

УДК 624.131

**ПРОМЕРЗАНИЕ ОСНОВАНИЙ ФУНДАМЕНТОВ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ:
ПРИЧИНЫ И ПОСЛЕДСТВИЯ**Е.В. Тишков¹, Ю.Е. Пономаренко¹, С.С. Роскошный², М.В. Мосин¹¹ФГБОУ ВПО «СибАДИ», Россия, г. Омск;²Омского областного отделения общероссийского общественного фонда
«Центр качества строительства», Россия, г. Омск.

Аннотация. В статье рассмотрены факторы, способствующие возникновению сил морозного пучения грунтов, а также способы противодействия силам морозного пучения. Проанализированные практические примеры последствий негативного влияния сил морозного пучения грунтов на фундаменты и надземные конструкции зданий, выявленных при инструментально-технических обследованиях. Приведены рекомендации по сохранению оснований от промерзания и обеспечению устойчивости фундаментов зданий и сооружений на действие усилий пучения грунтов.

Ключевые слова: глинистый грунт, основание, фундамент, свая, морозное пучение.

Введение

Инженерно-геологические условия на территории города Омска и Омской области преимущественно относятся ко второй категории сложности. Среди опасных факторов, которые необходимо учитывать при проектировании, строительстве и эксплуатации зданий и сооружений в первую очередь выделяются высокий уровень грунтовых вод и подверженность грунтов морозному пучению при сезонном промерзании. В этих условиях особую актуальность получают вопросы, связанные с обеспечением сохранности основания фундаментов зданий от промерзания и реализации пучинистых свойств. Как показывает практика, даже в случае однократного промерзания грунта основания фундаменты и здания в целом могут получать значительные повреждения, недопустимые деформации и т.д. Последствия влияния промерзания грунтов на здания рассмотрены в данной статье на примере реально существующих зданий и сооружений, обследованных авторами в разное время.

Анализ практических примеров промерзания грунтов основания

Вопросы, связанные с пучением грунтов при промерзании, исследовались в трудах многих ученых-геотехников (Б.И. Далматов, С.А. Кудрявцев, М.Ф. Киселев, Э.В. Костерин, В.О. Орлов, М.И. Сумгин, В.М. Улицкий, Н.А. Цытович и др.), и достаточно широко освещены в литературе. Для западной Сибири влияние морозного пучения грунтов на фундаменты рассматривалось учеными «СибАДИ» (В.Н. Гольцов [1], Э.В. Костерин, М.Я. Сапожников [2]) и специалистами института «Омскгражданпроект» (Р.Ш. Абжалимов [3,4] и др.) в условиях Омска и Омской области, учены-

ми-геотехниками «ТюмГАСУ» (В.В. Воронцов, А.Н. Краев [5] и др.) применительно к Тюменской области. В Нормативных источниках также имеются подробные инструкции по проектированию оснований и фундаментов при наличии пучинистых грунтов.

По сути, для фундаментов мелкого заложения сохранность основания от пучения обеспечивается глубиной заложения, назначаемой в зависимости от состояния грунта основания, уровня подземных вод и режима будущей эксплуатации здания по [6]. Как вариант предусматривается замена подверженных пучению грунтов непучинистым материалом, либо заложение фундаментов независимо от глубины промерзания в случае, если специальными исследованиями и расчетами установлено, что деформации грунтов основания при их промерзании и оттаивании не нарушают эксплуатационную надежность сооружения. Для свайных фундаментов Нормы ограничиваются проверкой устойчивости фундаментов на действие касательных сил морозного пучения. Здесь необходимо отметить, что в отличие от отмененного СНиП [7] в действующем СП [8] приведен метод расчета устойчивости фундамента на действие сил морозного пучения. До введения свода правил в действие данный расчет рассматривался в Нормах, посвященных основаниям и фундаментам в многолетнемерзлых грунтах. Также для повышения сопротивляемости фундаментов всех типов на действие сил морозного пучения используется нагружение (весом смонтированных конструкций, грунта и др.), обваловка, утепление, обмазка поверхностей специальными составами и др. Несмотря на все вышеперечисленное, на практике достаточно часто встречаются случаи

повреждений конструкций зданий вследствие воздействия сил морозного пучения грунтов. Степень этих повреждений может достигать критических значений, что подтверждается рядом примеров, приведенных ниже.

