

DOI: 10.34031/2071-7318-2024-9-11-92-101

Харламов В.А., Лопанов А.Н., Дементьев К.В., Сысоев П.И.Белгородский государственный университет им. В.Г. Шухова***E-mail: wladimir.harlamov@mail.ru*

МОДИФИКАЦИЯ БЕТОНОВ ИЗ ТАМПОНАЖНОГО ЦЕМЕНТА ДОБАВКАМИ НА ОСНОВЕ ОТХОДОВ ЭКСТРАКЦИИ ЛЕЦИТИНА

Аннотация. В ходе данной работы были исследованы прочностные характеристики и фазовый состав цементного камня, изготовленного из тампонажного цемента с добавлением отходов экстракции лецитина. Установлено, что добавка на основе технического лецитина в концентрации до 0,1 % способствует значительному увеличению прочностных характеристик цементного материала. Путём анализа порошковых рентгенограмм цементного камня с добавлением технического лецитина было выявлено увеличение интенсивности пиков продуктов гидратации цемента и повышение кристалличности образца. Также наблюдается появление новой фазы окенита, что может положительно влиять на прочность материала. При повышении концентрации добавки выше 0,1 % наблюдается снижение прочностных характеристик, предположительно из-за увеличения пористости цементного камня. Исследование показало, что оптимальная концентрация технического лецитина для улучшения прочностных свойств составляет 0,1 %. Результаты данного исследования позволяют предположить, что использование отходов экстракции лецитина в качестве добавки в цементные композиции может быть эффективным способом утилизации этих отходов, одновременно улучшая свойства цементного материала. Дальнейшие исследования будут направлены на оптимизацию состава добавок и изучение их долгосрочного влияния на эксплуатационные характеристики цементных композиций.

Ключевые слова: тампонажный цемент, добавки, лецитин, отходы.

Введение. Цементный материал является ключевым компонентом в строительстве, применяемым для создания прочных и устойчивых конструкций. В последние десятилетия большое внимание уделяется исследованиям новых добавок, способных улучшить свойства цементного камня и повысить его производственную эффективность. Одним из перспективных направлений в этой области является использование отходов переработки лецитина – важного биологического вещества, широко применяемого в промышленности.

Лецитин – это группа фосфолипидов, естественных компонентов клеточных мембран, широко распространенных в природе. Он получается в основном из соевых бобов и используется в различных отраслях промышленности, включая пищевую, фармацевтическую и косметическую. Лецитин известен своей гидрофобностью и способностью к эмульгированию [1], что потенциально может благоприятно сказаться на фазовом составе бетона в процессе его твердения. Благодаря своим уникальным химическим свойствам, лецитин является важной функциональной добавкой, которая может быть также полезна в строительной отрасли.

Идея получения добавок из органических отходов производств, влияющих на характеристики бетонных смесей, рассматривалась множеством исследователей [2-4]. Часто такие добавки используют для гидрофобизации бетонов.

Например, в работах [5, 6] в качестве гидрофобизирующей добавки использовали соапстоки растительных масел. Также соапстоки использовали как гидрофобизирующую добавку для исследования эффекта автоактивации цемента [7]. В работах [8–11] исследовано влияние добавок на основе лигнина – отхода деревоперерабатывающей промышленности.

В настоящей статье мы сосредоточим внимание на влиянии добавок, полученных при переработке лецитина и его отходов, на фазовый состав и прочностные характеристики тампонажного цемента. Мы рассмотрим три типа добавок: на основе чистого лецитина, на основе технического лецитина, а также на основе оксалатно-жирного осадка. Каждая из этих добавок имеет свои уникальные свойства, которые могут оказать разное влияние на структуру и прочность цементного материала. В исследовательской среде большое внимание уделяется исследованию влияния органических добавок в качестве добавок при приготовлении цементного камня, в частности и жирных кислот, одного из главных компонентов лецитина и его отходов [12, 13]. Важно понимать, что отход экстракции лецитина – технический лецитин, уступает исходному только в содержании фосфолипидов, а количество жирных кислот и прочих компонентов почти не претерпевает изменений. Например, при добавлении технического лецитина в композицию относительная прочность образцов бетонной композиции на сжатие может увеличиваться в 3,5 раза

[14]. В литературе уже известно положительное влияние оксалатов, также образующихся в процессе переработки лецитина, на свойства бетонов [15].

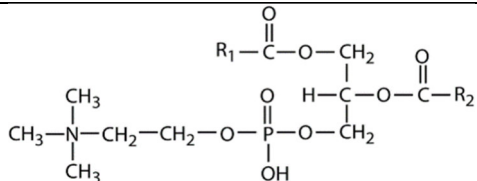
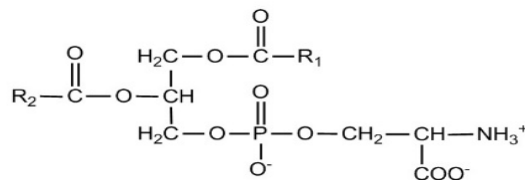
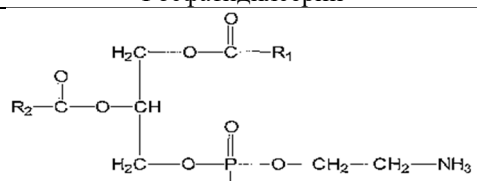
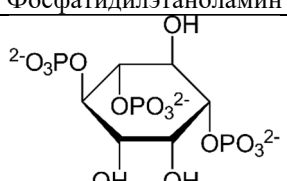
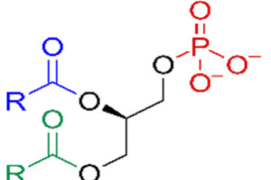
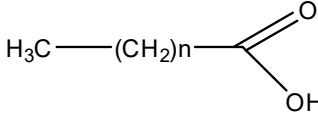
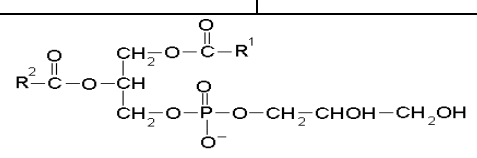
Исследование влияния указанных добавок на фазовый состав и прочностные характеристики тампонажного цемента имеет важное значение, как для практического строительного производства, так и для научного сообщества. Полученные результаты могут пролить свет на новые перспективы в области улучшения цементных

материалов и способствовать развитию экологически чистых технологий переработки промышленных отходов.

