УДК 624.131:551.3

К.В.ПАНКРАТОВА
Геолого-разведочный факультет, группа РГОм-03

ИССЛЕДОВАНИЕ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ НИЖНЕМЕЛОВЫХ И ПАЛЕОГЕНОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ КАК ОСНОВАНИЯ СООРУЖЕНИЙ ЦЕМЕНТНОГО ЗАВОДА (РЕСПУБЛИКА МОРДОВИЯ)

Изучены инженерно-геологические особенности разреза основания под сооружения цементного завода в Республике Мордовия. Рассмотрен критерий ведения проектирования по второму предельному состоянию, а также специфика физико-механических свойств опоковидных отложений и верхнеюрских – нижнемеловых глин. Приведены показатели стандартных физико-механических свойств пород, выполнены массовые определения способности пород к набуханию, а также изменения прочности глин при дополнительном увлажнении. Приведены закономерности увеличения бактериальной массы в грунтах при увлажнении. Определены значения расчетного сопротивления для опоковидных пород в зависимости от параметров сопротивления сдвигу: величины сцепления и угла внутреннего трения.

Engineering-geological features of a profile of the basis under the constructions of cement factory in Republic Mordovia are analyzed in this paper. The criterion of designing on the second limiting condition is considered. The specificity of physicomechanical properties of silica rock and K_1- J_3 clay is considered. Parameters of standard physicomechanical properties of soils are resulted, mass definitions of swelling soil ability and changes of clay durability at additional moisture are executed. Laws of increase in bacterial mass in soils at moisture are resulted. Values of settlement resistance for silica rock depending on parameters of resistance to shifting are defined, they are sizes of coupling and a corner of internal friction.

ОАО «Мордовцемент» – одно из крупнейших предприятий по производству цемента в Российской Федерации, отметившее в декабре 2006 г. свое 50-летие. Алексеевский цементный завод расположен в нескольких километрах от столицы Мордовии – Саранска. Сырьем для изготовления цемента служат мергельно-меловые отложения верхнего мела и палеогеновые опоки, добываемые на Ванькинском карьере Алексеевского месторождения.

Проектирование нового завода с сухой технологией производства было начато в первом квартале 2007 г. Цементная печь представляет собой вертикальную конструкцию высотой 135 м, с давлением под подошвой фундамента 0,6 МПа, что делает данное сооружение уникальным и требует всесторонней и углубленной оценки инженерно-геологических условий на участке строительства. Для остальных сооружений давление под подошвой фундамента не будет превышать 0,2 МПа.

Сооружения, возводимые на песчано-глинистых отложениях, проектируются по второму предельному состоянию – по деформациям с использованием модели линейно-деформируемой среды. Критерием соблюдения возможности применения этой модели является условие – давление от сооружения не должно превышать величину расчетного сопротивления, определяемого по формуле*

$$R = M_\gamma b\gamma + M_q h_\delta \gamma' + M_c c,$$

* *Дашко Р.Э.* Механика горных пород. М.: Недра, 1987.

где b – ширина фундамента; $h_{\hat{o}}$ – глубина заложения фундамента; c – сцепление грунтов несущего слоя; γ и γ' – плотность породы соответственно ниже и выше подошвы фундамента; M_γ, M_q, M_c – безразмерные коэффициенты, зависящие от угла внутреннего трения φ пород несущего слоя.

Расчет деформаций (осадок) производится с обязательным использованием модуля общей деформации пород основания, изменчивость величины которого во многом предопределяет не только значение абсолютных осадок, но и их неравномерности. При проведении расчета осадок необходимо учитывать варьирование модуля общей деформации в пределах конура сооружения и по глубине основания за счет изменения интенсивности трещиноватости грунтов, содержания органической компоненты, колебания природной влажности и плотности, гранулометрического состава, а также дополнительного увлажнения пород в условиях отсутствия набухания и роста микробной массы.

В разрезе основания сооружений цементного завода залегают выветрелые палеогеновые опоковидные отложения с включениями обломков материнской породы, кристаллами гипса и карбонатов мощностью 10-12 м и глинистые отложения нижнего мела – верхней юры, мощность которых превышает 200-250 м.

Опоковидные породы относятся к терригенно-кремнистой формации палеогена. На территории площадки эти породы рассматриваются как элювий коренных пород, содержащих опал от 30-50 до 75-80 %, глинистые минералы (гидрослюда и монтмориллонит) до 30-50 %. Наличие опала биогенного и абиогенного генезиса в выветрелых опоках предопределяет их достаточно низкую плотность минеральной части (2,26-2,47 г/см^3) и высокую пористость, что отражается на величине плотности породы (1,62-1,80 г/см^3). Повышение плотности и этих отложений при одновременном снижении пористости связано с ростом содержания алеврито-глинистого материала. Естественная влажность опоковидных пород изменяется от 0,24 до 0,55 в случае преобладания в их составе опала либо монтмориллонита. Опоковидные породы следует рассматривать как трещиновато-блочную среду, в которой трещиноватость унаследована от материнских окремнелых пород, а также вызвана процессами выветривания.

Наличие микро- и макротрещиноватости, а также различная степень выветривания опоковидных пород, варьирование их плотности и влажности определяют изменение параметров прочности и деформационной способности: отмечается изменение величины сцепления в широких пределах от 0,04 до 0,17 МПа, а угла внутреннего трения от 6 (квазипластичное состояние породы) до 20°. Исследование проводилось в условиях возможности развития боковых деформаций. Минимальное значение модуля общей деформации составляет 13 МПа.

