

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МИНЕРАЛЬНОГО НЕСГОРАЕМОГО ОСТАТКА БУРОГО УГЛЯ (ЗОЛА-УНОСА) КАК МАТЕРИАЛА ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОГО ЗАКРЕПЛЕНИЯ ЛЕССОВЫХ ГРУНТОВЫХ ОСНОВАНИЙ

И.В. Носков, Л.Н. Амосова

Приводятся материаловедческие исследования использования минерального несгораемого остатка бурого угля (зола-уноса) как материала для эффективного закрепления лессовых грунтовых оснований. Результатом исследований являлось оценка возможности замены экологически небезопасных и дорогостоящих материалов для усиления лессовых оснований на экологически безопасный, практически бесплатный и имеющийся в огромных количествах материал - буроугольную золу. Приведены существующие материалы и технологии, способствующие увеличению несущей способности грунтового массива, а также придающие толще грунта водонепроницаемость. Подтверждено, что проблемы инъекционного закрепления грунтов оснований всегда состояли в гарантированном обеспечении долговечности и прочности закрепляемых массивов грунта, в возможности создавать массивы значительных габаритов, а также в экологической и санитарной безопасности применяемых инъекционных материалов и составов. Закреплению данными методами поддаются грунты, относительно хорошо фильтрующие воду или газопроницаемые, так как этот процесс связан с внедрением в поры грунта водной суспензии. К таким грунтам и относятся высокопористые лессовые просадочные грунты. Проведенные исследования показали, что суспензия буроугольной золы (зола-уноса) является перспективным и эффективным материалом для закрепления лессовых грунтовых оснований.

Ключевые слова: материал, зола, грунт, суспензия, инъектирование, закрепление, лессовое основание, материаловедческие решения, промышленные отходы, буроугольная зола, зола-уноса, лабораторные испытания, модуль деформации.

В настоящее время разработка и утилизация важнейших полезных ископаемых в мире происходят в разы быстрее, чем разведка их запасов. Около 70% затрат в промышленности большинства европейских стран приходится на сырье, материалы, топливо и энергию. И в то же время от 10 до 99% исходного сырья превращается в отходы, выбрасываемые в атмосферу и водоемы, загрязняющие землю [1,2,3].

Многokратно возросшее потребление минерального сырья приводит к накоплению огромных объемов отходов, а их удаление и складирование требует огромного количества финансовых ресурсов. Промышленное производство растет во всем мире, и одновременно увеличивается количество отходов, возрастая двукратно за одно десятилетие.

Общий вес твердых отходов, составляет приблизительно 50- 90 кг на душу населения. Наиболее интенсивно возрастает потребление энергетических ресурсов. Рост мирового

потребления минерального сырья достигает таких размеров, что удвоение его физического объема должно происходить через каждые 30 лет, а ископаемого топлива и того быстрее.

Увеличивающиеся масштабы и продолжающийся рост потребления этих ресурсов требуют все больших затрат на их воспроизводство и утилизацию отходов. Увеличивающийся с каждым годом объем отходов, образующихся при добыче ископаемого сырья и топлива, их переработке и использовании, являет собой один из источников все большего загрязнения природной среды. Из года в год растущие объемы отходов — один из главных факторов ухудшения состояния окружающей среды нашей планеты. Колоссальные объемы промышленных отходов накоплены в отвалах. Для складирования отходов предоставляются просто гигантские площади территорий. Под шлаковые отвалы предприятий энергетики заняты тысячи гек-

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МИНЕРАЛЬНОГО НЕСГОРАЕМОГО ОСТАТКА БУРОГО УГЛЯ (ЗОЛА-УНОСА) КАК МАТЕРИАЛА ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОГО ЗАКРЕПЛЕНИЯ ЛЕССОВЫХ ГРУНТОВЫХ ОСНОВАНИЙ

таров земель, что не маловажно, пригодных для сельскохозяйственного производства. При перевозке и складировании отходов извлекаются значительные средства из производства. На организацию и эксплуатацию отвалов, например, предприятий угольной и энергетической отрасли расходуются средства, составляющие 8—10% стоимости добываемого угля, производимой энергии и пара [2].

