

ВЛИЯНИЕ РАСТВОРА ГИДРОКСИДА НАТРИЯ НА МОРОЗНОЕ ПУЧЕНИЕ ГЛИНИСТОГО ГРУНТА

А.Б. Самойленко, В.Н. Шестаков

INFLUENCE OF SOLUTIONS HYDROXIDE SODIUM ON FROST HEAVING OF THE CLAY SOIL

A.B. Samoylenko, V.N. Shestakov

Изложены физико-химические предпосылки к снижению морозного пучения глинистых грунтов путем их обработки растворами гидроксида натрия с добавкой негашеной извести. Приведены результаты лабораторных исследований, подтверждающих высокую степень снижения морозного пучения обработанного таким раствором легкого пылеватого суглинка.

Ключевые слова: морозное пучение грунта, гидроксид натрия.

Physical and chemical preconditions are stated to decrease frost heaving of the clay soil by their processing solutions hydroxide sodium with the additive not slaked to exhaust. Results of laboratory researches are given, which confirmed high degree of decrease frost heaving processed easy loam solution.

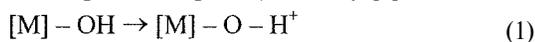
Keywords: frost heaving of the soil, hydroxide sodium.

Наибольшему пучению подвержены пылеватые глинистые грунты, в глинистой фракции которых преобладают минералы типа гидрослюды и каолинита, в составе обменных катионов которых в значительном количестве содержатся H^+ -ион и двухвалентные катионы [1].

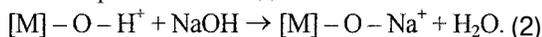
Так в непучинистой монтмориллонитовой глине при введении в поглощающий комплекс многовалентных катионов кальция, алюминия, железа (Ca^{2+} , Al^{3+} , Fe^{3+}) происходит агрегирование, повышается содержание пылеватой фракции, улучшаются капиллярные свойства. В условиях возможности дополнительного поступления влаги происходит ее интенсивная миграция и пучение грунта при промерзании. Наоборот, при замене двухвалентных катионов и H^+ -иона одновалентными (Na^+ , K^+) в сильнопучинистых пылеватых суглинках и каолиновой глине пучение резко уменьшается [1].

В связи с разработкой способа снижения пучинистости глинистых грунтов рассмотрено «зашелачивание» грунта, заключающееся в нагнетании водного раствора щелочи (NaOH) с добавкой извести (CaO).

У глинистых минералов в щелочной среде происходит дополнительная диссоциация поверхностных структурных гидроокислов (по сравнению с нейтральной средой) по типу [2]



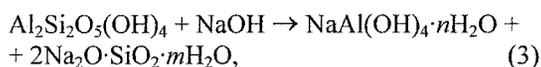
с последующим обменом H^+ на Na^+ из раствора щелочи и образованием воды



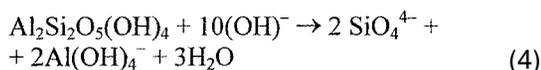
Процессы диссоциации поверхностных OH^-

и обмена H^+ на Na^+ растут с увеличением концентрации раствора щелочи. При низких концентрациях раствора (< 1 н) поглощение грунтом щелочи в основном контролируется обменными реакциями и физико-химическим процессом увеличения емкости обмена твердых частиц. По мере роста концентрации раствора наряду с обменными физико-химическими протекают химические процессы частичного растворения кристаллической решетки минералов твердой фазы грунта и выделение из растворов значительно менее растворимых химических соединений, по отношению к которым контактирующий раствор оказывается пересыщенным. В отсутствие пересыщения новых соединений в растворе образуется мало, поскольку срастание частиц и их агрегатов за счет новой фазы происходит лишь при достаточно высоких концентрациях раствора (> 1 н).

