

Набивные сваи в раскатанных скважинах на лёссах южного Казахстана

¹**БРОВКО Игорь Степанович**, д.т.н., и.о. профессора, brovko156@mail.ru,

¹**АЛДИЯРОВ Жумадила Алибекович**, к.т.н., доцент, aldyarov.zhumadilla@mail.ru,

¹**АУБАКИРОВА Фарида Хабиевна**, к.т.н., доцент, faraub1011@mail.ru,

^{2*}**АРТЫКБАЕВ Дархан Жаксылыкович**, PhD, декан, artykbaev_d@mail.ru,

¹**ДОСЫБЕКОВ Серик Камбарович**, к.т.н., доцент, Serik_dossybekov71@mail.ru,

¹НАО «Южно-Казахстанский университет имени Мухтара Ауэзова», Казахстан, Шымкент, пр. Тауке хана, 5,

²Университет имени Жумабека Ташенова, Казахстан, Шымкент, ул. Токаева, 27а,

*автор-корреспондент.

Аннотация. Рассматриваются особенности строения лёссовых грунтов, широко распространенных на территории южного Казахстана, которые необходимо учитывать при подготовке оснований и устройства фундаментов в данном регионе. Дается оценка возможности применения в местных условиях перспективных фундаментов из свай в раскатанных скважинах на основе алгоритма их внедрения в других регионах. Приведены опыт устройства этих конструкций в г. Шымкенте и факторы, сдерживающие их широкое внедрение. На юге Казахстана, в частности, в г. Шымкенте, проблема устройства надежных фундаментов стоит очень остро. Это обусловлено сложными геологическими условиями, а именно – распространением лёссовых просадочных грунтов. Лёссовые породы встречаются на всех континентах, но наиболее широко они распространены в Европе, Азии и Америке. По подсчетам специалистов, при средней мощности лёсса 10 м общая площадь, занятая лёссовыми породами, на земном шаре составляет 19 млн км² [1]. Лёссовые грунты, с точки зрения строителей, обладают коварным свойством – менять свое состояние при их замачивании. Поэтому обзор происхождения лёссовых оснований может внести ясность в сущность физических явлений, происходящих в его толще при возведении и эксплуатации зданий и сооружений.

Ключевые слова: лёссовые грунты, просадочные грунты, несущая способность, деформация, раскатка скважины, набивные сваи, глина, осадка.

Введение

В научную литературу термин «лёсс» впервые был введен в 1823 году К. Леонардом, и с этого времени началась дискуссия о его происхождении и свойствах. За всю историю изучения лёссов было предложено не менее двадцати различных гипотез их происхождения. Одной из основных теорий считается «Эоловая гипотеза». Ее основателем является Ф. Рихтгоффен (1877). Он считал, что лёссовый (пылеватый) материал переносился и откладывался в бессточных впадинах ветром и дождевой водой и удерживался там степной растительностью. Американские ученые Ф. Леверетт (1899), Т. Чемберлин и др. (1909) основное значение придавали образованию пылеватых толщ за счет развевания речных и водно-ледниковых отложений близлежащих долин. Многие известные отечественные и зарубежные ученые, например, А.И. Москвитин, И.И. Трофимов, Н.И. Кригер, были и до настоящего времени остаются сторонниками эоловой гипотезы. Это связано с тем, что данная гипотеза хорошо объясняет покрывное

залегание лёссов на больших площадях и подкрепляется фактами быстрого накопления в засушливых областях [2].

В условиях городской застройки лёссовые грунтовые толщи могут проседать, и главную роль здесь играет замачивание оснований, которое может происходить по разным причинам: из-за аварий водонесущих сетей, поднятия уровня подземных вод, подтопления оснований от соседних объектов, непродуманной техногенной деятельности человека и т.д. С началом массового строительства жилья в середине 1960-х годов в г. Шымкенте сразу же обнаружилась необходимость подготовки оснований. Просадочные основания не могли без дополнительных мероприятий обеспечить нормальную эксплуатацию возводимых объектов, ввиду участившихся случаев аварийного замачивания [3, 4]. Для предотвращения просадок стали применять простейшие и, вместе с тем, эффективные методы преобразования оснований посредством разных комбинаций замачивания и уплотнения грунта, которые для

разных типов грунтов были разными [5].