Материалы и методы. Объектом исследования послужил цементный камень, полученный путем нормально-влажного твердения в течение 28 суток цементного теста нормальной густоты, с добавлением добавок полученных из отходов экстракции лецитина и самого исходного лецитина.

Таблица 1

Химический состав добавок (в процентах)

Компоненты	Добавка	№ 1	№ 2	№ 3
 <p>Фосфатидилхолин</p>		≤ 0,1	9	–
 <p>Фосфатидилсерин</p>		≤ 0,1	3	–
 <p>Фосфатидилэтаноламин</p>		≤ 0,1	3	–
 <p>Инозитолфосфаты</p>		≤ 0,1	9	–
 <p>Фосфатидные кислоты</p>	 <p>Жирные кислоты</p> <p>n ≥ 3</p>	15	23	4
 <p>Фосфатидилглицерины</p>		6	9	–
Соевое масло		33	32	–
Нейтральные липиды		45	12	40
Оксалат натрия		–	–	56

В качестве добавок для исследования были выбраны: 1. Технический лецитин; 2. Соевый лецитин; 3. Оксалатно-жировой осадок. Объекты исследования 1 и 2 представляют собой густую текучую массу, образующую устойчивые эмульсии с водой. Объект 3 жирный, мылоподобный, но также образующий устойчивые эмульсии с водой. Объекты исследования под номерами 1 и 3 являются промышленными отходами. Химический состав добавок приведён в табл. 1.

Для получения цементного камня использовали тампонажный цемент и предварительно приготовленную водную эмульсию добавки. Для обеспечения однородности эмульсии её предварительно перемешивали в течение получаса при 40 °С, после чего охлаждали до комнатной температуры.

Для приготовления цементного камня использовался цементный раствор с водоцементным соотношением В/Ц = 0,33, изготовленный из растворов нормальной густоты, на основе бездобавочного тампонажного цемента. Предел прочности на сжатие определяли на образцах кубической формы 20×20×20 мм. Условия твердения – температура (20±2) °С и относительная влажность воздуха 50–70 %. Перед проведением испытаний образцы выдерживали в течение 28 суток для отверждения в нормальных условиях.

Основная часть. Для лучшего понимания природы добавок необходимо привести общую схему производства изолированных фосфолипидов, в результате которой образуются отходы. Общая схема процесса производства изолированных фосфолипидов: процесс начинается со смешивания лецитина с растворителем (вода, низкомолекулярные спирты), после чего содержимое реактора перемешивают или диспергируют, далее полученную смесь разделяют. Верхняя органическая фаза идёт дальше на очистку и выделение целевого продукта, а нижняя лецитиновая фаза подвергается отгонке растворителя, что приводит к получению технического (обеднённого) лецитина. При дальнейшей очистке экстракта образуется продукт нейтрализации щавелевой кислотой щелочей, ведущих переэтерификацию. В процессе нейтрализации массы после переэтерификации образуется мягкий осадок богатый нейтральными липидами и натриевой солью щавелевой кислоты, который в последствие также упаривают, для удаления лишнего растворителя и получают твердый отход, так называемый оксалатно-жировой осадок.

В рамках данного исследования больше внимания уделялось добавкам, полученным из отходов производства, а именно техническому лецитину и оксалатно-жировому осадку. Но также

были исследованы и добавки на основе исходного реагента и конечного продукта для более полного понимания картины формирования фаз, а также для сравнения прочностных характеристик.

За счёт высокого содержания жирных кислот и фосфолипидов, лецитин обладает способностью формировать эмульсии с водой. Это свойство лецитина может существенно изменять фазовый состав цементного камня в процессе его твердения. Эмульсии, создаваемые лецитином, способствуют более равномерному распределению воды в бетонной смеси, что в свою очередь может повысить прочностные характеристики формирующегося цементного камня.

Эмульгирующие свойства лецитина играют ключевую роль в процессах гидратации цемента получаемых образцов. При добавлении лецитина происходит упрочнение цементной смеси, за счёт изменения растворимости клинкерных минералов, а соответственно более эффективному образованию и росту кристаллических структур. Кроме того, благодаря эмульсионной активности лецитина, удается контролировать пористость и микроструктуру цементного материала, что важно для его прочностных и эксплуатационных свойств.

Механизмы влияния лецитина на свойства цементного камня могут быть связаны с его химической структурой и взаимодействием с компонентами цементного состава. Мы предполагаем, что компоненты лецитина могут напрямую способствовать ускорению процесса гидратации цемента, связывая продукты гидратации, такие как гидроксид кальция, что способствует смещению равновесия в сторону образования продуктов гидратации. Исследуемые добавки также могут выступать в роли активаторов гидратации цементных компонентов, способствуя быстрому началу и более полному протеканию гидратационных реакций. Это может приводить к более плотной и прочной структуре цементного материала.

Также компоненты лецитина могут влиять на формирование микроструктуры цементного камня, способствуя уменьшению размеров пор и повышению компактности материала. Это в свою очередь может улучшать его механические свойства, такие как прочность и устойчивость к воздействию внешних факторов. Подобным образом добавки могут способствовать и появлению новых минеральных образований, которые могут быть обнаружены при исследовании методами рентгеновской дифрактометрии, в качестве новых фаз.