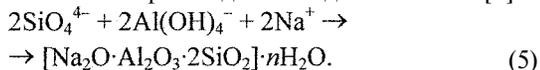
Формирование прочности дисперсных грунтов при обработке их щелочными растворами высокой концентрации связано с возникновением новых вяжущих веществ на контактах частиц грунта, образованных из продуктов разрушения алюмосиликатного ядра глинистых, некоторых первичных и типоморфных минералов. Так, внедрение OH^- -иона щелочи в координационную сферу атомов Al и Si алюмосиликатов приводит к разрушению связей Si-O-Al, а затем и Si-O-Si с выходом из решетки в раствор оксидов кремния и алюминия (на примере каолинита) [3]:



или



с последующим формированием по конденсационному механизму новой твердой фазы гидроалюмосиликатов натрия содалитоподобного типа [4]:



Согласно исследованиям МГУ и БашНИИСтроя, результатом обработки глинистых грунтов раствором гидроксида натрия является увеличение модуля деформации в 8-10 раз, сцепления в 1,5-2 раза, угла внутреннего трения в 1,5-2 раза. Изменяются физико-химические свойства. Так верхний предел пластичности возрастает на 30—40 %, а число пластичности снижается примерно в 2 раза, в результате чего грунты сохраняют твердое состояние в широком диапазоне влажности. Катионы кальция в системе «глинистый грунт — раствор NaOH» приводят к созданию дополнительных соединений типа гидрогранатов, гидросиликатов кальция, кальцита, способных цементировать песчаные и пылеватые частицы грунта и принимать участие в создании жесткой конденсационно-кристаллизационной структуры, что обуславливает еще большее его упрочнение [5].

Эксперимент был поставлен, с целью выявления снижения степени пучинистости грунта после его обработки водным раствором гидроксида натрия с добавкой негашеной извести. Гидроксид натрия NaOH и негашеная известь СаО удовлетворяют требованиям ГОСТ 2263-79 и ГОСТ 9179-77.

В лабораторных исследованиях использовался сильнопучинистый легкий пылеватый суглинок ($\varepsilon_{fh} = 0,09$), отобранный из тела земляного полотна, со следующими свойствами: число пластичности $I_p = 8$, максимальная плотность 1,66 г/см³, оптимальная влажность $W_{opt} = 20$ %.

Применены растворы гидроксида натрия 2,5-7,5 н концентрации (плотность 1,11-1,27 г/см³). Добавка извести варьировалась от 0 до 1 % от объема раствора.

Образцы грунта изготавливались по ГОСТ 22733-2002 в кольцах (диаметр 100 мм, высота 150 мм). Образцы в кольцах устанавливались меж-

ду двумя перфорированными пластинами из оргстекла, скрепленными между собой болтовым соединением для предохранения грунта от деформаций набухания. Образцы помещались в герметично закрывающуюся емкость, в которую наливался раствор гидроксида натрия на 2-3 мм ниже поверхности грунта. Образцы выдерживались в растворе в течение 30 суток. После этого срока образцы в кольцах помещались в установку для определения относительной деформации морозного пучения ε_{fn} , по методике ГОСТ 28622-90:

$$\varepsilon_{th} = hd^{-1}, \quad (6)$$

где h - вертикальная деформация образца грунта в конце испытания, мм; d - фактическая толщина промерзшего слоя образца грунта, мм.

Рассмотрено влияние на пучение грунтов трех факторов: концентрации раствора гидроксида натрия (x_1), дозировки извести (x_2) и коэффициента уплотнения грунта (x_3).

В связи с многофакторностью решаемой задачи, а также ожидаемой нелинейности исследуемых зависимостей, для ее решения был использован полный факторный эксперимент (ПЭФ 2³) ортогонального планирования второго порядка. При ортогональном планировании коэффициенты полинома определяются независимо друг от друга - вычеркивание или добавление слагаемых в функции отклика не изменяет значения остальных коэффициентов полинома [6] (см. таблицу).