С увеличением интенсивности воздействий на основания в результате строительства высотных зданий, близкого расположения соседних объектов, зданий с большими пролетами между несущими конструкциями возникает потребность в фундаментах с высокой удельной несущей способностью. К таким типам можно отнести свайные конструкции, которые в процессе их устройства воздействуют на окружающий массив, уплотняя прилегающий грунт. Тем самым, например, просадочный грунт в околосвайном пространстве переводится в непросадочный и решается вопрос предотвращения развития дополнительных деформаций, связанных с замачиванием [6,7].

Материалы и методы

В последнее время одним из таких перспективных фундаментов являются набивные сваи в раскатанных скважинах. Данный тип, так же как фундаменты в вытрамбованных котлованах и свайные фундаменты в пробитых скважинах, относятся к конструкциям, устраиваемым с полным вытеснением грунта. О сваях в раскатанных скважинах стала появляться информация в 80-е годы прошлого столетия, как о перспективных конструкциях, которые могут использоваться как: а) свайная конструкция, б) как метод усиления основания путем устройства вертикальных раскатанных скважин с заполнением уплотненным гравием, щебнем, грунтом, шлаком, а также их комбинациями. Большой проблемой, как раньше, так и сейчас, является достоверная оценка состояния модернизированного неоднородного основания при внедрении в природный грунт «столбов» инородного материала. С учетом того, что до настоящего времени не утверждена единая методика проектирования усиления основания данным методом, хотя разработан Стандарт организации, который может быть использован в качестве отправного источника, возникает необходимость проведения экспериментально-теоретических исследований на местах.

Различные материалы и методы на современном этапе строительства сваи в раскатанных скважинах стали применять более активно [8, 9]. Snряд представляет собой систему независимых друг от друга усеченных конусов, расположенных один над другим на стержне и имеющих каждый свою траекторию при передаче на снаряд вдавливающих усилий с вращением. При раскатке скважин грунт вкатывается в окружающую скважину массив, формируя уплотненную зону. Преимущество раскатки скважин заключается в отсутствии вибрационного воздействия на близко расположенные здания и сооружения. С помощью этого метода возможно устройство подпорных стенок, укрепление (закрепление) откосов, склонов и земляных сооружений, уплотнение обратных засыпок и насыпей, создания противодиффузионных завес. Кроме того, высокая производитель-

ность, а также экономия на затратах по вывозу грунта позволяют сократить сроки устройства свайного основания и снизить стоимость работ.

К преимуществам свай в раскатанных скважинах относят:

- за счёт формирования уплотнённой зоны при раскатке скважины и вовлечения в работу грунта околосвайного пространства несущая способность данных свай превышает несущую способность обычных буронабивных свай аналогичной длины и поперечного сечения;
- малую удельную материал- и энергоёмкость на единицу несущей способности;
- возможность устройства в условиях плотной городской застройки;
- возможность использования для их устройства различных материалов;
- модуль деформации после насыщения глины щебнем может быть увеличен от 3 до 5 раз.

Для определения модуля деформации модернизированного грунта, в данном случае слоя аллювиальной глины, после выполнения работ по устройству свай в раскатанных скважинах выполнялись испытания штампом. Для этой цели применялся штамп нестандартно больших размеров – 1,5х1,5 м с площадью 22500 см². Проведенный контроль качества искусственного основания штамповыми испытаниями показал пригодность данного метода для строительного производства.

В г. Шымкенте сваи в раскатанных скважинах пока не получили широкого распространения, так как не были проведены комплексные научные исследования их работы в местных грунтовых условиях. Но, несмотря на это, одно здание по ул. Байдибек-би было построено. Работы по раскатыванию скважин были выполнены специалистами ТОО «Спецфундаментстрой» г. Алматы. На рисунке 1 представлена А) установка для изготовления свай в раскатанных скважинах, Б) снаряд-раскатчик, В) изготовленная железобетонная свая.