Прочностные характеристики образцов были исследованы на электронном прессе «РЭМ-

100-А-1-1», страна изготовления Россия. По полученным результатам был построены графики

зависимости прочности от массовой доли исследуемой добавки (рис. 1).

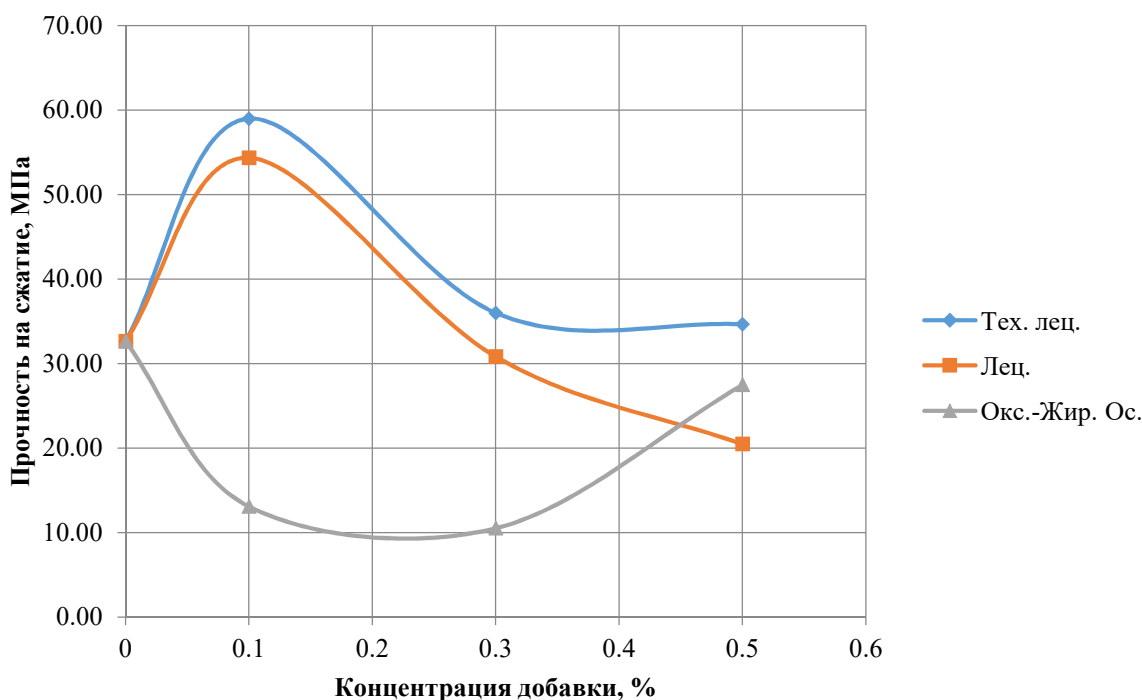


Рис. 1. Зависимость относительной прочности от концентрации добавок

Как видно из полученных данных, наиболее результативными образцами стали технический лецитин и соевый лецитин, которые имеют аналогичные картины набора прочностных характеристики, достигая отметки 54,37 МПа, в случае исходного лецитина, причём отход способствует даже более интенсивному набору прочности в 59,00 МПа, что почти в два раза больше исходной прочности контрольного образца цементного камня, сделанного из тампонажного цемента. Это небольшая разница может объясняться экстракцией веществ из соевого лецитина мешающих набору прочности цементной композиции. При повышении концентрации добавки технического лецитина до 0,3 % от массы композиции прочность на сжатие снижается до 36,00 МПа с техническим лецитином и до 30,84 МПа с необработанным соевым лецитином, что сравнимо с прочностью контрольного образца. С повышением концентрации добавок до 0,5 % прочностные характеристики бетонов с добавкой технического лецитина практически не меняются относительно контрольного образца, а с добавкой соевого лецитина теряют прочность, что можно объяснить преодолением барьера концентрации органической добавки, о которой говорили исследователи в данной работе [16].

Добавка на основе оксалатно-жирного осадка в концентрациях 0,1 % и 0,3 % кардинально мешает набору прочности цементной

композиции, уменьшая её до значений в 13,09 и 10,52 МПа, соответственно. Однако с повышением концентрации до 0,5 % прочностные характеристики улучшаются относительно более низких концентраций, предположительно из-за увеличения оксалата натрия в композиции, но всё равно не достигают даже значений контрольного образца.

Наиболее прочные образцы были размолоты в ступке и исследованы с использованием рентгеновского дифрактометра, на предмет изменения фазового состава образцов по сравнению со стандартом (рис. 2).

По результатам анализа порошковой рентгеновской дифрактограммы стандартного образца были выявлены фазы: портландита $\text{Ca}(\text{OH})_2$ -d, $\text{\AA} = 4,917; 3,113; 2,631; 1,927; 1,797$ и гиролит $2\text{CaO} \cdot 3\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O} - \text{d}$, $\text{\AA} = 2,31; 2,18; 1,82$. Также отмечено присутствие пиков негидратированной фазы, таких как алит $\text{\AA} = 2,780; 2,185$, белит $\text{\AA} = 2,780; 2,292; 2,185$, четырехкальциевый алюмоферрит $\text{\AA} = 2,631; 2,047; 1,927$. На рентгенограмме зафиксировано диффузионное гало в области $2\theta = 10 - 25$ град., которое характеризует наличие рентгеноаморфных веществ, в частности, гидросиликатов кальция и тоберморитового геля.

На порошковой рентгеновской дифрактограмме образца цементного камня с добавкой 0,1 % необработанного соевого лецитина от

массы композиции пики более узкие, что свидетельствует о высококристаллической структуре исследуемого образца. Интенсивность пиков портландита $\text{Ca}(\text{OH})_2$ -d, $\text{\AA} = 4,922; 2,631; 1,931$ ниже у исследуемого образца, однако также менее интенсивны пики негидратированной фазы

алита $\text{\AA} = 3,036; 2,969; 2,776; 2,608; 2,161; 1,539$, белита $\text{\AA} =$, алюмоферита, также отчётливо обнаруживаются пики фазы окенита $3\text{CaO} \cdot 6\text{SiO}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O} - \text{d}$ $\text{\AA} = 20,741; 8,898; 6,727; 3,893; 2,969; 1,798$, что предположительно и даёт значимый вклад в прочность образца.