Отходы производств пагубно сказываются на экологической составляющей всего нашего быта. Прежде всего это относится к составу воздуха, эдафическим, гидрохимическим и гидрофизическим факторам. Эдафические факторы включают химический состав и структуру веществ, циркулирующих в почве; гидрохимические и гидрофизические — объединяют все факторы, связанные с водой как средой обитания разнообразных живых организмов.

Отходы производств, залегающие в отвалах, загрязняют поверхностный сток в районах размещения промышленных предприятий. Сброс промышленных отходов приводит к загрязнению вод Мирового океана, которое вызывает резкое снижение его биологической продуктивности и отрицательно влияет на климат планеты. Образование отходов производства негативно сказывается и на качестве почвы, в которой накапливаются избыточные количества химических соединений, пагубно действующих на биосферу, в том числе канцерогенных веществ. В загрязненной почве происходят процессы ее деградации и прекращается жизнедеятельность почвенных организмов [4]. К тому же, с увеличением численности населения России возникает необходимость в увеличении объемов строительства жилых зданий и сооружений все чаще и чаще проектировщики сталкиваются с необходимостью возведения зданий и сооружений в тех местах, где последующее выполнение строительно-монтажных работ по устройству фундаментов невозможно осуществить без закрепления грунтов их оснований, будь то необходимость устройства фундаментов на лессовых просадочных грунтах, высоко-пористых и сыпучих, набухающих грунтах, обладающих малой несущей способностью.

В настоящее время в практике закрепления оснований имеется широкий спектр различных методов и закрепляющих составов, отвечающих по возможности всем требованиям регламентируемых нормативных документов.

Сегодня химическое закрепление грунтов нормируется Пособием к СНиП 3.02.01-83 «Пособие по химическому закреплению грунтов инъекцией в промышленном и гражданском строительстве» [5,6]. В соответствии с этим документом существуют различные химические материалы, способствующие увеличению несущей способности грунтового массива, а также придающие толще грунта водонепроницаемость.

По способу закрепления и используемых материалов выделяют несколько основных методов кардинально отличающихся друг от друга [6,7, 8,9]:

- Силикатизация одно, двух- растворная и газовая. Применяется в основном для просадочных лессовых грунтов и некоторых видах покровных суглинков с коэффициентом фильтрации не менее 0,2м/сут, для песков с коэффициентом фильтрации 0,5-80м/сут.

- Смолизация. Применяется преимущественно в песчаных грунтах с коэффициентом фильтрации 0,5-50м/сут.

- Цементация. Данный вид и материал применим для высокопористых просадочных лессовых грунтов, при образовании в толще грунтовой массив пустот большого размера, а также в трещиноватых скальных, крупнообломочных и гравелистых грунтах.

- Битумизация. Применяется преимущественно в трещиноватых скальных, крупнообломочных грунтах.

- Термическое закрепление (спекание стенок скважины за счет сжигания в скважинах горючих материалов). Используется при устранении просадочных свойств лессовых грунтов.

Различие способов закрепления заключается в выборе нагнетаемых материалов и в подборе их рецептуры. Закрепление основания происходит за счет нагнетания в толщу грунта под давлением через инъекторы вышеречисленных материалов. Проникая в поры грунта, инъектируемый состав с течением времени твердеет, превращая основание в грунтовой массив - «геокомпозит». В процессе нагнетания закрепляющего материалов в толщу грунта и их дальнейшего твердения, в структуре грунта между порами образуются прочная связь, что и сказывается на уменьшении сжимаемости и увеличении прочности и водонепроницаемости основания [9].

В результате проведенных сотрудниками кафедры «Основания, фундаменты, инженерная геология и геодезия» АлтГТУ им. И.И. Ползунова совместно с магистрантами и аспирантами кафедры материаловедческих

исследований, с учетом решения задачи по использованию отходов производства, за основной компонент раствора, для улучшения свойства лессовых грунтовых оснований, была взята обыкновенная зола-уноса. Практическая значимость проведенных исследований заключалась в возможной замене экологически небезопасных и дорогостоящих материалов для усиления оснований на экологически безопасный и практически бесплатный, и имеющийся в огромных количествах материал - буроугольную золу.