Следует отметить, что в данных грунтовых условиях раскатывание скважин проходило тяжело из-за большой плотности сухого лессового грунта. Отмечалось сильное нагревание снаряда и большие нагрузки на силовой агрегат. Сваи были изготовлены диаметром 300 мм, что определялось габаритами снаряда-раскатчика. После устройства свайного поля, на нем были возведены фундаменты. Здание успешно эксплуатируется по настоящее время.

Результаты и обсуждение

Набивные сваи в раскатанных скважинах, являясь армирующими элементами, значительно улучшают строительные свойства оснований. Но расчетные параметры таких оснований точно обосновать на стадии проектирования очень сложно ввиду разных причин: возможного изменения расстояний между сваями в каждом отдельном проекте; прочности применяемого бетона; вли-



Рисунок 1 – Устройство свай в раскатанных скважинах в г. Шымкенте по ул. Байдибек-би

яния уплотнения бетона на боковое давление по стенкам скважины; возможного проскальзывания сваи относительно уплотненного окружающего грунта; исходных грунтовых условий и т.д.

Важнейшими показателями, характеризующими степень уплотнения грунта при его армировании, следует считать плотность сухого грунта ρ_d и модуль деформации E_o .

Проектное значение модуля деформации грунта, укрепленного сваями в раскатанных скважинах можно, как и в других случаях при неоднородном основании, определить, используя общеизвестное понятие приведенного модуля по формуле:

$$E_{пр} = \frac{E_{св} \cdot A_{св} + E_{н.гр} \cdot A_{гр}}{A_{св} + A_{гр}}, \quad (1)$$

где $A_{св}$ – площадь поперечного сечения набивной сваи;

$A_{св} + A_{гр}$ – площадь поверхности грунтового массива, приходящаяся на одну набивную сваю;

$E_{св}$ – модуль деформации набивной сваи из тощего бетона класса В7,5 (с учетом запаса, принимаемый равным 400 МПа);

$E_{н.гр}$ – модуль деформации уплотненного грунта методом раскатки скважин в межскважинном пространстве (нормативное значение).

Приведенная методика имеет неточности, связанные в первую очередь с использованием нормативных значений E_o , не учитывающих условия формирования искусственного грунтового массива под фундаментами, при его армировании. Для чего требуется уточнение натурными испытаниями. Такая работа, на примере восьми жилых домов, при сравнительно однотипных грунтовых условиях, проведена автором [10, 11], и представлена в таблице 1.

Из данной таблицы видно, что плотность сухого уплотненного грунта превосходит соответствующую плотность природного грунта в 1,05-1,07 раза. С учетом уплотнения сваями в раскатанных скважинах, значение E_o , более чем в два раза превосходит нормативное значение просто уплотнен-

ного грунта. Это говорит о больших изменениях, которые вносит армирование грунта.

Основными задачами работы [10] являлись: а) установление зависимости между фактическим модулем деформации усиленного основания и начальной плотностью сухого грунта для того, чтобы избежать целый ряд допущений, принимаемых в существующих методиках расчета и б) получение модуля деформации усиленного основания за счет переходного коэффициента от начальной плотности сухого грунта ρ_{d0} . Этого удалось достичь благодаря проведению штамповых испытаний на всех восьми домах. Особенностью этих испытаний было то, что при испытаниях штампом охватывалась не только поверхность сваи, но грунт вокруг нее, который был уплотнен раскатыванием. Ниже приведем полученные результаты в таблице 2.

Полученный массив данных определения фактических значений $E_{ф}$ по восьми домам с шестикратной повторностью, а также ρ_{d0} , позволили установить зависимость между ними [10], которые приведем в виде графиков и эмпирических формул.

$$E_{ф} = 3679\rho_{d0}^2 - 11432\rho_{d0} + 8939. \quad (2)$$

Отметим, что полученная зависимость $E_o = f(\rho_{d0})$ полезна тем, что посредством перехода к плотности скелета грунта, возможна значительная экономия финансовых средств, так как ρ_{d0} значительно легче получить опытным путем, по сравнению со штамповыми испытаниями в натурных условиях для определения E_o . Полученные соотношения $E_o = f(\rho_{d0})$ с уверенностью можно использовать в практике только для конкретно приведенных геологических условий г. Новосибирска.