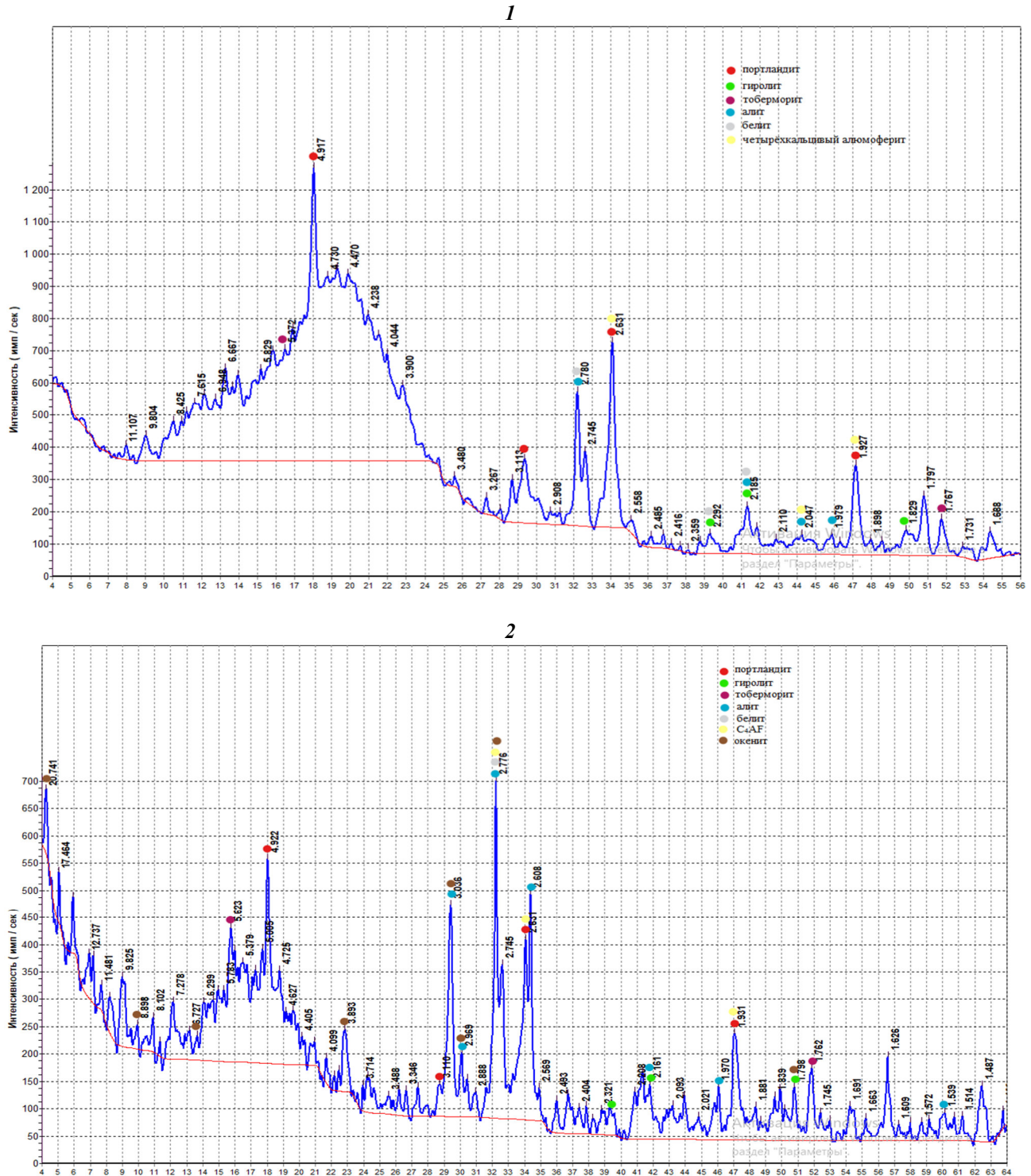
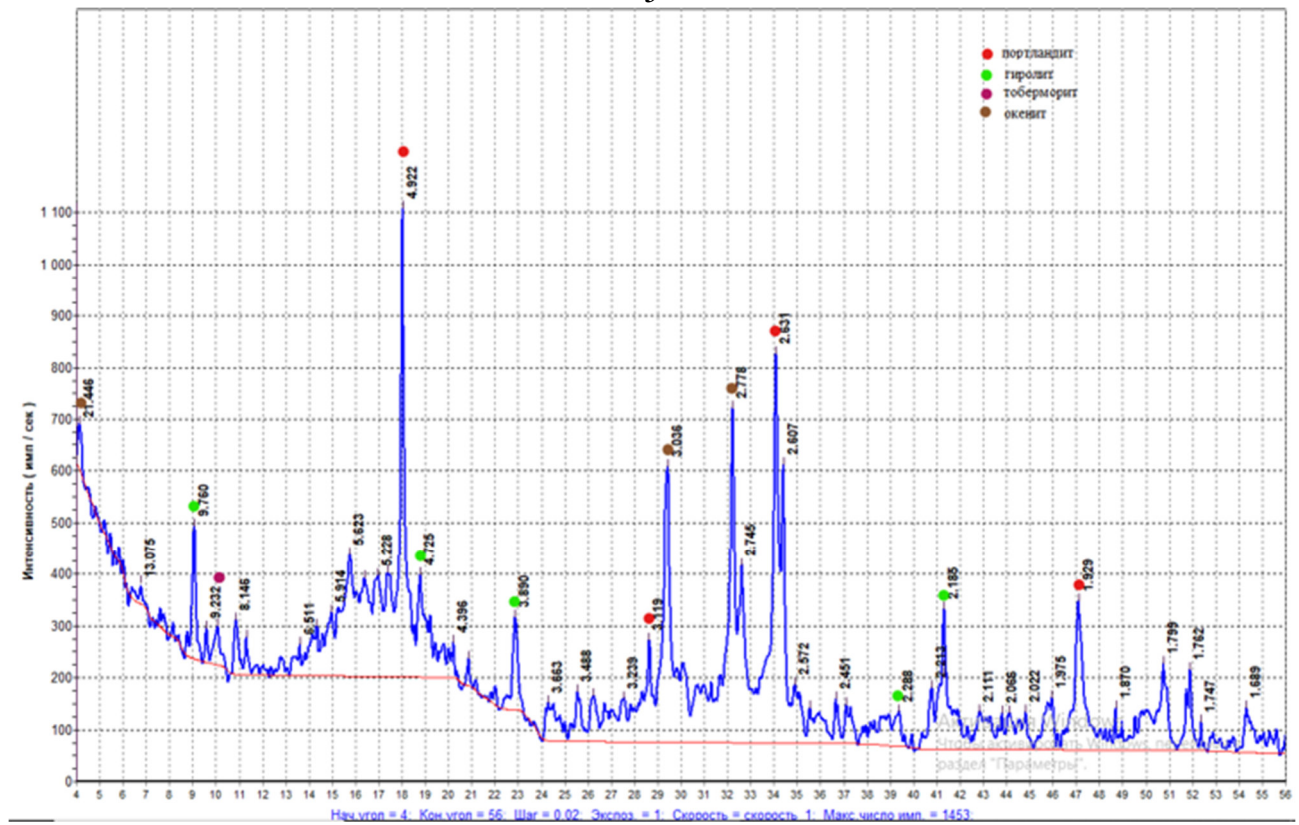


