УДК 624.131.1

А.М.ЖУКОВА
Геолого-разведочный факультет, группа РГОМ-02, ассистент профессора

АНАЛИЗ И ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ПРОРЫВОВ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ПРИ ПРОВЕДЕНИИ РАБОТ НУЛЕВОГО ЦИКЛА СТРОИТЕЛЬСТВА В ПРЕДЕЛАХ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО КОМПЛЕКСА «БАЛТИЙСКАЯ ЖЕМЧУЖИНА»

Район строительства многофункционального комплекса «Балтийская жемчужина» характеризуется довольно сложными инженерно-геологическими, гидрогеологическими и геоэкологическими условиями: наличием глубокой палеодолины, преобладанием в разрезе слабых глинистых отложений, песчаных линз с высокими напорами, высокой загрязненностью грунтовых вод. Рассмотрена возможность формирования прорывов напорных вод в процессе производства строительных работ нулевого цикла в зависимости от глубины заложения котлованов и положения пьезометрического уровня. Расчеты выполнены при условии, что упорный целик работает на сдвиг под действием давления напорных вод. Оконтурены наиболее опасные зоны, в которых высока возможность прорывов подземных вод. В ходе строительства «Балтийской жемчужины» и проходки котлованов выполненные прогнозы получили подтверждение.

The construction site of the «Baltiyskaya Zhemchyzhina» multifunctional complex is characterized by rather complicated engineering-geological, hydrogeological and geoecological conditions due to the presence of a deep paleovalley on the site territory, unstable clayey soils and sand lenses with high water head as well as highly polluted ground water. The paper studies possibilities of confined water breakout during the initial stage of construction works depending on the excavation depth and position of the piezometrical surface. Calculations have been done based on the assumption that waterproof bearing block works in shear under the pressure of the confined water. The most dangerous zones in term of possible breakouts have been mapped. These forecasts were conformed during construction works and foundation ditch excavations at the «Baltiyskaya Zhemchyzhina» construction site.

«Балтийская жемчужина» – это многофункциональный комплекс объектов жилищного, социального и общественно-делового назначения, который будет располагаться в пределах Приморской низменности Санкт-Петербурга, на территории Красносельского района западнее Дудергофского канала. Проект инвестируется шанхайской строительной компанией. В настоящее время начаты работы нулевого цикла строительства, в состав которого входят подводка дорог и коммуникаций, вскрытие котлованов, устройство фундаментов, подвалов и вывод зданий на цоколь.

Участок строительства геоморфологически расположен в пределах низкой морской террасы, а с южной стороны примыкает к крутому уступу второй морской террасы. Абсолютные отметки территории колеблются от 1 до 4,5 м, что имеет большое значение при оценке подтопления и затопления территории.

Территория «Балтийской жемчужины» характеризуется сложными инженерно-геологическими условиями. Участок приурочен к палеодолине меридионального направления глубиной до 100 м, устье которой открывается в сторону Финского залива, что



Рис.1. Схематический геолого-литологический разрез южной части участка «Балтийской жемчужины»

обусловливает наличие мощной толщи четвертичных отложений, среди которых встречены техногенные образования, слабые озерно-морские литориновые отложения, представленные глинистыми разностями неустойчивой консистенции, и ледниковые отложения лужской стадии оледенения, в которых преобладают глинистые грунты (рис.1). В моренных отложениях встречаются линзы водонасыщенных песков.

Особенностью разреза является наличие большой мощности техногенных образований, в том числе свалок строительного и бытового мусора, а также намывных и насыпных разностей, которые использовались для подъема территории.

Гидрогеологические условия отличаются определенной сложностью. В разрезе встречены водоносный горизонт грунтовых вод, распространенный в техногенных отложениях, а также горизонт напорных вод, приуроченный к линзам песков в литориновых и моренных отложениях. Приуроченность территории к береговой зоне Финского залива как зоны разгрузки подземных вод предопределяет положение зеркала грунтовых вод, выходящего в пониженных местах рельефа на дневную поверхность.

Наличие свалок способствует загрязнению грунтов и подземных вод, в том числе сульфатами и хлоридами, кроме того, отмечены нехарактерные для грунтовых вод высокие значения содержания кальция и магния, минерализация достигает 3 г/л.

Напорные воды приурочены к линзам водонасыщенных песков. Положение их пьезометрической поверхности в отдельных случаях превышает отметки дневной поверхности, что предопределяет возможность прорыва дна котлованов в процессе работ нулевого цикла строительства. Величина напоров в линзах достигает 10 м при глубине кровли водонасыщенных линз не более 11 м.

Возникновение прорыва при наличии изолирующего целика пород обусловлено действием гидростатического давления, определяемого давлением водяного столба, действующим по подошве слоя водоупора. После того как произошел прорыв, в выработку поступает вода, размывая дно, что приводит к невозможности дальнейшей эксплуатации котлованов.