Для применения, полученного в работе [10 стр. 12] алгоритма, который можно использовать как образец при внедрении набивных свай в раскатанных скважинах, для других регионов, например – южного Казахстана, необходимы натурные исследования, учитывающие изменение геологических условий и технологических параметров применяемой техники.

№ п/п	Адрес	Глубина усиления, м	Плотность сухого уплотненного грунта, г/см ³	Плотность сухого уплотненного грунта, г/см ³	Нормативное значение модуля деформации уплотненного грунта, МПа	Проектное значение модуля деформации усиленного основания, определенное как средневзвешенное, МПа
11	Жилой дом по ул. Державина	11,6	1,58	1,67	19,0	40,5
22	Жилой дом по ул. Кирова	6,7	1,55	1,66	16,6	38,3
33	Жилой дом по ул. Романова (1)	11,5	1,59	1,69	19,8	41,3
44	Жилой дом по ул. Романова (2)	7,0	1,56	1,65	17,4	39,1
55	Жилой дом по ул. 9 Ноября	8,5	1,60	1,69	20,6	42,1
66	Жилой дом по ул. Крылова	12,2	1,61	1,72	21,4	42,8
7	Жилой дом по ул. Фрунзе (1)	13,0	1,57	1,66	18,2	39,8
88	Жилой дом по ул. Фрунзе (2)	11,2	1,58	1,66	18,8	40,4

№ п/п	Местонахождение	Фактическое значение модуля деформации по штамповым испытаниям, МПа							Проектное значение модуля деформации усиленного основания, определенное как средневзвешенное, МПа $E_{пр}$
		E_{ϕ}						$E_{E_{фср}}$	
		11	22	33	64	55	66		
1	Жилой дом по ул. Державина	61,1	60,3	58,7	61	59,7	58,5	59,9	40,5
2	Жилой дом по ул. Кирова	58,1	56,3	59,7	56,9	56,5	59,2	57,8	38,3
3	Жилой дом по ул. Романова (1)	63,3	61,9	63,4	59,9	61,9	61,4	62,0	41,3
4	Жилой дом по ул. Романова (2)	58,4	58,3	59,1	57,6	58,2	58,4	58,3	39,1
5	Жилой дом по ул. 9 Ноября	66,8	66,9	70,1	68,1	67,5	68,7	68,0	42,1
6	Жилой дом по ул. Крылова	68	67,8	67,4	67,6	68,7	69,5	68,2	42,8
7	Жилой дом по ул. Фрунзе (1)	58,1	58,0	58,7	59,0	58,9	58,5	58,5	39,8
8	Жилой дом по ул. Фрунзе (2)	59,9	61,0	59,2	59,0	59,2	60,0	59,7	40,4

С накоплением достаточного опыта и фактических материалов зависимость (2) можно привести к унифицированному виду и ее использование позволит полностью или частично отказаться от дорогостоящих штамповых испытаний.

Выводы

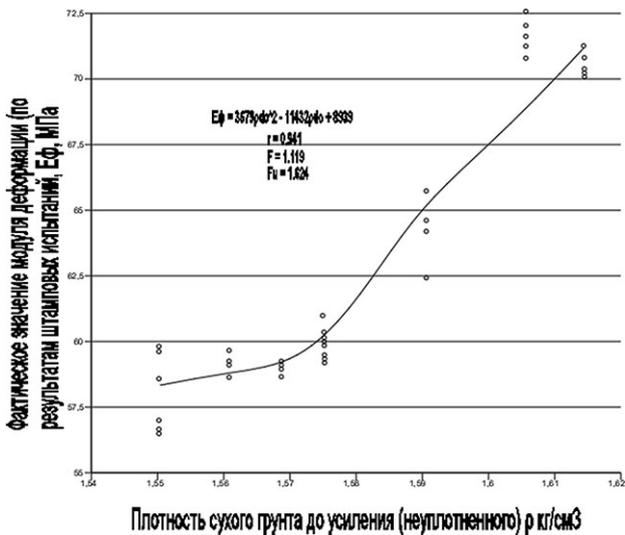
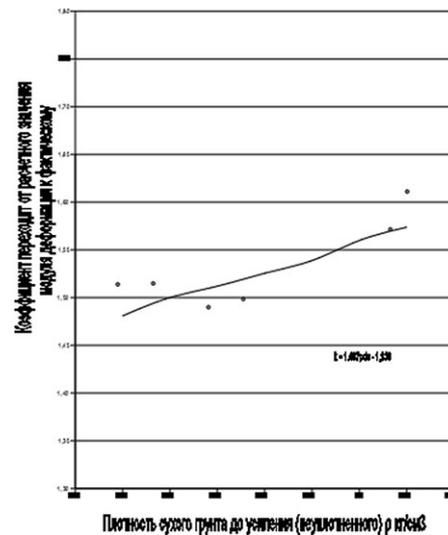
1. Анализ особенностей строения лессовых грунтов, широко распространенных на территории южного Казахстана показал, что их необходимо учитывать при подготовке оснований и устройства фундаментов, устраиваемых с полным вытеснением грунта.