Рис. 2. Порошковые рентгеновские дифрактограммы образцов цементного камня (начало):
 1 – контрольный образец;
 2 – состав с добавкой 0,1 % лецитина;

3



4

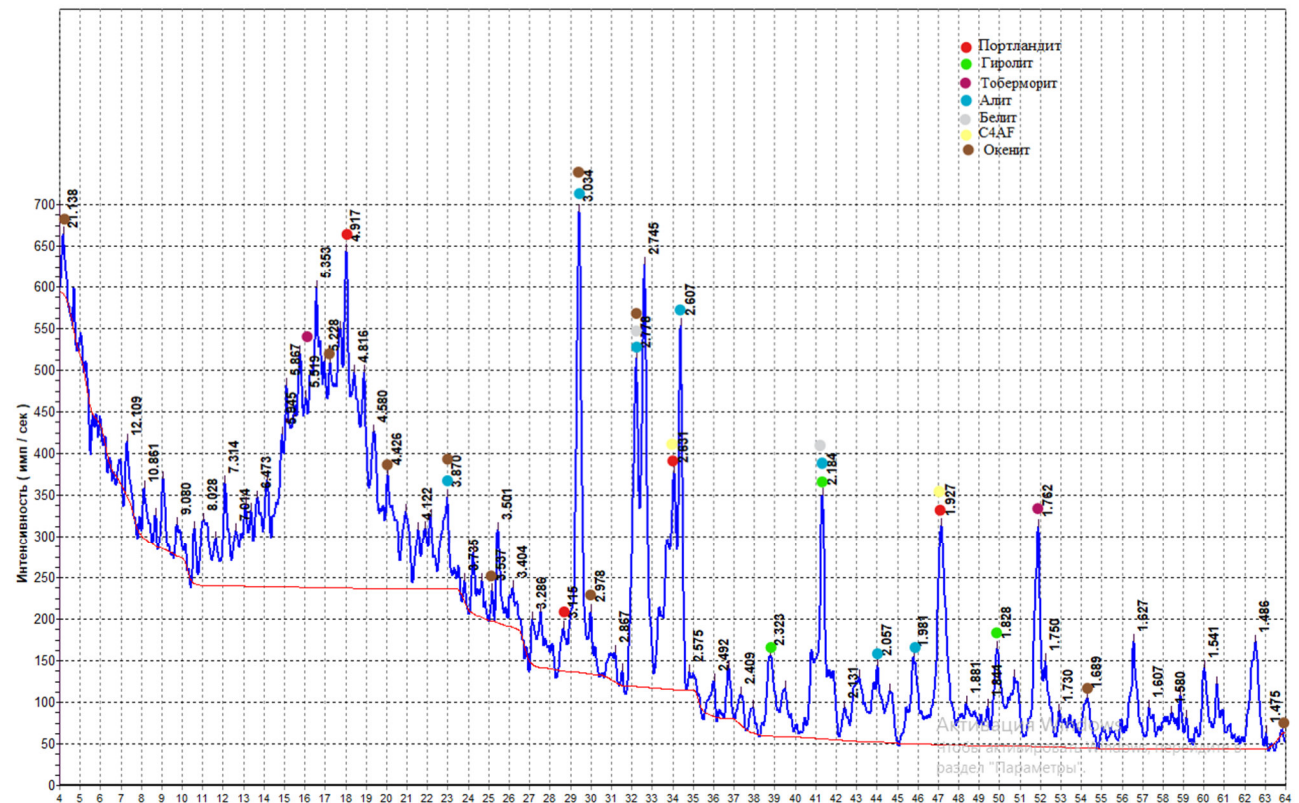


Рис. 2. Порошковые рентгеновские дифрактограммы образцов цементного камня (окончание):
 3 – состав с добавкой 0,1 % технического лецитина;
 4 – состав с добавкой 0,5 % оксалатно-жирного осадка

В образцах цементного камня из тампонажного цемента с добавкой 0,1 % технического лецитина от массы композиции пики также чётко различимы и оформлены, что также говорит о высококристаллической структуре полученного образца. Что важно, пики портландита $\text{Ca}(\text{OH})_2$ -d, Å = 4,922; 3,119; 2,631; 1,929 и гиролита $2\text{CaO} \cdot 3\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ – d, Å = 9,760; 4,725; 3,890; 2,185, довольно интенсивные, сравнимы с контрольным образцом. Также появляются отчётливые пики фазы окенита $3\text{CaO} \cdot 6\text{SiO}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ – d Å = 21,446; 3,036; 2,778. Пики негидратированной фазы менее и интенсивны, чем в прошлом образце с добавкой необработанного соевого лецитина, и, возможно, перекрываются пиками окенита.