С целью предотвращения нежелательных процессов была проведена количественная оценка возможности прорывов в зависимости от глубины заложения котлованов и положения пьезометрического уровня. В каждой зоне, где при изысканиях были встречены напорные воды, был произведен расчет максимальной безопасной глубины котлована, которая не требует дополнительных защитных мероприятий – снижения пьезометрической поверхности. Расчет производился для котлованов шириной 12, 18, 24 и 30 м исходя из параметров проектируемых сооружений. Для расчета прорывов подземных вод предложен ряд аналитических и эмпирических формул. В нашей работе использовались зависимости, предложенные В.А.Мироненко и И.П.Ивановым, выведенные для условий, когда водоупорный пласт работает на срез под действием напоров:

$$H_{\text{áåç}} = \frac{m}{\gamma_{\text{â}}}\left(\gamma + \frac{2\tilde{N}}{b - \xi m f}\right); \qquad (1)$$

$$H_{\text{áåç}} = K_0 \frac{m}{\gamma_{\text{â}}}\left(\gamma + \frac{2}{r}(\sigma_x f + C)\right), \qquad (2)$$

где C – сцепление горной породы, т/м^2; b – ширина строительного котлована, м; ξ – коэффициент бокового распора; f – коэффициент внутреннего трения горных пород; $\gamma_{\text{â}}, \gamma$ – плотности воды и водоупорной породы соответственно, т/м^3; $H_{\text{без}}$ – безопасный напор, м; m – мощность водоупорной толщи породы, м; r – радиус выработки, м; . – горизонтальная составляющая давления собственного веса горных пород, т/м^2.*

Параметры сопротивления сдвигу пород, используемые в формулах, были определены для грунтов аналогичного состояния и свойств в условиях трехосного сжатия. Коэффициент бокового расширения, необходимый для расчета коэффициента бокового распора, принимался в диапазоне от 0,35 до 0,45 в зависимости от консистенции глинистых пород. Поскольку зависимость (2) применяется для выработок круглого сечения, условный радиус котлована был определен из расчета равенства площадей выработки круглого и прямоугольного сечений. Данные формулы, за исключением частных случаев, дают достаточно близкие результаты (см. таблицу).

Результаты расчетов возможности прорывов напорных вод

Номер скважины	Плотность породы средневзвешенная γ, т/м^3	Сцепление породы средневзвешенное C, т/м^2	Коэффициент внутреннего трения	Действующий напор H, м	Безопасная глубина котлована h, м, при ширине котлована b, м			
					12	18	24	30
9289	2,21	6,5	10	5,1	5/5	5/5	5/5	5/4
9298	2,07	3,4	7,7	3	2/2	2/2	2/2	2/2
9299	2,17	4	10	3,3	3/3	3/3	3/3	3/3
9313	2,21	6,5	10	6,2	6/6	6/5	6/5	6/5
9314	2,14	3,6	11,6	3,9	4/4	4/4	4/4	4/4
9315	2,07	2,4	5,3	4,2	4/3	4/3	3/3	3/3
9316	2,09	3,1	12,2	2,8	3/3	3/3	3/3	3/3
9318	2,21	6,5	10	1,8	3/3	3/3	3/3	3/3
9320	2,21	6,5	10	6,7	7/6	7/6	7/6	7/6
9325	2,15	1,3	0	3,6	3/2	3/2	3/2	2/2
9326	2,08	1,3	8	5	4/4	4/4	4/4	4/4
9327	2,16	2,8	5,6	4,9	5/5	5/4	5/4	5/4

Примечание. В числители даны значения, полученные по формуле (1), в знаменателе – по (2).

* *Мироненко В.А.* Горнопромышленная гидрогеология: Учебник для вузов / В.А.Мироненко, Е.В.Мольский, В.Г.Румынин. М.: Недра, 1989. 287 с.

На основе расчетов была составлена схематическая карта, где показаны зоны возможных прорывов в зависимости от глубины заложения котлованов и выделены участки, где проходка котлованов без предварительного осушения исключается (рис.2).

Данные расчетов показывают, что при глубине заложения котлованов более 6 м необходимо снижение пьезометрической поверхности напорных вод по всей территории распространения. Если в процессе строительства необходимо глубокое заложение котлованов с целью использования подземного пространства, рекомендуется предварительное снижение напоров, а затем вскрытие котлованов.

Следует также учитывать, что после завершения работ нулевого цикла и отключения дренажных скважин будет наблюдаться восстановление уровней, что создаст противодавление со стороны напорных линз. В таком случае необходимо придать конструкции фундаментов дополнительную прочность и водонепроницаемость.

В ходе проходки котлованов на «Балтийской жемчужине» в подтверждение прогнозам произошли прорывы напорных вод, что заставило проектировщиков изменить планировку размещения комплекса.

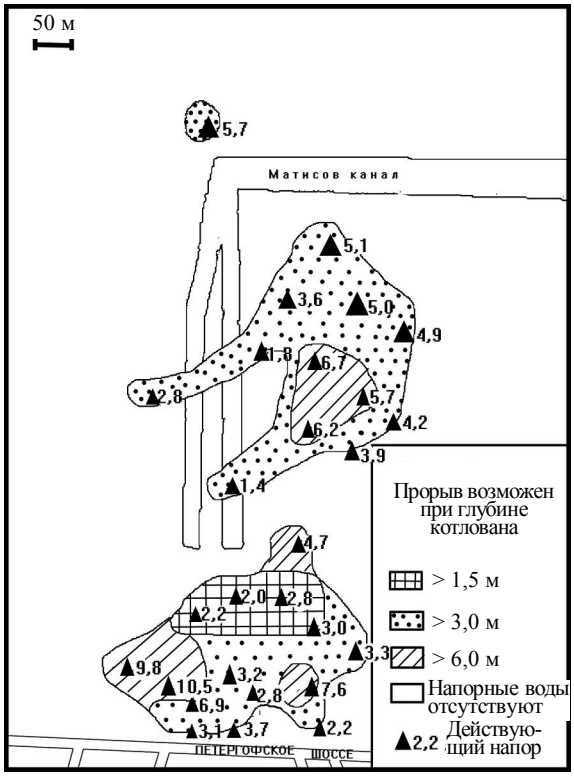


Рис.2. Схематизация территории строительства по возможности прорывов подземных вод в котлованы

Научный руководитель д.г-м.н. проф. *Р.Э.Дашко*