Целью применения буроугольной золы является закрепление лессовых грунтовых массивов путем пропитки их поровой структуры водной суспензией, с последующим затвердеванием массива. Буроугольная зола является альтернативой органическим инъекционным составам.

Сам по себе данный материал представляет собой несгораемый минеральный остаток, который образуется в результате сгорания бурого угля, используемого ТЭЦ городов, в том числе и г. Барнаула.

Почему этот материал вызвал исследовательский интерес:

1) его количество – на данный момент в хранилищах-котлованах ТЭЦ различных городов находятся тысячи тонн золы-уноса, и с каждым годом эта цифра растет;

2) цена тонны материала – в настоящее время этот материал можно взять практически бесплатно (стоимость 1 тонны 200-300 руб.)

3) экологическая составляющая материала – зола является одним из самых экологически безопасных материалов.

Проблемы инъекционного закрепления грунтов оснований всегда состояли в гарантированном обеспечении долговечности и прочности закрепляемых массивов грунта, в возможности создавать массивы значительных габаритов, а также в экологической и санитарной безопасности применяемых инъекционных составов.

В процессе закрепления грунтов между твердыми частицами должны устанавливаться прочные, обусловленные вяжущим веществом связи, которые в значительной степени увеличивают прочность грунта и уменьшают его сжимаемость. Закреплению данными методами поддаются грунты, относительно хорошо фильтрующие воду или газопроницаемые, так как этот процесс связан с внедрением в поры грунта водной суспензии.

Зола-уноса (буроугольная зола) является тонкодисперсным продуктом высокотемпературной обработки минеральной части

углей. Зола-уноса по своей природе может быть кислой (богатой кварцем - SiO_2) либо основной (богатой оксидами кальция - CaO).

Первая проявляет пуццоланические свойства, вторая дополнительно проявляет свойства самостоятельного вяжущего [6]. По химическому, гранулометрическому и фазово-минералогическому составам золы-уноса во многом идентичны природному минеральному сырью.

Буроугольная зола – это несгораемый остаток минерального происхождения, который образуется в процессе горения твердого топлива на тепловых электростанциях.

Зола улавливается электрофильтрами, а затем в сухом состоянии отбирается специальным отборником для производственных нужд, либо со шлаком и водой отправляется в отвал.

Состав и строение золы зависит от ряда факторов: морфологических особенностей и вида топлива, тонкости помола, зольности топлива, температур в зоне сжигания, химического состава минеральных компонентов топлива, времени горения частиц в данной зоне. Значительное содержание карбонатов в минеральной доле исходного топлива в процессе горения обуславливает образование силикатов, алюминатов и ферритов кальция – способных к гидратации минералов.

Такая зола при затворении способна схватываться и самостоятельно твердеть. В ней содержится окись магния, кальция в свободном состоянии.

Бурые золы Канско-Ачинского района (КА-ТЭК) наиболее распространены в России, так как залежи данных углей составляют около 40% от общенациональных запасов. Эти угли используются тремя ТЭЦ Красноярска, одной ТЭЦ Новосибирска, Омска, Ачинска, Барнаула.

В настоящее время в отвалах находится 24 миллиона тонн зол.

Только одна новосибирская ТЭЦ ежедневно пополняет отвалы 200 тоннами отходов. Из достоинств такой золы можно выделить самостоятельные вяжущие свойства, из-за наличия клинкерных минералов и гипса.

Золы твердого топлива с высоким содержанием кальция являются многофазными материалами и обладают вяжущими свойствами. Концентрация отдельных компонентов в них различна. На вяжущие свойства влияет состав и соотношение фаз, которые слагают золу. Качественный баланс фаз позволяет получать предельную гидравлическую активность и улучшать химические и физические свойства материала. Получение опти-

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МИНЕРАЛЬНОГО НЕСГОРАЕМОГО ОСТАТКА БУРОГО УГЛЯ (ЗОЛА-УНОСА) КАК МАТЕРИАЛА ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОГО ЗАКРЕПЛЕНИЯ ЛЕССОВЫХ ГРУНТОВЫХ ОСНОВАНИЙ

мального содержания вяжущих материалов возможно в случае хорошего изучения гидравлической активности фаз и механизма их взаимодействия.