2. Дана оценка возможности применения

перспективных фундаментов конструкций, в том числе из свай в раскатанных скважинах на основе алгоритма их успешного внедрения в других регионах.

3. Сдерживающим фактором применения свай в раскатанных скважинах в южном Казахстане является отсутствие натуральных исследований, учитывающих особенности местных геологических, климатических и прочих условий.

4. Рассчитывать на широкомасштабное внедрение метода раскатывания скважин под фундаменты можно при накоплении достаточного опыта и фактических материалов, которые обеспечат должную надежность возводимых объектов.

Рисунок 2 – График $E_{\phi} = f(\rho_{do})$ Рисунок 3 – График зависимости переходного коэффициента от ρ_{do}

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дашко Р.Э. Инженерно-геологический анализ и оценка водонасыщенных глинистых пород как основания сооружений / Институт «ПИ Георекострукция». – СПб, 2015.
2. Кузахметова, Э.К. Усовершенствование методологии прогноза осадки системы «сооружение-грунтовое основание» / Э.К. Кузахметова // Основания, фундаменты и механика грунтов. – 2011. – № 6. – С. 16-21.
3. Ломов, П.О. Модификация метода раскатки скважин для слабых водонасыщенных грунтов / П.О. Ломов // Политранспортные системы: материалы VIII Междунар. науч.-техн. конф. в рамках года науки Россия – ЕС «Научные проблемы реализации транспортных проектов в Сибири и на Дальнем Востоке». – Новосибирск: Изд-во СГУПС, 2015. – С. 196-202.
4. Ломов, П.О. Повышение качества проектирования усиления грунтового основания армированием набивными сваями в раскатанных скважинах [Электронный ресурс] / П.О. Ломов // Наукоедение: интернет-журнал. – 2014. – № 2 (21). – Режим доступа: <http://naukovedenie.ru/PDF/132TVN214.pdf> (дата обращения 05.10.2014).
5. Мангушев, Р.А. К вопросу контроля качества изготовления и приёмки буроинъекционных свай / Р.А. Мангушев, А.Б. Пономарев // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Строительство и архитектура. 2014. № 4: ПНИПУ. Пермь, 2014. – С. 87-109.
6. Силкин, А.М. Оценка уплотнения тела грунтовой плотины методом вероятностного прогноза / В.Я. Жарницкий, А.М. Силкин // Природообустройство. – 2012. – № 3. – С. 56-60.
7. Гайдо, А.Н. Оценка несущей способности свай в зависимости от значений технологических параметров их устройства или изготовления / А.Н. Гайдо // Геотехника. – 2016. – № 6. – С. 42-52.
8. Гайдо, А.Н. Анализ экспериментальных результатов определения несущей способности грунтов по технологическим параметрам вдавливания свай / А.Н. Гайдо, Я.В. Иванов, Я.В. Ильин // Промышленное и гражданское строительство. – 2013. – № 5. – С. 54-59.
9. Гревцев, А.А. Определение лобового сопротивления забивной сваи на основе решения задачи расширения полости в грунте: Дис. ... канд. техн. наук: 05.23.02 / Гревцев Александр Алексеевич. – М., 2015. – 132 с.
10. Дьяконов, И.П. Особенности работы набивной завинчиваемой сваи «Фундекс» в разнородных грунтах / И.П. Дьяконов, В.В. Конюшков // Вестник гражданских инженеров. – 2014. – № 6. – С. 116-120.
11. Мангушев, Р.А. Анализ практического применения завинчиваемых набивных свай / Р.А. Мангушев, В.В. Конюшков, И.П. Дьяконов // Основания и фундаменты, механика грунтов. – 2014. – № 5. – С. 11-16.