По результатам эксперимента и оценки значимости коэффициентов регрессии получена адекватная зависимость (см. рисунок):

$$\begin{aligned} \varepsilon_{fh} = & 2,966 - 0,471x_1 - 0,437x_2 - 0,298x_3 - \\ & - 0,206x_1^2 - 0,13x_2^2 - 0,42x_3^2 - 0,113x_1x_3 - \\ & - 0,163x_1x_2x_3. \end{aligned} \quad (7)$$

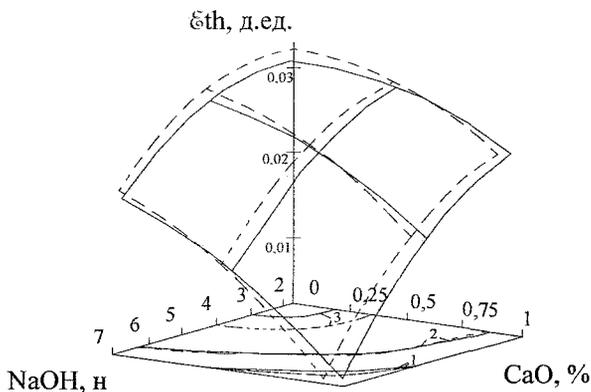
Значимость коэффициентов регрессии оценивалась критерием Стьюдента при 5 %-ном уровне значимости, адекватность математической модели критерием Фишера ($F_{0,05}^T = 2,7 > F = 0,57$).

Из полученных данных следует, что обработка легкого пылеватого суглинка с коэффициентом

Условия планирования эксперимента

Факторы	Единица измерения	Код	Интервал варьирования	Уровни и плечи звездных точек				
				-1,215	-1	0	+1	+1,215
Концентрация раствора гидроксида натрия	н	x_1	2,05	2,5	2,95	5	7,05	7,5
Дозировка извести	% от объема раствора гидроксида натрия	x_2	0,41	0	0,09	0,5	0,91	1
Коэффициент уплотнения грунта	д.ед.	x_3	0,04	0,90	0,91	0,95	0,99	1,00

уплотнения 0,9-1,0 раствором NaOH 3-4 н концентрации с добавкой извести 0,2-0,3 % от объема раствора, позволяет снизить его относительную деформацию морозного пучения в три раза.



Зависимость относительной деформации морозного пучения ε_{fh} суглинка легкого пылеватого от концентрации раствора NaOH и добавки извести CaO при коэффициенте уплотнения грунта: --- 0,90; — 1,00; 1 – изолиния относительной деформации морозного пучения равной 0,01; 2 – 0,02; 3 – 0,03

В результате обработки глинистого грунта раствором оговоренного состава степень его мо-

розного пучения снижается до слабопучинистого, что позволяет, в соответствии со СНиП 2.05.02-85, применять его в рабочем слое земляного полотна.

Литература

1. Нерсесова, З.А. Пучение пылеватых суглинков при промерзании и физико-химические приемы борьбы с ними / З.А. Нерсесова // Труды ВНИИ Транспортного строительства. — М.: Транспорт, 1967. — С. 157-167.
2. Орлов, Д. С. Химия почв / Д. С. Орлов, Л. К. Садовников, НИ. Суханов. — М.: Высшая школа, 2005. — 558 с.
3. Жданов, СП. Химия цеолитов / СП. Жданов, Е.П. Егоров. — Л.: Наука, 1980. — 82 с.
4. Самарин, Е.Н. Закономерности формирования техногенно-геохимических систем в глинистых породах в условиях щелочных сред: автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук / Е.Н. Самарин. — М.: МГУ, 1990. — 18 с.
5. Волков, Ф.Е. Роль растворов щелочи в процессе формирования микроструктуры грунтбетона / Ф.Е. Волков // Строительные материалы. — 2003.-М 10. -С. 44-46.
6. Зазимко, В.Г. Оптимизация свойств строительных материалов / В.Г. Зазимко. — М: Транспорт, 1981. -103 с.

Поступила в редакцию 16 июля 2010 г.