Пример №1. Двухэтажное кирпичное здание, предназначенное под размещение базы отдыха, расположено в п. Усть-Заостровка Омской области. Здание выполнено в бескаркасном варианте с кирпичными стенами, опирающимися на ленточные фундаменты. В качестве фундаментов выступают сборные железобетонные плиты типа ФЛ и смонтированные по ним железобетонные блоки ФБС. Основанием фундаментов изначально являлись полутвердые суглинки. Строительство здания было приостановлено к 2000-му году. К моменту приостановки все несущие и ограждающие конструкции объекта были смонтированы. Перерыв строительства продлился более 10 лет.

В связи с продолжением строительства авторами статьи (при участии доц. И.М. Ивасюка, доц. М.Я. Сапожникова) было проведено обследование здания, по результатам которого установлено аварийное техническое состояние стен и фундаментов. Данное состояние обуславливалось наличием многочисленных сквозных трещин в несущих и самонесущих стенах, в местах пересечений стен. Ширина раскрытия отдельных трещин достигала 40мм, существовала угроза обрушения здания (рис. 1).

Анализ сложившейся ситуации с проведением инженерно-геологических изысканий позволил установить, что основной причиной развития критических повреждений явилось промерзание и пучение грунтов основания под подошвами фундаментов. Однако, эта причина не была столь очевидна, как кажется с первого взгляда. Интерес представлял тот факт, что изначально полутвердые суглинки относились к практически непучинистым грунтам. Изыскания позволили установить, что на момент обследований влажность грунтов возросла в сравнении с изначальным состоянием. В результате фактического многократного увлажнения грунтов подвала талыми и атмосферными водами, а также циклического промораживания, грунты основания перешли из полутвердого в тугопластичное состояние, что привело к снижению физико-механических характеристик грунтов и изменению степени морозоопасности до категории сильнопучинистых. Развитие нормальных сил морозного пучения из года в год приводило к неравномерному подъему и осадке фундаментов. Причем, масса двухэтажного здания

и армирование кладки стен не позволили компенсировать негативное влияние промерзания, что в результате привело к аварийной ситуации.

а)



б)

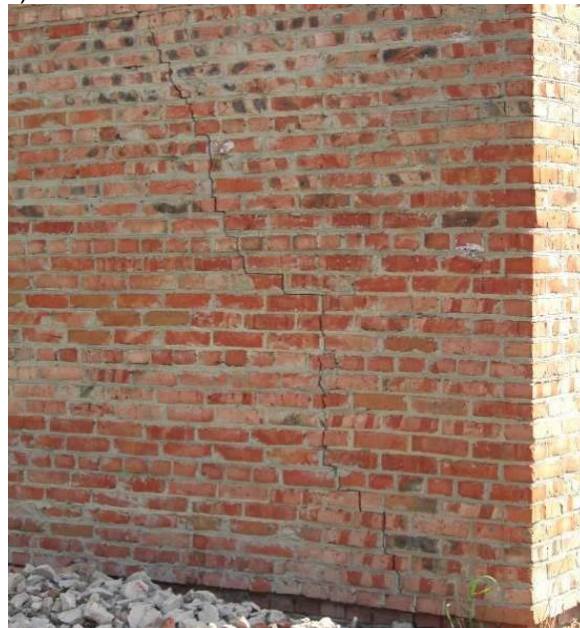


Рисунок 1. Характерные трещины от пучения грунтов основания:

а) – во внутренних стенах; б) – в наружных стенах

Пример №2. Фундаменты жилого дома в центральном округе г. Омска были смонтированы в 2008 г. Проектировщиком было принято решение о применении свайных ленточных фундаментов под стены бескаркасного дома. Свайные ленты устроены с использованием забивных железобетонных свай с однорядным размещением и объединением «голов» ленточными монолитными железобетонными ростверками. Длина забитых свай 8,0 м, раз-

меры поперечного сечения 0,3х0,3 м. После возведения двух из пяти этажей строительство здания было временно приостановлено на 5 лет.