Оңтүстік Қазақстандағы сарғыш көп отыратын тапталынған ұнғымадағы толтырылған қадалар

¹**БРОВКО Игорь Степанович**, т.ф.д., профессор м.а., brovkoi56@mail.ru,

¹**АЛДИЯРОВ Жумадила Алибекович**, т.ф.к., доцент, aldyarov.zhumadilla@mail.ru,

¹**АУБАКИРОВА Фарида Хабиевна**, т.ф.к., доцент, faraub1011@mail.ru,

²***АРТЫКБАЕВ Дархан Жаксылыкович**, PhD, декан, artykbaev_d@mail.ru,

¹**ДОСЫБЕКОВ Серик Камбарович**, т.ф.к., доцент, Serik_dossybekov71@mail.ru,

¹«Мұхтар Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті» КеАҚ, Қазақстан, Шымкент, Тәуке хан даңғылы, 5,

²Жұмабек Ташенов атындағы университеті, Қазақстан, Шымкент, Тоқаев көшесі, 27а,

*автор-корреспондент.

Аңдатпа. Оңтүстік Қазақстан аумағында кең таралған сарғыш грунттардың құрылыс ерекшеліктері қарастырылады, оларды осы өңірде іргетастарды дайындау және орнату кезінде ескеру қажет. Оларды басқа аймақтарда енгізу алгоритмі негізінде қазылған ұңғымаларда қадалардан перспективті іргетастарды жергілікті жағдайда қолдану мүмкіндігіне баға беріледі. Бұл құрылымдарды Шымкент қаласында орнату тәжірибесі және олардың кеңінен енгізілуіне кедергі келтіретін факторлар келтірілген. Қазақстанның оңтүстігінде, атап айтқанда, Шымкент қаласында сенімді іргетастарды орнату мәселесі өте өзекті мәселелердің бірі болып тұр. Бұл күрделі геологиялық жағдайларға байланысты, атап айтқанда, сарғыш грунттардың кең таралулары Еуропада, Азияда және Америкада кең таралған. Мамандардың есептеулері бойынша, сарғыш грунттардың орташа қуаты 10 м болған кезде жер шарындағы алып жатқан жалпы алаңы 19 млн км² құрайды [1]. Сарғыш грунттар, құрылысшылардың көзқарасы бойынша, олардың сенімділігі мен тұрақтылығын қамтамасыз ету қажет. Сондықтан да сарғыш грунттар негіздерінің пайда болуы бойынша ғимараттар мен құрылыстарды салу және пайдалану кезінде оның қалыңдығында болатын физикалық құбылыстардың мәнін анықтай алады.

Кілт сөздер: сарғыш грунттар, көп отырығыш грунттар, жүк көтергіштік қабілеті, деформациясы, тапталған ұңғыма, грунтпен толтырылатын қадалар, саз, шөгінді.

Packed Piles in Rolled Wells on the Loess of Southern Kazakhstan

¹**BROVKO Igor**, Dr. of Tech. Sci., Acting Professor, brovkoi56@mail.ru,

¹**ALDIYAROV Zhumadilla**, Cand. of Tech. Sci., Associate Professor, aldyarov.zhumadilla@mail.ru,

¹**AUBAKIROVA Farida**, Cand. of Tech. Sci., Associate Professor, faraub1011@mail.ru,

²***ARTYKBAEV Darhan**, PhD, Dean, artykbaev_d@mail.ru,

¹**DOSYBEKOV Serik**, Cand. of Tech. Sci., Associate Professor, Serik_dossybekov71@mail.ru,

¹NCJSC «Mukhtar Auezov South Kazakhstan University», Kazakhstan, Shymkent, Tauke Khan Avenue, 5,

²Zhumabek Tashenov University, Kazakhstan, Shymkent, Tokayev Street, 27a,

*corresponding author.

