при непосредственном участии авторов создана режимная сеть, состоящая из пяти наблюдательных станций (скважин глубиной от 8 до 57 м) с размещенными в них 11 датчиками гидростатического давления и 4 датчиками температуры. Система наблюдения за изменениями гидростатического давления была автоматизирована – показания по датчикам определялись непрерывно с интервалом 30 мин.

Размещение датчиков в скважинах в виде гирлянд и проведение систематических режимных наблюдений помогает оценить структуру потоков подземных вод и изменение напряженного состояния как песчаных образований, так и глинистых слабопроницаемых отложений. Результаты наблюдений за изменением гидростатического давления позволяют выполнить анализ трансформации напряженного состояния и уточнить характер деформаций водонасыщенных массивов при проходке тоннеля с гидропригрузом забоя.

Гидрогеомеханический мониторинг является единственным реальным способом оценки напряженного состояния породных массивов и в ряде случаев позволяет контролировать деформационные процессы, влияющие на формирование природно-техногенных гидрогеологических структур

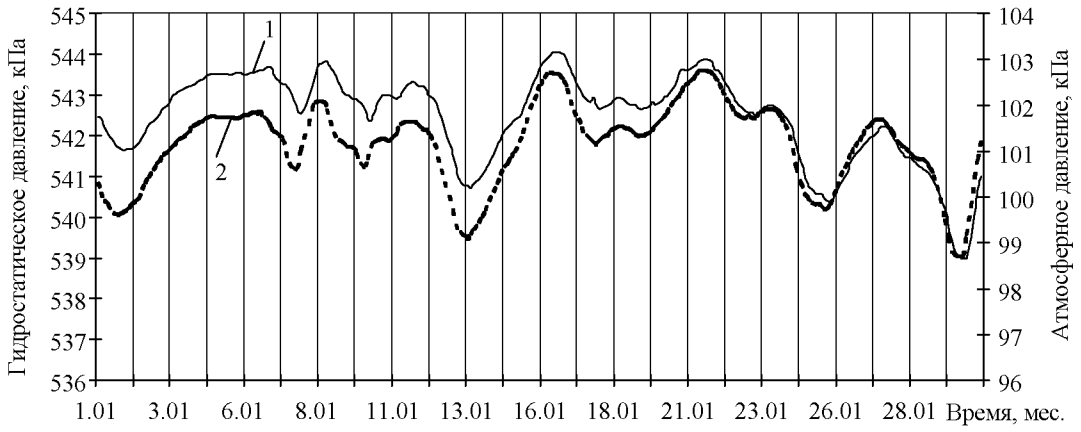


Рис.3. Изменение гидростатического (1) и атмосферного (2) давлений во времени – январь 2011 г. (станция 4ПДС, датчик 2)

Нейтральное, полное и эффективное напряжения, определенные по наблюдательным станциям до начала проходки эскалаторного тоннеля (на 06.02.11) и во время проходки (на 13.03.11)

Номер скважины	Номер датчика	Глубина установки, м	Полное напряжение, кПа	Нейтральное напряжение, кПа	Эффективное напряжение, кПа
1	Д1	8	156,8	59/60	97,8/96,8
	Д1	26	494,2	237/255	257,2/239,2
2	Д2	16	324,8	133/–	191,8/–
	Д3	8	156,8	52/54	104,8/102,8
3	Д1	42	783,8	407/420	376,8/363,8
	Д1	57	1162,6	544/508	618,6/654,6
	Д2	50	1007,8	482/451	525,8/556,8
4	Д3	31	608,8	291/318	317,8/290,8
	Д4	18	343,8	159/172	184,8/171,8
	Д5	10	196	75/76	121/120
5	Д1	49	982,8	490/490	492,8/492,8

Примечание. В числителе – данные на 06.02.11, в знаменателе – на 13.03.11.

и закономерности изменений уровенного режима подземных вод.

При недостаточном внимании к гидрогеомеханическим процессам возможны внезапные прорывы воды или водонасыщенных рыхлых пород в горные выработки, нарушения технологического регламента, тяжелые аварийные ситуации, деформации жилых зданий и сооружений.

С середины ноября 2010 по апрель 2011 г. проводились систематические режимные наблюдения за изменениями напоров подземных вод и температуры.

По результатам наблюдений были построены графики изменений гидростатического давления во времени. На рис.1 представлены результаты наблюдений по одному из датчиков, заложенному на участке проходки тоннеля на конечной стадии. Анализ графиков позволяет выделить три характерных периода: консолидация глинистого раствора и выход показаний датчика на естественный (фоновый) режим; естественный гидродинамический режим подземных вод; влияние проходки тоннеля с гидропригрузом забоя (проявляется резким изменением гидростатического давления).

Наблюдения до начала горно-проходческих работ позволяют оценить закономерности естественного уровенного режима подземных вод (рис.2).

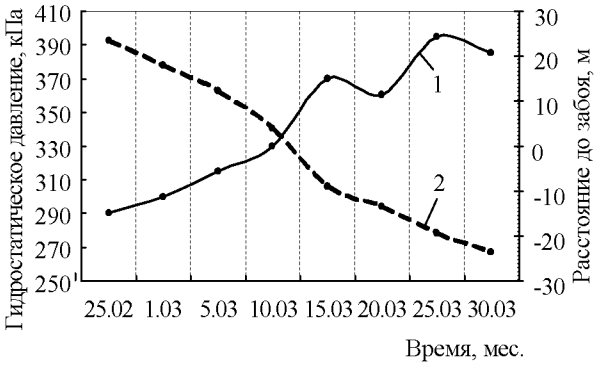


Рис.4. Изменение гидростатического давления во времени (станция 4ПДС, датчик Д3)

1 – гидростатическое давление; 2 – расстояние до забоя

Как видно из рисунка, пьезометрические уровни в отложениях лужской морены и ленточных глинах залегают выше уровня грунтовых вод. Пьезометрический уровень в нижнекотлинских глинах находится на глубине – 2,6 м от поверхности земли. Уровенный режим грунтовых вод и подземных вод отражает его состояние на период зимней межени.

Анализируя естественный режим подземных вод, необходимо отметить влияние на положение пьезометрических уровней изменений атмосферного давления, которое проявляется в пилообразном знакопеременном характере изменений гидростатического давления в водоносном комплексе (рис.3). Изменение гидростатического давления на 4-5 кПа вызвано колебаниями атмосферного давления. При более значительном изменении значений гидростатического давления можно говорить о влиянии горнопроходческих работ.

В соответствии с уровенным режимом подземных вод определялось напряженное состояние породного массива. Значения нейтральных и эффективных напряжений по наблюдательным станциям (скважинам) представлены в таблице.

При проходке тоннеля зафиксированы изменения гидростатических давлений по наблюдательным станциям в зависимости от положения забоя тоннеля относительно этих станций (рис.4).

Согласно результатам, представленным на рис.4 и в таблице, необходимо отметить зафиксированное при проходке тоннеля снижение эффективного напряжения в массиве, обусловленное гидропригрузом забоя. Это влечет за собой набухание и разуплотнение глинистых пород. Вместе с тем при давлении гидропригруза, превышающем гидростатическое давление во вскрываемом забоем массиве, это мероприятие способствует предотвращению деформаций пород на забое.