В образцах цементного камня с добавкой эмульсии оксалатного осадка с концентрацией 0,5 % от массы композиции помимо вышеуказанных фаз негидратированных минералов портландцементного клинкера были обнаружены дифракционные максимумы окенита ($3\text{CaO} \cdot 6\text{SiO}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) – d, Å = 21,13; 5,23; 4,42; 3,87; 3,54; 2,98; 1,69; 1,48. Портландит представлен меньшим количеством линий дифракционных максимумов по сравнению с контрольным составом, и их интенсивность значительно ниже интенсивности остальных образцов и контрольного образца: $\text{Ca}(\text{OH})_2$ -d, Å = 4,92; 3,03; 2,83; 1,92.

Выводы. В ходе данной работы были исследованы прочностные характеристики и фазовый состав цементного камня с добавлением соевого лецитина, технического лецитина отхода производства изолированных фосфолипидов. Результаты исследования показали, что добавление соевого лецитина и технического лецитина в концентрации до 0,1 % от общей массы композиции приводит к значительному увеличению прочности цементного камня. Анализ порошковых рентгенограмм продемонстрировал увеличение интенсивности пиков продуктов гидратации цемента, повышение кристалличности образца и появление новой фазы окенита. Эти изменения в фазовом составе цементного камня объясняют улучшение его прочностных характеристик.

Также изучено влияние добавки на основе оксалатно-жирового осадка. Данная присадка мешает набору прочности образцам, что подтверждается порошковыми рентгенограммами, на которых отчётливо видно снижение интенсивности и уменьшение количества линий дифракционных максимумов продуктов гидратации цемента.

Практическое значение полученных результатов заключается в возможности использования технического лецитина для улучшения характеристик цементных материалов. Это может способствовать не только повышению прочности

строительных конструкций, но и решению проблемы утилизации отходов производства лецитина, что имеет важное экологическое значение. Применение таких добавок может снизить себестоимость производства цементных композиций и увеличить их долговечность.

Тем не менее, было установлено, что при увеличении концентрации лецитина свыше 0,1 % наблюдается снижение прочностных характеристик цементного камня, что, вероятно, связано с увеличением пористости материала. Это указывает на необходимость дальнейших исследований для оптимизации дозировки добавки и изучения её влияния на другие свойства цементного камня, такие как усадка, морозостойкость и водопоглощение.

План дальнейших исследований включает более детальное изучение механизма взаимодействия лецитина с цементным материалом на микроскопическом уровне, использование различных методов анализа, таких как сканирующая электронная микроскопия и термогравиметрический анализ, а также проведение долговременных испытаний прочности и долговечности цементных композиций с добавлением лецитина. Также планируется исследовать влияние лецитина в сочетании с другими органическими и неорганическими добавками, что может открыть новые перспективы для создания высокоэффективных строительных материалов.

Таким образом, результаты проведённого исследования подтверждают перспективность использования технического лецитина в качестве модифицирующей добавки для цементных композиций, однако для полного понимания и оптимизации данного процесса необходимо проведение дополнительных исследований.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Викторова Е.П., Лисовая Е.В., Свердличенко А.В., Жане М.Р. Влияние особенностей химического состава модифицированных лецитинов на их поверхностно-активные и эмульгирующие свойства // Новые технологии. 2023. Том 19. № 3. С. 48–57.
2. Михалко И.К. Использование промышленных отходов в производстве цемента // Природноресурсный потенциал, экология и устойчивое развитие регионов России: Сборник статей XVII Международной научно-практической конференции, Пенза, 24–25 января 2019 года. Пенза: Пензенский государственный аграрный университет. 2019. С. 123–129.
3. Ткач Е.В., Семенов В.С., Ткач С.А. Исследование влияния органоминеральной добавки на

эксплуатационные свойства мелкозернистого бетона // Промышленное и гражданское строительство. 2013. № 9. С. 16–19.

4. Боцман Л.Н., Ищенко А.В., Антонова Р.О. Гидрофобизирующие добавки на основе различных отходов // Инновационные пути решения актуальных проблем природопользования и защиты окружающей среды: Материалы докладов Международной научно-технической конференции, Том III. Алушта: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2018. С. 11–15.

5. Дуйсебаева С.Т. Исследование влияния химических добавок на свойства экологичного бетона с коллагеновым наполнителем // Вестник Казахской академии транспорта и коммуникаций им. М. Тынышпаева. 2017. № 2(101). С. 13–17.

6. Иманов М.О., Иманов Е.К. Гранулированная гидрофобно-пластифицирующая добавка на основе отходов промышленности // Труды университета. 2017. № 1(66). С. 62–65.

7. Пупынина В.Д., Сидоров Н.А. Эффект автоактивизации гидрофобизированных цементов при хранении // Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова, Белгород, 01–20 мая 2019 года. Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2019. С. 2585–2588.

8. Патент № 2209792 С1 Российская Федерация, МПК С04В 28/02, С04В 24/06. Добавка для бетонной смеси: № 2002100630/03 / В.Н. Махлай, С.В. Афанасьев, В.И. Герасименко, С.С. Сабитов.; заявл. 16.01.2002; опубл. 10.08.2003 5 с.