Фазы высококальцевых зол могут объединяться по типу твердения, либо же свойствам в такие группы:

- клинкерные материалы: ферриты кальция, силикаты;
- воздушные вяжущие материалы: свободная окись магния, кальция, безводный и полуводный сульфат кальция;
- стекловидная вата: основное и кислое стекло;
- нерастворимый остаток.

Из-за неоднородного состава зерен топливной смеси, наряду с возможностью контакта пылинок, которые сгорают в подвешенном состоянии, все химические процессы протекают в объемах отдельных круп.

Это приводит к сосредоточению железосодержащих, клинкерных минералов и основного количества оксида кальция в тяжелой зольной фракции. Средняя фракция наполнена кварцем, алюмосиликатным стеклом и оксидом кальция. Легкая фракция сосредотачивает полые внутри шарики силикатного стекла.

Существует связь между гидравлической активностью и химическими свойствами фаз высококальцевых зол.

Все слагающие золы фазы делят на два вида в зависимости от их способности к твердению и гидратации:

- фазы, которые способны гидратироваться.

Сюда относят воздушные вяжущие вещества и клинкерные материалы;

- фазы, которые способны гидратироваться и генерировать искусственный камень исключительно в присутствии активаторов затвердевания: это нерастворимый остаток и стекловидная фаза.

Последний материал гидратируется и затвердевает лишь в присутствии свободной окиси кальция, а нерастворимый остаток – при взаимодействии со свободным оксидом кальция.

На основании вышеизложенного на кафедре «Основания, фундаменты, инженерная геология и геодезия» АлтГТУ им. И.И. Ползунова совместно с магистрантами и аспирантами был проведен комплекс лабораторных испытаний по инъектированию водной суспензии бурого угольной золы в лессовый грунт.



Рисунок 1 - Элементарный куб грунта после инъектирования



Рисунок 2 - Полученная область инъектирования

Испытания проводились на образцах лессовых грунтов нарушенной и ненарушенной структур.

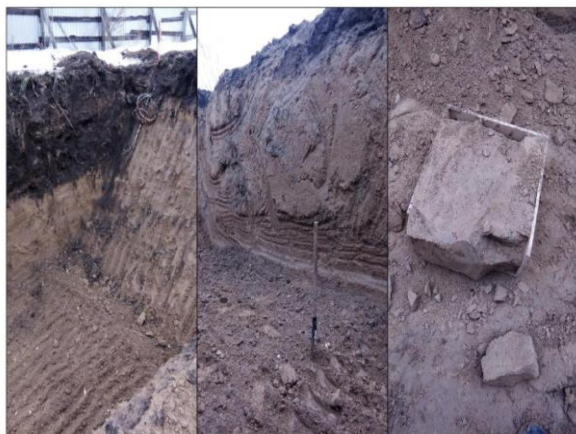


Рисунок 3 - Отбор ненарушенных образцов
грунтового массива из котлована

Лабораторные испытания на образцах нарушенной структуры сводились к исследованиям элементарного куба грунта объемом $0,07\text{ м}^3$ (рисунок 1). Испытываемый грунт доводился до необходимой плотности путем послойного уплотнения. Оптимальная влажность достигалась поверхностным увлажнением. Инъекционный раствор бурогоугольной золы внедрялся по трубопроводам через набор инъекторов. Инъекционный раствор в трубопровод подавался из растворной емкости, в которую нагнетался воздух с помощью компрессора. Избыточное давление, создаваемое компрессором, осуществляло подачу инъекционного раствора в трубопровод.



Рисунок 4 – Внедрение водной суспензии
бурогоугольной золы в образец лессового грун-
та ненарушенной структуры

Регулирование расхода раствора осуществлялось с помощью шарового крана на выходном отверстии.

