УДК 624.131:551.3

К.В.ПАНКРАТОВА, *студентка, pan-ksenia@yandex.ru*
Санкт-Петербургский государственный горный институт (технический университет)

K.V.PANKRATOVA, *student, pan-ksenia@yandex.ru*
Saint Petersburg State Mining Institute (Technical University)

ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ И ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ В ПЕРИОД СТРОИТЕЛЬСТВА И ЭКСПЛУАТАЦИИ СООРУЖЕНИЙ ПРОЕКТИРУЕМОГО АЛЕКСЕЕВСКОГО ЦЕМЕНТНОГО ЗАВОДА НА ИХ УСТОЙЧИВОСТЬ (РЕСПУБЛИКА МОРДОВИЯ)

Рассмотрено влияние изменения инженерно-геологических и геоэкологических условий на устойчивость проектируемого завода. Проанализировано воздействие дополнительного увлажнения, повышения температуры в основании сооружений и активизация микробной деятельности. Рассмотрена специфика физико-механических свойств нижнемеловых глин и опоковидных отложений. Приведены результаты экспериментальных исследований увеличения микробной массы в грунтах при увлажнении и нагревании. Дана оценка влияния температуры на деформационную способность водонасыщенных дисперсных грунтов.

***Ключевые слова*:** цементный завод, водонасыщенные грунты, длительная устойчивость, сжимаемость, деформационная способность, микробная масса, несущая способность.

THE INFLUENCE OF CHANGE IN GEOTECHNICAL ENGINEERING AND GEOENVIRONMENTAL CONDITIONS DURING THE PROCESS OF BUILDING AND OPERATION OF CONSTRUCTIONS OF PROJECTED ALEKSEEVSKY CEMENT FACTORY ON THEIR STABILITY (MORDOVIA REPUBLIC)

The influence of change engineering-geological and geoenvironmental conditions on stability of cement factory are considered in this paper. Influence of additional humidifying, rise in temperature in the basis of constructions and activization of microbic activity is considered. The specificity of physicomechanical properties of silica rock and upper Jurassic clay is considered. Results of experimental researches of increase in microbic mass in soils at watering and heating are resulted. The estimation influences of temperature on deformation ability soils is given.

***Key words*:** cement factory, water-bearing soils, long-lived stability, compressibility, strain, bacterial mass, bearing capacity.

ОАО «Мордовцемент», в декабре 2006 г. отметившее свое 50-летие, является одним из крупнейших предприятий по производству цемента в Российской Федерации. Алексеевский цементный завод, расположенный в 30 км от Саранска, выпускает высококачественные цементы, сырьем для которого служат мергельно-меловые отложения верхнего мела и палеогеновые опоки.

Линию по изготовлению цементного клинкера на базе сухого способа производительностью 6 тыс.т продукции в сутки планируется ввести в эксплуатацию к концу 2010 г. К числу технологических особенно-



Рис.1. Факторы, влияющие на длительную устойчивость сооружений цементного завода

стей строительства следует отнести широкий диапазон значений давления от сооружений различного назначения – 0,25-0,6 МПа, а также повышение температуры в водонасыщенных грунтах оснований тепловыделяющих сооружений. Следует подчеркнуть, что влияние температурных эффектов в теории и практике анализа и оценки инженерно-геологических условий строительства и эксплуатации подобных промышленных сооружений в настоящее время не учитывается и не изучается.

В статье рассматривается влияние основных природных и техногенных факторов на длительную устойчивость проектируемых сооружений (рис.1). Традиционные факторы включают: давление, которое вызывает изменение напряженно-деформированного состояния пород основания в период строительства и эксплуатации; изменение гидродинамических и гидрохимических условий при повышении уровня подземных вод и трансформации их химического состава за счет возможного загрязнения органическими и неорганическими компонентами биогенного и абиогенного генезиса, а также дополнительного растворения солей. Среди нетрадиционных факторов следует учитывать подогрев водонасыщенных дисперсных грунтов до 30 °С и более за счет тепловыделяющих сооружений. При отсутствии испарения подземных вод рост температуры приводит к разрушению структуры воды в поровом пространстве, а при температуре более 55 °С вода превращается в бесструктурную жидкость [3]. Структурные преобразования в поровой воде определяют изменение прочности и деформационной способности водонасыщенных дисперсных грунтов.