9. Мечай А.А., Барановская Е.И., Гончар А.Н. Применение органических добавок комплексного действия в технологии автоклавного ячеистого бетона // Опыт производства и применения ячеистого бетона автоклавного твердения: материалы 10-й международной научно-практической конференции. Минск: Издатель А.Н. Вараскин, 2018. С. 74–77.

Информация об авторах

Харламов Владимир Александрович, аспирант кафедры безопасности жизнедеятельности. E-mail: wladimir.harlamov@mail.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Лопанов Александр Николаевич, доктор технических наук, профессор кафедры безопасности жизнедеятельности. E-mail: alorpanov@yandex.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Дементьев Константин Владимирович, аспирант кафедры безопасности жизнедеятельности. E-mail: kdementev910@gmail.com. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Павел Ильич Сысоев, кандидат химических наук, доцент кафедры безопасности жизнедеятельности. E-mail: susoev.pavel@gmail.com. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

10. Хорохордин А.М., Рудаков Я.О., Перцев В.Т. Черепихина Р.Г., Рудаков О.Б. Применение шлам-лигнина гашеного известью в качестве добавки в бетон // Химия, физика и механика материалов. 2021. № 2(29). С. 90–97.

11. Барановская Е.И., Мечай А.А., Довжик Н.С., Колпачиков В.Л. Исследование влияния органических добавок на основе поликарбоксилатного лигнина на реологические свойства ячеистобетонных смесей // Труды БГТУ. Серия 2: Химические технологии, биотехнология, геоэкология. 2018. №2 (211). С. 77–82.

12. Патент № 2072971 С1 Российская Федерация, МПК С04В 28/04, С04В 22/06, С04В 24/04. добавка для бетонной смеси: № 93015448/04; заявл. 24.03.1993; опубл. 10.02.1997 / Ю.П. Гладких, В.И. Завражина, В.В. Ядыкина. заявл. 24.03.1993; опубл. 10.02.1997 5 с.

13. Белоус Н.Х., Кошевар В.Д., Родцевич С.П., Тавгень В.В. Влияние комплексной гидрофобно-пластифицирующей добавки на свойства портландцементных мелкозернистых бетонов // Известия Национальной академии наук Беларуси. Серия химических наук. 2013. № 2. С. 111–116.

14. Харламов В.А., Дементьев К.В., Лопанов А.Н., Сысоев П.И. Использование обеднённого лецитина как добавку, повышающую прочность бетона // Рациональное использование природных ресурсов и переработка техногенного сырья: фундаментальные проблемы науки, материаловедение, химия и биотехнология. Сборник докладов международной научной конференции. Белгород. 2023. С. 250–252

15. Кирсанова А.А. Высокофункциональные тяжелые бетоны, модифицированные комплексными добавками, включающими метакаолин / А.А. Кирсанова: дис. канд. техн. наук. Томск, 2015. 163 с.

16. Тараканов О.В., Пронина Т.В., Тараканова Е.О. Применение комплексных добавок для повышения прочности бетона // Популярное бетоноведение. 2008. №. 4. С. 26–29.

Поступила 09.07.2024 г.

© Харламов В.А., Лопанов А.Н., Дементьев К.В., Сысоев П.И., 2024

***Kharlamov V.A., Lopanov A.N., Demytyev K.V., Sysyoyev P.I.**

Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov

**E-mail: wladimir.harlamov@mail.ru*

MODIFICATION OF CONCRETE FROM GROUTING CEMENT WITH ADDITIVES BASED ON LECITHIN EXTRACTION WASTE

Abstract. *In the course of this work, the strength characteristics and phase composition of cement stone made from grouting cement with the addition of lecithin extraction waste were investigated. It has been established that an additive based on technical lecithin in a concentration of up to 0.1% contributes to a significant increase in the strength characteristics of the cement material. By analyzing powder X-ray diffraction patterns of cement stone with the addition of technical lecithin, an increase in the intensity of the peaks of cement hydration products and an increase in the crystallinity of the sample were revealed. The appearance of a new phase of okenite is also observed, which can have a positive effect on the strength of the material. When the additive concentration increases above 0.1%, a decrease in strength characteristics is observed, presumably due to an increase in the porosity of the cement stone. The study showed that the optimal concentration of technical lecithin to improve strength properties is 0.1%. The results of this study suggest that the use of lecithin extraction waste as an additive in cement compositions may be an effective way to recycle this waste while improving the properties of the cement material. Further research will be aimed at optimizing the composition of additives and studying their long-term effect on the performance characteristics of cement compositions.*

Keywords: *grouting cement, additives, lecithin, waste*

REFERENCES

1. Viktorova E.P., Lisovaya E.V., Sverlichenko A.V., Zhane M.R. Influence of the characteristics of the chemical composition of modified lecithins on their surface-active and emulsifying properties [Vliyaniye osobennostej himicheskogo sostava modifitsirovannykh lecitinov na ih poverhnostno-aktivnye i emul'giruyushchie svoystva]. *New technologies*. 2023. Volume 19. No. 3. Pp. 48–57. (rus)

2. Mikhalko I.K. Use of industrial waste in cement production [Ispol'zovanie promyshlennykh othodov v proizvodstve tsementa]. *Natural resource potential, ecology and sustainable development of Russian regions: Collection of articles of the XVII International Scientific and Practical Conference*, Penza, January 24–25, 2019. Penza: Penza State Agrarian University. 2019. Pp. 123–129. (rus)

3. Tkach E.V., Semenov V.S., Tkach S.A. Study of the influence of organomineral additives on the operational properties of fine-grained concrete [Issledovanie vliyaniya organomineral'noj dobavki na ekspluatatsionnye svoystva melkozernistogo betona]. *Industrial and Civil Construction*. 2013. No. 9. Pp. 16–19. (rus)