В результате испытаний область инъектирования грунта (рисунок 2) оказалась сплошным заинъектированным массивом. Степень однородности закрепленного массива удовлетворительная. По технологии приготовления инъекционного раствора сделан вывод о том, что раствор должен быть достаточно текучим и подаваться под давлением в 4 атм.(0.4МПа). Подача раствора должна быть плавной. При соблюдении данных условий инъектируемая область будет удовлетворять требованиям общей технологии укрепления грунтового массива. Инъектируемая область с использованием экспериментального инъектора имеет форму цилиндра с размерами: $d=250\text{ мм}$, $h=300\text{ мм}$. Объем используемого раствора бурогоугольной золы составил 10 дм^3 .

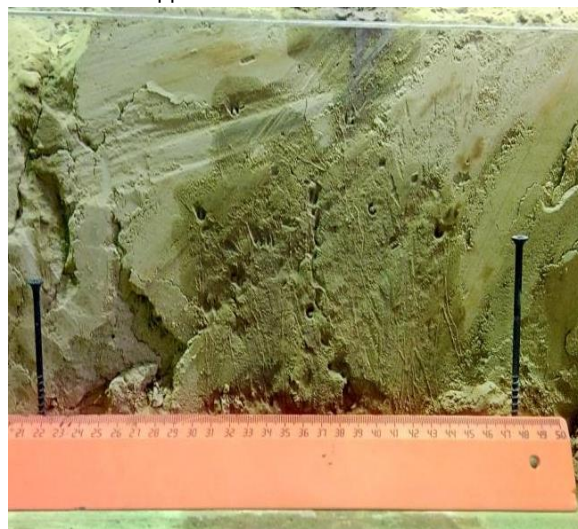


Рисунок 5 – Распространение водной
суспензии бурогоугольной золы в
испытываемом образце лессового грунта
ненарушенной структуры

Для лабораторных испытаний лессового грунта ненарушенной структуры в лаборатории кафедры ОФИГиГ была разработана специальная установка, для проведения испытаний по инъектированию водной суспензии бурогоугольной золы в предварительно подготовленные, вырезанные непосредственно из грунтового массива на строительной площадке в котловане, образцы грунта ненарушенной структуры (рис. 3).

В отобранный образец грунтового массива ненарушенной структуры устанавливался инъектор-шприц с заполненной емкостью водной суспензии бурогоугольной золы, и про-
ПОЛЗУНОВСКИЙ ВЕСТНИК № 1 2018

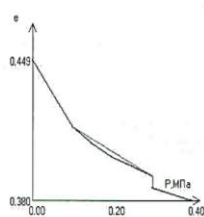
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МИНЕРАЛЬНОГО НЕСГОРАЕМОГО ОСТАТКА БУРОГО УГЛЯ (ЗОЛА-УНОСА) КАК МАТЕРИАЛА ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОГО ЗАКРЕПЛЕНИЯ ЛЕССОВЫХ ГРУНТОВЫХ ОСНОВАНИЙ

изводилось нагнетание раствора в грунт (рисунок 4).

Журнал расчетов коэффициента сжимаемости и модуля деформации

Груз на подвеске, Р кг	Давление, б МПа	Деформации образца			Изменение коэф-та пористости	Кэф-нт сжимаемости	Модуль деформации	Кэф-нт пористости
		№1	№2	среднее				
3	0.05	0.34	0.23	0.285	0.017	0.120	8.916	0.432
6	0.10	0.63	0.50	0.565	0.033	0.120	8.916	0.416
9	0.15	0.75	0.65	0.700	0.041	0.120	8.916	0.408
12	0.20	0.86	0.78	0.820	0.048	0.120	8.916	0.401
15	0.25	0.92	0.88	0.900	0.052	0.120	8.916	0.397
18	0.30	0.98	0.98	0.980	0.057	0.120	8.916	0.392
Замечание								
18	0.30	1.04	1.12	1.080	0.063	0.120	8.916	0.388
24	0.40	1.13	1.25	1.190	0.069	0.120	8.916	0.380

График зависимости величины относительной просадочности от давления Р



Журнал расчета величины относительного сжатия в зависимости от давления

Давление ние образец, МПа	Величина абсолютного сжатия	Относительное сжатие
Рбыт	0	0
0.1	0.565	0.023
0.2	0.820	0.033
0.3	0.980	0.039
Замечание		
0.3	1.080	0.043
0.4	1.190	0.048