Обследование дома, выполненное перед продолжением строительства, выявило многочисленные дефекты и повреждения фундаментов. Наиболее критичным дефектом признано расстройство узлов сопряжения свай с ростверком, вызванное промерзанием грунтов под подошвой ростверков с последующим пучением. В результате пучения произошло поднятие свайного ростверка с образованием зазоров между сваями и ростверком (Рисунок 2). Развитию данной ситуации способствовало конструктивное исполнение узлов сопряжения свай с ростверками – шарнирное без разбивки «голов» свай и объединения арматурных выпусков свай со стрежневой арматурой ростверков. В результате анкеровка свай в талом грунте не сдерживала деформации пучения грунтов, воздействующих через подошву ростверков. Помимо этого грунты основания и фундаменты не были утеплены и подвергались замачиванию талыми водами. В итоге было принято решение о демонтаже возведенного конструктива, включая ростверки, с последующим устройством на существующих сваях новых ростверков и возведением здания.



Рис. 2. Зазоры между сваями и ростверком в результате пучения

Пример №3. Фундамент под многоквартирный жилой дом в Ленинском округе г. Омска. Фундаменты под дом выполнены в виде свайных лент, забитых с поверхности плани-

ровки с однорядным размещением свай. Марка забитых свай С120.30-8.У. Данное свайное поле представляет собой классический случай безответственного отношения со строительными конструкциями. Свайное поле было устроено опережающим темпом, после чего строительство здания было приостановлено на 4 года. Никаких мероприятий по обеспечению сохранности свай на период простоя строителями произведено не было. Ситуация усугублялась затоплением площадки поверхностными водами (рис.3).

Воздействие сил пучения в данном случае проявилось в раскрытии нормальных к продольной оси свай трещин. Появление трещин в стволах свай было спрогнозировано расчетом при проведении обследований. Ширина раскрытия трещин, определенная с помощью диагностических комплексов, составила 0,5...0,8 мм. Характерно, что трещины были сконцентрированы на глубине 1,7...2,0 м от поверхности земли, т.е. на отметке, близкой границе сезонного промерзания грунта. Соответственно, трещины возникли на границе между мерзлым и талым грунтом и были выявлено в 80% от общего объема свай. Следует подчеркнуть, что для свай с ненапряженной рабочей арматурой наличие трещин является широко распространенным явлением. Однако, данные трещины расположены преимущественно в зонах монтажных петель и имеют другое происхождение в отличие от трещин, выявленных при обследованиях. Причем, трещины в верхней части стволов свай (на расстоянии 1,8...2,2 м) от верха представляют большую опасность с точки зрения сохранности рабочей арматуры, поскольку, как правило, располагаются в зоне переменного уровня грунтовых вод, что способствует ускоренной коррозии арматуры. По результатам обследований непосредственно на данном объекте было рекомендовано продолжить строительство, поскольку работа свай планировалась практически только на центральные сжимающие нагрузки, что исключало необходимость учета арматуры. Однако, если бы надземная часть объекта имела иное конструктивное исполнение, сваи с трещинами потребовали бы дополнительных мероприятий по усилению.



Рис. 3. Фактическое состояние свайного поля под многоэтажный жилой дом

Пример №4. Свайное поле было забито под строящийся многоэтажный гараж. Проектом были предусмотрены свайные кусты, включающие 9...12 железобетонных свай марки С100.30-6. Сваи погружались со дна котлована глубиной 2,5 м. После забивки сваи находились в открытом котловане в течение 4-х лет.

При инструментальном обследовании и измерении обнаружилась следующая картина. Сваи в центральной части котлована имели трещины в верхних частях стволов, но практически во всех сваях по контуру котлована трещины отсутствовали. Это в данном случае объясняется снижением расчетной глубины промерзания грунтов (а, следовательно, и действующей на сваю силы пучения) вследствие утепляющего эффекта снежного покрова, сконцентрированного вдоль откосов котлована. По разным данным, для условий Западной Сибири фактическая глубина промерзания грунтов может составлять 0,6...0,7 от расчетной [9,10]. Подробные исследования фактической глубины сезонного промерзания в условиях г. Омска на основе анализа данных по метеостанциям выполнялись Р.Ш. Абжалимовым.