4. Botsman L.N., Ishchenko A.V., Antonova R.O. Hydrophobizing additives based on various wastes [Gidrofobiziruyushchie dobavki na osnove razlichnykh othodov]. *Innovative ways to solve current problems of environmental management and environmental protection: Materials of reports of the International Scientific and Technical Conference*,

Volume III. Alushta: Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhova, 2018. Pp. 11–15. (rus)

5. Duysebaeva S.T. Study of the influence of chemical additives on the properties of environmentally friendly concrete with collagen filler [Issledovanie vliyaniya himicheskikh dobavok na svoystva ekologichnogo betona s kollagenovym napolnitelem]. *Bulletin of the Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpaeva*. 2017. No. 2(101). Pp. 13–17. (rus)

6. Imanov M.O., Imanov E.K. Granulated hydrophobic-plasticizing additive based on industrial waste [Granulirovannaya gidrofobno-plastitsiruyushchaya dobavka na osnove othodov promyshlennosti]. *Proceedings of the University*. 2017. No. 1(66). Pp. 62–65. (rus)

7. Pupynina V.D., Sidorov N.A. Effect of autoactivation of hydrophobized cements during storage [Effekt avtoaktivizatsii gidrofobizirovannykh cementov pri hranenii]. *International scientific and technical conference of young scientists of BSTU*. V.G. Shukhova, Belgorod, May 01–20, 2019. Belgorod: Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhova, 2019. Pp. 2585–2588. (rus)

8. Makhlay V.N., Afanasyev S.V., Gerasimenko V.I., Sabitov S.S. Additive for concrete mixture. No. 2002100630/03. Patent RF no. 2002100630/03, 2003.

9. Mechai A.A., Baranovskaya E.I., Gonchar A.N. Application of organic additives of complex action in the technology of autoclaved cellular concrete

[Primenenie organicheskikh dobavok kompleksnogo dejstviya v tekhnologii avtoklavnogo yacheistogo betona]. Experience in the production and application of autoclaved cellular concrete: materials of the 10th international scientific and practical conference. Minsk: Publisher A. N. Varaskin, 2018. Pp. 74–77. (rus)

10. Khorokhordin A.M., Rudakov Ya.O., Pertsev V.T. Cherepakhina R.G., Rudakov O.B. Application of slaked lime sludge lignin as an additive in concrete [Primenenie shlam-lignina gashenogo izvest'yu v kachestve dobavki v beton]. Chemistry, physics and mechanics of materials. 2021. No. 2(29). Pp. 90–97. (rus)

11. Baranovskaya E.I., Mechai A.A., Dovzhik N.S., Kolpashchikov V.L. Study of the influence of organic additives based on polycarboxylate lignin on the rheological properties of cellular concrete mixtures [Issledovanie vliyaniya organicheskikh dobavok na osnove polikarboksilatnogo lignina na reologicheskie svoystva yacheistobetonnykh smesey]. Proceedings of BSTU. Series 2: Chemical technologies, biotechnology, geoecology. 2018. No. 2 (211). Pp. 77–82. (rus)

12. Gladkikh Y.P., Zavrazhina V.I., Yadykina V.V. Additive for concrete mixture. Patent RF. No. 93015448/04, 1997.

13. Belous N.Kh., Koshevar V.D., Rodtsevich S.P., Tavgen V.V. Influence of a complex hydrophobic-plasticizing additive on the properties of Portland

cement fine-grained concrete [Vliyanie kompleksnoj gidrofobno-plastificiruyushchej dobavki na svoystva portlandcementnykh melkozernistykh betonov]. Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Chemical Sciences Series. 2013. No. 2. Pp. 111–116. (rus)

14. Kharlamov V.A., Dementyev K.V., Lopanov A.N., Sysoev P.I. The use of depleted lecithin as an additive that increases the strength of concrete [Ispol'zovanie obednyonnogo lecitina kak dobavku, povyshayushchuyu prochnost' betona]. Rational use of natural resources and processing of technogenic raw materials: fundamental problems of science, materials science, chemistry and biotechnology. Collection of reports of the international scientific conference. Belgorod. 2023. Pp. 250–252. (rus)

15. Kirsanova A.A. Highly functional heavy concretes modified with complex additives including metakaolin [Vysokofunkcional'nye tyazhelye betony, modifitsirovannye kompleksnymi dobavkami, vkluchayushchimi metakaolin]. dis. cand. tech. Sci. Tomsk, 2015. 163 p. (rus)

16. Tarakanov O.V., Pronina T.V., Tarakanova E.O. Application of complex additives to increase the strength of concrete [Primenenie kompleksnykh dobavok dlya povysheniya prochnosti betona]. Popular concrete science. 2008. No. 4. Pp. 26–29. (rus)

Information about the authors

Kharlamov, Vladimir A. Graduate student of the Department of Life Safety. E-mail: wladimir.harlamov@mail.ru. Belgorod State Technological University named after. V.G. Shukhova. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Loponov, Alexander N. Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Life Safety. E-mail: alopanov@yandex.ru. Belgorod State Technological University named after. V.G. Shukhova. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Dementyev, Konstantin V. Graduate student of the Department of Life Safety. E-mail: kdementev910@gmail.com. Belgorod State Technological University named after. V.G. Shukhova. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Sysoev, Pavel I. Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor of the Department of Life Safety. E-mail: susoev.pavel@gmail.com. Belgorod State Technological University named after. V.G. Shukhova. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Received 09.07.2024

Для цитирования:

Харламов В.А., Лопанов А.Н., Дементьев К.В., Сысоев П.И. Модификация бетонов из тампонажного цемента добавками на основе отходов экстракции лецитина // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2024. № 11. С. 92–101. DOI: 10.34031/2071-7318-2024-9-11-92–101

For citation:

Kharlamov V.A., Lopanov A.N., Dementyev K.V., Sysoev P.I. Modification of concrete from grouting cement with additives based on lecithin extraction waste. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2024. No. 11. Pp. 92–101. DOI: 10.34031/2071-7318-2024-9-11-92-101