В период производства работ нулевого цикла, а также в процессе эксплуатации сооружения при подъеме уровня грунтовых вод за счет утечек из систем водоотведения, водопроводной сети и теплоцентрали, а также скрытых факторов подтопления будет наблюдаться дополнительное увлажнение опоковидных пород. При этом отмечается высокая изменчивость интенсивности величины давления от 0,12 до 0,33 МПа, что объясняется наличием в составе опоковидных пород высокоактивного кремнезема и монтмориллонита. Одновременно наблюдается рост микробной массы в грунтах, которая до взаимодействия с водой изменялась в пределах от 229 до 467 мкг/г (бактериальная масса определялась по содержанию суммарного микробного белка с использованием метода Бредфорда), а после дополнительного увлажнения возросла до 630 мкг/г. Рост бактериальной массы в грунтах снижает углы внутреннего трения и увеличивает пластическую составляющую деформаций. При дополнительном увлажнении при отсутствии набухания опоковидные породы не снижают своей прочности, что определяется водоустойчивостью структурных связей за счет аморфного кремнезема.

Определение величины расчетного сопротивления R для элювия опоковидных по-

род показало, что при изменении параметров сопротивления сдвигу в пределах от $\varphi = 6°$ и $c = 0{,}17$ МПа до $\varphi = 20°$ и $c = 0{,}04$ МПа, $h_ф = 2$ м и $b = 0{,}8$-$3{,}2$ м наименьшее значение R = 0,25 МПа, что превышает проектное давление сооружения на основание $p_c = 0{,}2$ МПа. Однако основное значение для устойчивости сооружений играет возможность развития неравномерных относительных осадок за счет трещиноватости опок. Для обеспечения устойчивости сооружений рекомендуются фундаменты-плиты, позволяющие снизить влияние неравномерности развития осадок.

Опоковидные породы подстилаются верхнеюрскими – нижнемеловыми отложениями, которые относятся к терригенной сероцветной формации и представлены мощной толщей (до 200-250 м) черных и черно-зеленых глин и алевролитов с прослоями песков. В составе глинистой формации выделяют гидрослюды, минералы группы монтмориллонита (бейделлит и монтмориллонит), реже каолинит. Кроме того, темные цвета глинистых пород объясняются наличием органического тонкодисперсного битуминозного вещества, содержание которого доходит до 15 %. Наличие органической компоненты определяет низкие значения плотности минеральной части (2,47-2,59 г/см^3). Органическая компонента формирует структурные связи в юрских глинах, предопределяя возможность пластического деформирования пород. Учитывая минеральный состав отложений, следует предполагать их высокую физико-химическую активность при наличии в их составе минералов группы монтмориллонита. Максимальная величина влажности составляет 0,33.

Наличие трещиноватости, неоднородность состава и характер структурных связей в глинах объясняет разброс значений сопротивления сдвигу при возможности развития боковых деформаций: $\varphi = 8$-$14°$, $c = 0{,}05$-$0{,}21$ МПа. Величина модуля общей деформации, полученная в лабораторных условиях по результатам одноосного сжатия на больших образцах, варьирует в пределах 8,6-11,5 МПа. Низкие значения модуля общей деформации определяются пластическим характером деформирования. Сравнение результатов исследований образцов нижнемеловых глин в условиях одноосного сжатия и при всестороннем давлении 0,25 МПа (трехосное сжатие) показали, что в условиях всестороннего сжатия четко проявляется рост пластической составляющей деформации, что может привести к усилению неравномерности развития осадок сооружения.

В зависимости от минерального и гранулометрического состава глин изменяется величина свободного набухания пород – от слабо набухающих (менее 4 %) для гидрослюдисто-каолинитовых глин до сильно набухающих гидрослюдисто-монтмориллонитовых глин (12-51 %). Причем величина влажности после набухания гидрослюдисто-монтмориллонитовых глин возрастает на 0,17-0,38.

Выполненные определения бактериальной массы показали, что ее содержание для глин нижнего мела – верхней юры составляет от 55,7 до 330,6 мкг/г, а дополнительное увлажнение глинистых пород способствует существенному росту бактериальной массы до 1101,3 мкг/г. Ее рост предполагает возможность активизации деятельности микроорганизмов и развития биокоррозии строительных материалов.

При дополнительном увлажнении и отсутствии набухания прочность глин снижается почти в два раза, что связано с ростом бактериальной массы и ослаблением структурных связей, одновременно будет происходить снижение модуля общей деформации. Возможность реального дополнительного увлажнения нижнемеловых глин может привести к существенному снижению несущей способности и расчетного сопротивления грунта в основании свайного фундамента. При сохранении постоянного давления от сооружения и снижении расчетного сопротивления создаются предпосылки роста осадок на стадии нелинейного деформирования.

Тяжелое сооружение – цементная печь с давлением 0,6 МПа будет возводиться на буронабивных сваях большого диаметра.

Несущим горизонтом будут служить черные глины, имеющие пластический характер деформирования, что следует включить в расчет взаимодействия системы: сооружение на свайном фундаменте – породы основания. При этом важным моментом служит обоснование заглубления буронабивных свай в нижнемеловые – верхнеюрские глины ниже зоны активного выветривания (более 5 м) для предупреждения развития больших и неравномерных осадок печи. Следует также предусмотреть особую технологию устройства свай для предупреждения отдавливания юрских глин в образующуюся полость и предотвращение их набухания.

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