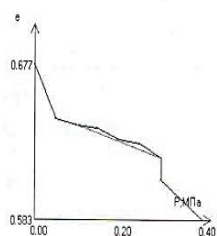
Рисунок 6 - Компрессионные испытания образцов лессового грунта нарушенной структуры до инъецирования суспензии бурогоугольной золы

Результаты компрессионных испытаний

Журнал расчетов коэффициента сжимаемости и модуля деформации

Груз на подвеске, Р кг	Давление, б МПа	Деформации образца			Изменение коэф-та пористости	Кэф-нт сжимаемости	Модуль деформации	Кэф-нт пористости
		№1	№2	среднее				
3	0.05	0.45	0.54	0.495	0.033	0.097	12.759	0.644
6	0.10	0.54	0.55	0.545	0.037	0.097	12.759	0.640
9	0.15	0.59	0.55	0.570	0.038	0.097	12.759	0.639
12	0.20	0.78	0.56	0.670	0.045	0.097	12.759	0.632
15	0.25	0.86	0.56	0.710	0.048	0.097	12.759	0.629
18	0.30	1.08	0.59	0.835	0.056	0.097	12.759	0.621
Замечание								
18	0.30	1.43	0.64	1.035	0.069	0.097	12.759	0.608
24	0.40	1.88	0.92	1.400	0.094	0.097	12.759	0.583

График зависимости величины относительной просадочности от давления Р



Журнал расчета величины относительного сжатия в зависимости от давления

Давление ние образец, МПа	Величина абсолютного сжатия	Относительное сжатие
Рбыт	0	0
0.1	0.545	0.022
0.2	0.670	0.027
0.3	0.835	0.033
Замечание		
0.3	1.035	0.041
0.4	1.400	0.056

Рисунок 7 - Компрессионные испытания образцов лессового грунта нарушенной структуры после инъецирования суспензии бурогоугольной золы

Нагнетание суспензии заканчивалось после выхода раствора вдоль перфорированного наконечника-инъектора в самой верхней точке. Анализируя радиус и характер распространения водной суспензии, можно сделать выводы о характере проведенных инъекционных работ (рисунок 5).

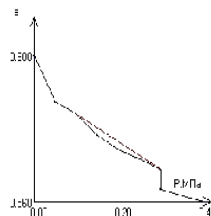
В результате испытаний область инъецирования грунта, так же, как и с образцами нарушенной структуры, оказалась сплошным инъецированным массивом. Степень однородности закрепленного массива удовлетворительная. По технологии приготовления инъекционного раствора сделан вывод о том, что раствор должен быть достаточно текучим.

Результаты компрессионных испытаний

Журнал расчетов коэффициента сжимаемости и модуля деформации

Груз на подвеске, Р кг	Давление, б МПа	Деформации образца			Изменение коэф-та пористости	Кэф-нт сжимаемости	Модуль деформации	Кэф-нт пористости
		№1	№2	среднее				
3	0.05	0.25	0.15	0.200	0.013	0.075	15.746	0.587
6	0.10	0.31	0.20	0.255	0.016	0.075	15.746	0.584
9	0.15	0.43	0.26	0.345	0.022	0.075	15.746	0.578
12	0.20	0.51	0.30	0.405	0.026	0.075	15.746	0.574
15	0.25	0.54	0.35	0.445	0.028	0.075	15.746	0.572
18	0.30	0.58	0.40	0.490	0.031	0.075	15.746	0.569
Замечание								
18	0.30	0.69	0.46	0.575	0.037	0.075	15.746	0.563
24	0.40	0.76	0.50	0.630	0.040	0.075	15.746	0.560

График зависимости величины относительной просадочности от давления Р



Журнал расчета величины относительного сжатия в зависимости от давления

Давление ние образец, МПа	Величина абсолютного сжатия	Относительное сжатие
Рбыт	0	0
0.1	0.255	0.010
0.2	0.405	0.016
0.3	0.490	0.020
Замечание		
0.3	0.575	0.023
0.4	0.630	0.025

Рисунок 8 - Компрессионные испытания образцов лессового грунта ненарушенной структуры после инъецирования суспензии бурогоугольной золы

Подача раствора должна быть плавной. При соблюдении данных условий инъецируемая область будет удовлетворять требованиям общей технологии укрепления грунтового массива. Инъецируемая область имела форму цилиндра с размерами d=250мм.