Для количественной оценки влияния температуры на изменение сжимаемости и деформационной способности дисперсных грунтов, которые прослеживаются в основании проектируемых сооружений цементного завода, была проведена серия экспериментальных исследований. Несущим слоем свайного фундамента цементной печи, давление в основании которого составляет 0,4 МПа, служат нижнемеловые глины. В составе глинистой формации последних выделяют гидрослюды, минералы группы монтмориллонита, реже каолинит. Эти глины содержат до

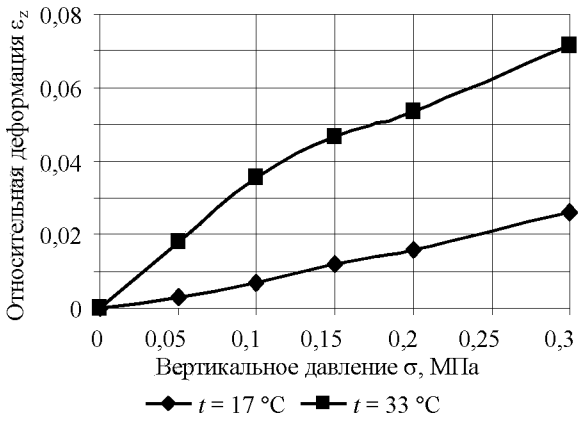


Рис.2. Зависимость относительных деформаций (ε_z) нижнемеловых глин от давления в условиях одномерного (компрессионного) сжатия

15 % битуминозной органики, что определяет низкие значения плотности минеральной части (2,47-2,59 г/см^3) и специфику структурных связей [1].

Глины трещиноваты, при обнажении наблюдается их расслаивание, образуются трещины разуплотнения, причем сваи будут заглублены в наиболее дезинтегрированную толщу мощностью 5-10 м. При нормальной температуре глины имеют невысокие значения модуля общей деформации (8,6-11,5 МПа), что определяется пластическим характером деформирования (рис.2).

Следует отметить микробную пораженность этих глин – фоновое содержание микробной массы достигает 186 мкг/г. При возможности дополнительного увлажнения происходит ее рост в 2,5 раза, а при условии повышения температуры до 35-40 °С, являющейся оптимальной для развития мезофильных микроорганизмов, количество микробной массы увеличивается на 40 %, что отрицательно влияет на деформационную способность и прочность глин. Воздействие температуры и рост микробной массы способствуют активизации развития деформаций, что приводит к дополнительному снижению модуля общей деформации почти в 2 раза. Такие изменения вызывают также уменьшение несущей способности свай, в то время как при отсутствии дополнительного увлажнения и роста температуры несущая способность свай удовлетворяет эксплуатационным требованиям [2].

Влияние температуры изучалось также на опоковидных отложениях, которые служат основанием для силосов остывающего цементного клинкера. Как показывает практика наблюдений за подобными сооружениями, температура водонасыщенных грунтов в основании фундаментов-плит будет достигать 35 °С.

Породы основания представлены выветрелыми палеогеновыми опоковидными отложениями с включениями обломков материнской породы, кристаллами гипса и карбонатов. На территории площадки строительства опоковидные породы рассматриваются как элювий коренных пород, они имеют низкую плотность (1,70-1,73 г/см^3) и высокую пористость (49,2-50,3 %).

Для опоковидных пород характерно варьирование показателей механических свойств: сцепление $c = 0{,}04 \div 0{,}17$ МПа, угол внутреннего трения $\varphi = 6 \div 20°$, что связано с генетической трещиноватостью, унаследованной от материнских окремнелых пород, и процессами выветривания.

При взаимодействии опоковидных отложений с водой наблюдается рост микробной массы (ММ), которая до взаимодействия достигала 233 мкг/г, а после дополнительного увлажнения возросла на 40 %. При температуре пород 30 °С отмечается увеличение ММ почти в 2 раза. Соответственно возрастает пластическая составляющая деформаций, снижаются углы внутреннего трения, что переводит грунты в квазипластичное состояние. При такой температуре грунтов в основании сооружений наблюдается снижение модуля общей деформации в 2 раза.