Перечисленные выше примеры не являются единичными. Авторам статьи известны и другие случаи негативного воздействия сил морозного пучения на конструкции, в частности: возникновение трещин в сплошной монолитной железобетонной плите толщиной 1м, устроенной в качестве фундамента многоэтажного жилого дома. Трещины и деформации плиты возникли за одну зиму; нарушение анкеровки свай в грунте («вырыв» свай из гнезд) под воздействием сил морозного пучения; пучение малонагруженных свай в процессе строительства.

Как показывает практика обследований, наиболее действенным способом защиты свайных фундаментов от сил морозного пучения на период строительства является комплекс мероприятий, включающих утепление фундаментов с обязательной защитой утеплителя от увлажнения и создание пригрузки. Для неотапливаемых объектов возможно погружение свай в лидерные скважины с заполнением зазоров непучинистым материалом, однако в этом случае необходимо учитывать снижение несущей способности сваи на вертикальные и горизонтальные нагрузки [11]. Для фундаментов на естественном основании определяющим фактором является глубина заложения.

Необходимость пригрузки свай для их сохранности от образования трещин можно оценить и численно путем сопоставления усилий пучения грунта и усилий, соответствующих образованию трещин в сваях. Для оценки действующих касательных сил морозного пучения грунтов был построен график (рис. 4). В качестве примера взяты суглинки, поскольку они наиболее часто слагают верхнюю часть геолого-литологических разрезов в г. Омске, и выполнен расчет касательных сил морозного пучения по боковой поверхности свай при различных показателях текучести грунта.

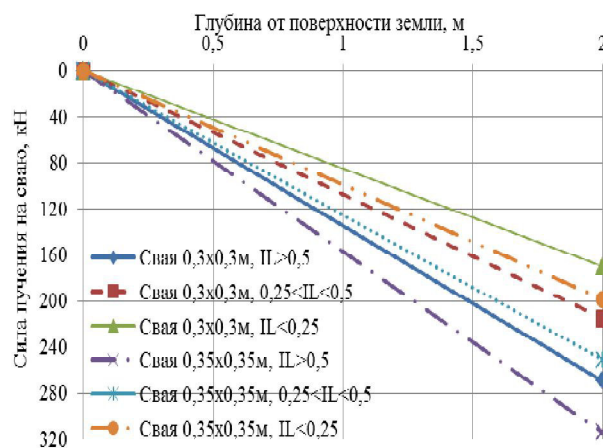


Рис. 4. Силы пучения суглинков, действующие на сваи

Значения осевых растягивающих усилий, соответствующих образованию трещин $N_{срс}$, определены на основании требований [12] и сведены в таблицу (таблица 1). Расчеты выполнены для классов бетона В15...В25 как для наиболее часто применяемого бетона при изготовлении свай. Сечение свай 0,3х0,3 м и 0,35х0,35 м, рабочая арматура без предварительного напряжения.

Таблица 1 – Начало усилия образования трещин в сваях

Сечение свай, м	Класс прочности бетона	Продольная рабочая арматура, диаметр и класс	Осевое растягивающее усилие, соот- ветствующее образованию трещин $N_{срс}$, кН
1	2	3	4
0,3x0,3	B15	4d10 (A500)	111
		4d12 (A500)	114
		4d14 (A500)	117
		4d16 (A500)	121
		4d18 (A500)	125
	B20	4d10 (A500)	135
		4d12 (A500)	138
		4d14 (A500)	142
		4d16 (A500)	145
		4d18 (A500)	150
	B25	4d10 (A500)	154
		4d12 (A500)	157
		4d14 (A500)	160
		4d16 (A500)	164
		4d18 (A500)	169
0,35x0,35	B15	4d12 (A500)	152
		4d14 (A500)	155
		4d16 (A500)	159
		4d18 (A500)	163
	B20	4d12 (A500)	185
		4d14 (A500)	188
		4d16 (A500)	192
		4d18 (A500)	196
	B25	4d12 (A500)	209
		4d14 (A500)	213
		4d16 (A500)	217
		4d18 (A500)	222