В процессе лабораторных испытаний были проведены компрессионные испытания образцов лессового грунта нарушенной структуры до инъецирования суспензией бурогоугольной золы (рисунок 6) и компрессионные испытания образцов лессового грунта нарушенной структуры (рисунок 7) ненару-

шенной структуры (рисунок 8) после инъектирования суспензией бурогоугольной золы.

ВЫВОДЫ

В результате проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Суспензия бурогоугольной золы (золы-уноса) является перспективным и эффективным материалом для закрепления лессовых грунтовых оснований.

2. Практическая значимость проведенных исследований заключается в подтверждении возможной замены экологически небезопасных и дорогостоящих материалов, для усиления оснований, на экологически безопасный, практически бесплатный и имеющийся в огромных количествах материал - бурогоугольную золу.

3. В лессовых грунтах нарушенной структуры после инъектирования суспензии бурогоугольной золы прирост модуля деформации составил до 40% от первоначальных показателей.

4. В грунтах ненарушенной структуры после инъектирования суспензии бурогоугольной золы прирост модуля деформации составил до 50-55% от первоначальных показателей.

5. На увеличение модуля деформации закрепляемого массива в большей степени влияют такие показатели, как коэффициент фильтрации и пористость грунтового массива. Чем выше эти показатели, соответственно, тем большее количество водной суспензии бурогоугольной золы может проникнуть, и в последствии затвердеть в порах грунта, что в свою очередь влечет за собой устранение просадочных свойств лессового грунта, и значительное уменьшение его деформативности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Овчаренко Г.И. Золой углей КАТЭКа в строительных материалах / Г.И. Овчаренко. – Изд-во Красноярского ун-та, 1991. – 180 с.
2. Костин В.В. Опыт использования отходов ТЭС / В.В. Костин. – Новосибирск, 2001.
3. Волженский А.В. Применение зол и топливных шлаков в производстве / А.В. Волженский и др.-М.: Стройиздат, 1984. - 255с.
4. Путилин Е.И. Применение зол уноса и золошлаковых смесей при строительстве автомобильных дорог / Е.И. Путилин, В.С. Цветков. – М.: ФГУП «Союздорнии», 2003. с.
5. Свод правил: Основания зданий и сооружений: СП 22.13330.2011 Введ – 2010.12.28: Взамен СНиП 2.02.01 – 83*. – М 2011 – 169с.
6. Пособие к СНиП 3.02.01-83 Пособие по химическому закреплению грунтов инъекцией в промышленном и гражданском строительстве
7. Носков И.В., Ананьев С.А. Теория и практика инъектирования цементного раствора в закрепляемые основания сооружений с крупным. Ползуновский вестник №1. 2017 Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова: Изд-во АлтГТУ – 2017, С.95-99.
8. Носков И.В., Швецов Г.И. Усиление оснований и реконструкция фундаментов (учебник) М.: Абрис (лицензиат товарного знака «Высшая школа»), 2012. - 134 с. :ил.
9. Носков И.В., Ананьев С.А., Каныгин А.В. Обоснование опорных параметров технологии инъектирования лессовых грунтов. Ползуновский альманах №4 2017 Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова: Изд-во АлтГТУ – 2017-290с. С 143-148

Носков Игорь Владиславович – к.т.н., заведующий кафедры «Основания, фундаменты, инженерная геология и геодезия», ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И.И. Ползунова, e-mail: noskov.56@mail.ru. 8(3852) 29-07-41

Амосова Лариса Николаевна – к.т.н., доцент кафедры «Основания, фундаменты, инженерная геология и геодезия», ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И.И. Ползунова, e-mail: larisa1708@bk.ru 8(3852) 29-07-41