Осадка определяется по формуле СНиП 2.02.01-83 для линейно деформируемого полупространства

$$S = \beta \sum_{i=1}^{n} \frac{\sigma_{zp_i} h_i}{E_i},$$

где β – безразмерный коэффициент, равный 0,8; σ_{zp_i} – полусумма вертикальных нормальных напряжений от веса сооружения, возникающих на верхней и нижней границах i-го слоя породы; h_i, E_i – соответствен-

но мощность и модуль деформации *i*-го расчетного слоя.

Согласно расчетам, значение осадки проектируемого сооружения силоса клинкера при сохранении стабильных условий меньше допустимого, однако при повышении температуры и изменении состояния водонасыщенных дисперсных грунтов осадка сооружения возрастает в 2 раза и превышает допустимое значение.

С другой стороны, при ведении работ нулевого цикла необходимо принимать во внимание, что опоковидные породы чувствительны к отрицательным значениям температуры.

К выветрелым трещиноватым опокам приурочен достаточно выдержанный водоносный горизонт ненапорных вод, коэффициент фильтрации пород составляет 2-3 м/сут. Воды имеют высокую минерализацию, превышающую 6000 мг/дм^3. По результатам химического анализа, вода является сульфатной гидрокарбонатной кальциевой. Загрязнение вод компонентами хозяйственно-бытовых стоков не отмечено. Высокая минерализация грунтовых вод, повышенные содержания SO_4^{2-} и HCO_3^- (соответственно 527,2 и 3984,5 мг/дм^3), свидетельствующие о присутствии гипса и кальцита в опоковидных породах, и возможное повышение сульфатов в воде за счет дополнительного растворения гипса при поднятии уровня грунтовых вод и повышения их температуры создают предпосылки для развития сульфатной коррозии конструкционных материалов в подземной среде.

Наличие микробной активности в водонасыщенных породах и ее возможная интенсификация при дополнительном увлажнении, возрастании температуры грунтовых вод и пород и привносе микробиоты из систем водоотведения могут провоцировать биокоррозию строительных материалов.

По результатам работы могут быть даны следующие рекомендации:

1. Необходимо учитывать изменение состояния и физико-механических свойств пород при воздействии таких факторов, как температура, дополнительное увлажнение и микробиота, что приводит к снижению деформационных характеристик, росту осадок и их неравномерности. Влияние этих факторов не предусмотрено действующими нормами на проведение инженерных изысканий, а также не учитывается в практике проектирования сооружений.

2. Особенно следует отметить влияние на опоковидные породы отрицательных значений температуры, изучение которых диктует необходимость проведения строительных работ нулевого цикла при положительной температуре, что позволит избежать морозного пучения данных отложений.

3. Активность роста бактериальной массы за счет дополнительного увлажнения и повышения температуры предполагает возможность развития биокоррозии строительных материалов.

4. Воздействие сульфатной коррозии конструкционных материалов в подземной среде предполагает необходимость использования плотных бетонов на сульфатостойком цементе.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Инженерная геология СССР. Т.2. Платформенные регионы европейской части СССР / Под ред. И.С.Комарова. М.: Недра, 1991. 270 с.

2. *Королев В.А.* Общие закономерности изменения физико-механических свойств глинистых грунтов под действием положительной температуры // Изменение геологической среды под влиянием человека. М.: Наука, 1982. С.55-60.

3. *Campanella R.G.* Influence of temperature variations of soil behaviour // Soil and Found. Div., ASCE, 1968. P.12-23.

REFERENCES

1. Engineering geology of the USSR. Vol.2. Platform regions of the European part of the USSR // Edited E.S.Komarov. Moscow: Nedra, 1991. 270 p.

2. *Korolev V.A.* General regularities of physical and mechanical properties change of clay soils under the influence of positive temperature // Change of the geological environment under the influence of the person. Moscow: Nauka, 1982. P.55-60.

3. *Campanella R.G.* Influence of temperature variations of soil behaviour // Soil and Found. Div., ASCE, 1968. P.12-23.

Научный руководитель д-р геол.-минерал. наук, профессор *Р.Э.Дашко*