Сопоставление приведенных выше результатов показывает следующее: для массово применяемых свай сечением 0,3x0,3 м минимальное усилие, необходимое для образования трещин, составляет $N_{срс} = 111$ кН; расчетное выдергивающее усилие, действующее на сваю при промерзании глинистого грунта до расчетной глубины промерзания $N = 170$ кН (при показателе текучести грунта менее 0,25), т.е. превышает начальное усилие трещинообразования. Более того, выдергивающее усилие для свай с минимальным армированием может достигать величины прочности арматуры на разрыв (например, для свай с арматурой 4d12 A500 прочность составляет $[N] = 195$ кН); для свай сечением 0,3x0,3 м опасной границей является промерзание даже до глубины 1,0...1,2м; армирование стволов свай в меньшей степени оказывает влияние на сопротивляемость раскрытию трещин, чем прочностные характеристики бетона, что влечет необходимость контроля прочности при строительстве. Необходимо отметить, что построенные на основании [8] графики являются приближенными (графика только по показателю текучести грунта). Анализ многочисленных данных по инженерно-

геологическим изысканиям на территории г. Омска и области показывает, что сезонно-промерзающие грунты на данной территории часто находятся в мягко- и текучепластичном состоянии, т.е. фактические силы пучения могут быть выше расчетных.

Заключение

1. Заказчикам строительства следует тщательно учитывать все риски, связанные со строительством здания, в том числе риск приостановки строительства на длительные сроки. В противном случае, как показывает практика, недостроенные объекты могут получить критические дефекты вследствие морозного пучения грунтов, при наличии которых продолжение строительства нецелесообразно из-за несоразмерных затрат на восстановление.

2. Специалистам проектных организаций необходимо выполнять проверку устойчивости фундаментов на действие сил морозного пучения грунтов, в том числе на период производства строительных работ. В проектах требуется указывать способы и мероприятия по противодействию влиянию сил морозного пучения грунтов на фундаменты, либо выполнять специализированные расче-

ты и предусматривать конструктивные мероприятия, компенсирующие влияние сил морозного пучения на фундаменты. Эти мероприятия должны неукоснительно соблюдаться не только в случае приостановке строительства (консервация), но и при возведении здания в зимний период времени.

3. В случае возобновления строительства недостроенных зданий, или строительства новых зданий на фундаментах, простоявших длительное время при наличии пучинистых грунтов в основании, необходимо выполнять детальные инструментально-технические обследования основания и фундаментов. Только на основе результатов обследований допускается принимать решения о возможности такого строительства и выполнении необходимых восстановительных мероприятий.

Библиографический список

1. Гольцов, В.М. Воздействие касательных сил морозного пучения грунтов на забивные сваи в период строительства: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.02 / Гольцов Владимир Михайлович. – Омск, 1998. – 200 с.
2. Сапожников, М.Я. Результаты наблюдений за перемещениями свайных фундаментов промышленных сооружений с ростверками, расположенными в зоне промерзания / М.Я. Сапожников, Г.Д. Храпов // «Вопросы механики грунтов». – Омск, Западно-Сибирское кн. изд-во, 1971. – С.50-54.
3. Абжалимов, Р.Ш. Особенности взаимодействия пучинистых грунтов с конструкциями подземных переходов и метод их расчёта: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.23.02 / Абжалимов Раис Шакирович. – М.1987 – 23 с.
4. Абжалимов, Р.Ш. Использование сезонно промерзающих пучинистых грунтов в качестве оснований для фундаментов малоэтажных зданий и подземных сооружений в инженерной практике. Монография / Р.Ш. Абжалимов. – г. Омск: Изд-во ООО «Омскбланкиздат», 2013. – 422 с.
5. Краев, А.Н. Определение содержания незамерзшей воды в мерзлых грунтах на примере существующей автомобильной дороги, расположенной в ЯНАО / А.Н. Краев, Т.В. Пермитина // Сб. материалов XIV научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов и соискателей. 27.11.2014 г. – Тюмень: РИО ТюмГАСУ, 2015. – С. 51-56.
6. СП 22.13330.2011. Основания зданий и сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83*. – Введ. 2015-07-01. М.: Минрегион России, 2010 – 161 с.: ил.
7. СНиП 2.02.03-85*. Свайные фундаменты. Нормы проектирования/ Госстрой СССР. – М.: НИИОСП им. Н.М. Герсеванова Госстроя СССР, 2000 – 74 с.
8. СП 24.13330.2011. Свайные фундаменты. Актуализированная редакция СНиП 2.02.03-85. – Введ. 2015-07-01. М.: Минрегион России, 2010 – 86 с.: ил.