Abstract. The features of the structure of loess soils, widespread on the territory of southern Kazakhstan, are considered, which must be taken into account when preparing foundations and laying foundations in this region. The assessment of the possibility of using promising foundations from piles in rolled wells in local conditions based on the algorithm of their implementation in other regions is given. The experience of the device of these structures in Shymkent and the factors constraining their widespread implementation are given. In the south of Kazakhstan, in particular, in Shymkent, the problem of building reliable foundations is very acute. This is due to complex geological conditions, namely, the spread of loess subsidence soils. Loess rocks are found on all continents, but they are most widely distributed in Europe, Asia and America. According to experts, with an average loess capacity of 10 m, the total area occupied by loess rocks on the globe is 19 million km² [1]. Loess soils, from the point of view of builders, have an insidious property – to change their condition when they are soaked. Therefore, a review of the origin of loess bases can clarify the essence of the physical phenomena occurring in its thickness during the construction and operation of buildings and structures.

Keywords: loess soils, subsidence soils, bearing capacity, deformation, well rolling, packed piles, clay, sediment.

REFERENCES

1. Dashko R.E. Engineering-geological analysis and evaluation of water-saturated clay rocks as the foundation of structures / Institute «PI Georeconstruction». – Saint Petersburg, 2015.
2. Kuzakhmetova, E.K. Improvement of methodology for forecasting precipitation of the system «construction-soil foundation» / E.K. Kuzakhmetova // Foundations, foundations and soil mechanics. – 2011. – No. 6. – Pp. 16-21.
3. Lomov, P.O. Modification of the method of rolling wells for weak water-saturated soils / P.O. Lomov // Polytransport systems: materials of the VIII International Scientific and Technical conf. within the framework of the Russia – EU Year of Science «Scientific problems of the implementation of transport projects in Siberia and the Far East». – Novosibirsk: Publishing House of the SSUPSA, 2015. – Pp. 196-202.
4. Lomov, P.O. Improving the quality of the design of the reinforcement of the soil foundation by reinforcement with packed piles in rolled wells [Electronic resource] / P.O. Lomov // Naukovedenie: online magazine. – 2014. – No. 2 (21). – Mode access: <http://naukovedenie.ru/PDF/132TVN214.pdf> (accessed 05.10.2014).
5. Mangushev, R.A. On the issue of quality control of manufacturing and acceptance of drill-injection piles / R.A. Mangushev, A.B. Ponomarev // Bulletin of the Perm National Research Polytechnic University. Construction and architecture. 2014. No. 4: PNRPU. Perm, 2014. – Pp. 87-109.
6. Silkin, A.M. Assessment of compaction of the body of a soil dam by the method of probability prediction / V.Ya. Zharnitsky, A.M. Silkin // Nature management. – 2012. – No. 3. – Pp. 56-60.
7. Gaido, A.N. Assessment of the bearing capacity of piles depending on the values of technological parameters of their device or manufacture / A.N. Gaido // Geotechnics. – 2016. – No. 6. – Pp. 42-52.
8. Gaido, A.N. Analysis of experimental results of determining the bearing capacity of soils by technological parameters of pile indentation / A.N. Gaido, Ya.V. Ivanov, Ya.V. Ilyin // Industrial and civil construction. – 2013. – No. 5. – Pp. 54-59.
9. Grevtsev, A.A. Determination of the drag of a driven pile on the basis of solving the problem of expanding the cavity in the ground: Dis. ... Candidate of Technical Sciences: 05.23.02 / Grevtsev Alexander Alekseevich. – Moscow, 2015. – 132 p.
10. Diakonov, I.P. Features of the work of the stuffed screw pile «Fundex» in heterogeneous soils / I.P. Diakonov, V.V. Konyushkov // Bulletin of Civil Engineers. – 2014. – No. 6. – Pp. 116-120.
11. Mangushev, R.A. An analysis of the practical application of screw-down stuffed piles / R.A. Mangushev, V.V. Konyushkov, I.P. Dyakonov // Foundations and foundations, mechanics of soils. – 2014. – No. 5. – Pp. 11-16.