9. Ульрих, С.С. Сезонное промерзание грунтов и их взаимодействие с фундаментами зданий / С.С. Ульрих, В.И. Пусков – Красноярск, 1965. – 166 с.

10. Предложения по снижению глубины промерзания грунтов резервов и разработке мерзлых грунтов при зимних земляных работах. – М.: СО-ЮЗДОРНИИ, 1970 – 23 с.

11. Тишков, Е.В. Анализ решений фундаментов антенных сооружений связи / Е.В. Тишков, И.М. Ивасюк // Сб. «Научные труды Общества железобетонщиков Сибири и Урала». Вып.10. – Новосибирск: НГАСУ, 2010. – С. 40-44.

12. СП 63.13330.2012. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003. – Введ. 2015-07-01. М.: Минрегион России, 2011. – 156 с.: ил.

FROST PENETRATION IN THE BASES OF THE FOUNDATIONS OF BUILDINGS AND CONSTRUCTIONS: REASONS AND CONSEQUENCES

E.V. Tishkov, Yu. E. Ponomarenko,
S.S. Roskoshniy, M.V. Mosin

Abstract. In article the factors promoting emergence of forces of a frosty swelling of soil, and also ways of counteraction to forces of a frosty swelling are considered. The practical examples of consequences of negative influence of forces of a frosty swelling of soil on the bases and elevated designs of buildings revealed at tool and technical inspections was analysed. Recommendations about preservation of the bases from frost penetration and to ensuring stability of the bases of buildings and constructions on action of efforts of a swelling of soil are provided.

Keywords: clay soil, base, foundation, pile, frosty swelling.

References

1. Gol'cov V.M. *Vozdejstvie kasatel'nyh sil moroznogo puchenija gruntov na zabivnye svai v period stroitel'stva* [Impact of tangent forces of a frosty pucheniya of soil on zabivny piles during construction: dis. cand.tech.sci.: 05.23.02]. Omsk, 1998. 200 p.
2. Sapozhnikov M.Ja., Hrapov G.D. *Rezultaty nabljudenij za peremeshhenijami svajnyh fundamentov promyshlennyh sooruzhenij s rostverkami, raspolozhennymi v zone promerzaniya* [Results of supervision over movements of the pile bases of industrial constructions with the grillages located in a frost penetration]. *Voprosy mehaniki gruntov*, Omsk, 1971. pp. 50-54.
3. Abzhalimov R.Sh. *Osobennosti vzaimodejstvija puchinistykh gruntov s konstrukcijami podzemnykh perehodov i metod ih raschjota: avtoref. dis. kand. tehn. nauk: 05.23.02*. [Features of interaction the puchinistykh of soil with designs of subways and a method of their calculation]. Moscow. 1987. 23 p.
4. Abzhalimov R.Sh. *Ispol'zovanie sezonno promerzajushhih puchinistykh gruntov v kachestve osnovanij dlja fundamentov maloetazhnyh zdaniy i podzemnyh sooruzhenij v inzhenernoj praktike* [Use of the soil which is seasonally freezing through the puchinistykh as the bases for the bases of low build-

ings and underground constructions in engineering practice]. Omsk. 2013. 422 p.

5. Kraev A.N., Permitina T.V. Opređenje soderžanija nezamerzshoj vody v mjozlyh gruntah na primere sushhestvujushhej avtomobil'noj dorogi, raspolozhennoj v JaNAO [Definition of the content of neza-merzshy water in frozen soil on the example of the existing highway located in Yamalo-Nenets Autonomous Area]. *Sb. materialov XIV nauchno-prakticheskoy konferencii molodyh uchenyh, aspirantov i soiskatelej* 27.11.2014. Tjumen'. 2015. pp 51-56.

6. SP 22.13330.2011. Osnovaniya zdaniy i sooruzhenij [SP 22.13330.2011. Foundations of buildings and constructions. The staticized edition Construction Norms and Regulations 2.02.01-83]. Moscow, 2010, 161 p.

7. SNiP 2.02.03-85*. Svajnye fundamenty. Normy proektirovaniya [Construction Norms and Regulations 2.02.03-85*. Pile bases. Norms design]. Moscow, 2000, 74 p.

8. SP 24.13330.2011. Svajnye fundamenty. Aktualizirovannaja redakcija SNiP 2.02.03-85 [SP 24.13330.2011. Pile bases. The staticized edition Construction Norms and Regulations 2.02.03-85]. Moscow, 2010, 86 p.

9. Ul'rih S.S., Puskov V.I. Sezonnoe promerzanie gruntov i ih vzaimodejstvie s fundamentami zdaniy [Seasonal frost penetration in soil and their interaction with the bases of buildings]. Krasnojarsk. 1965. 166 p.

10. *Predlozhenija po snizheniju glubiny promerzaniya gruntov rezervov i razrabotke merzlyh gruntov pri zimnih zemljanyh rabotah* [Offers on decrease in depth of frost penetration in soil of reserves and development of frozen soil at winter earthwork]. Moscow. 1970. 23 p.

11. Tishkov E.V., Ivasjuk I.M. Analiz reshenij fundamentov antennnyh sooruzhenij svyazi [Analysis of solutions of the bases of antenna constructions of communication]. *Sb. Nauchnye trudy Obshhestva zhelezobetonshnikov Sibiri i Urala*. Vyp.10, Novosibirsk, 2010. pp. 40-44.

12. SP 63.13330.2012. Betonnye i zhelezobetonnye konstrukcii. Osnovnye položenija [SP 63.13330.2012. Concrete and ferroconcrete designs. Basic provisions. The staticized edition Construction Norms and Regulations 52-01-2003] Moscow, 2011. 156 p.

Тишков Евгений Владимирович (Россия, Омск) – кандидат технических наук, доцент кафедр «Недвижимость и строительный бизнес», «Строительная механика и геотехнологии» ФГБОУ ВПО СибАДИ (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: evgen2713@mail.ru).

Пономаренко Юрий Евгеньевич (Россия, Омск) – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Строительная механика и геотехнологии» ФГБОУ ВПО СибАДИ (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: nis@sibadi.org).

Роскошный Станислав Сергеевич (Россия, Омск) – инженер-эксперт Омского областного отделения общероссийского общественного фонда «Центр качества строительства» (644099, г. Омск, ул. К. Либкнехта, 33, e-mail: 89039263767@yandex.ru).

Мосин Максим Владимирович (Россия, Омск) – аспирант кафедры «Строительные конструкции» ФГБОУ ВПО СибАДИ (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: maksim.mosin@mail.ru).

Evgeniy V. Tishkov (Russian Federation, Omsk) – candidate technical sciences, Ass. Professor, Department of Real Estate and Construction Business, Building Mechanics and Geotechnologys, of The Siberian Automobile and Highway Academy (644080, Mira, 5, Omsk, e-mail: evgen2713@mail.ru).

Yuriy E. Ponomarenko (Russian Federation, Omsk) – doctor of technical sciences, professor, Department of Building Mechanics and Geotechnologys, of The Siberian Automobile and Highway Academy (644080, Mira, 5 prospect, Omsk, e-mail: nis@sibadi.org).

Stanislav S. Roskoshnyy (Russian Federation, Omsk) – engineer expert of Omsk regional office of the all-Russian public fund "Center of Quality of Construction" (644099, K. Libknexta av., 33, Omsk, e-mail: 89039263767@yandex.ru).

Maxim V. Mosin (Russian Federation, Omsk) – post-graduate student, Department of Building Constructions, of The Siberian Automobile and Highway Academy (644080, Mira, 5 prospect, Omsk, 5, e-mail: maksim.mosin@mail.ru).

УДК 691.542:53

САПРОПЕЛЕВЫЕ МОДИФИКАТОРЫ ЦЕМЕНТНОГО ВЯЖУЩЕГО

В.А. Хомич¹, О.И. Кривонос²

¹ФГБОУ ВПО «СибАДИ», Омск, Россия;

²Институт проблем переработки углеводородов СО РАН, Омск, Россия.

Аннотация. Представлены результаты изучения процесса получения активных минеральных добавок из сапропелевого сырья путем его сжигания при 850...900 °С и последующего измельчения. Изучены свойства цементного камня с добавками зол сапропелей и механизм их действия. Введение зол, совместно с пластификатором Glenium, в цементы ПЦ 400 и ПЦ 500 Д0 приводит к увеличению прочности цементного камня и значительно снижает его водопоглощение. Добавка золы оказывает на