

# ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

DOI: 10.34031/2071-7318-2024-10-1-138-146

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

## ГИДРОФОБНЫЕ СВОЙСТВА ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ С ДОБАВКАМИ ОТХОДОВ ЭКСТРАКЦИИ ЛЕЦИТИНА

**Аннотация.** В ходе данной работы были исследованы характеристики водопоглощения, краевого угла смачивания, свободной энергии поверхности образцов цементного камня из тампонажного цемента и ЦЕМ А/II – Ш 42,5 Н с добавлением присадок на основе отходов экстракции лецитина. Также были проверены прочностные характеристики цементного камня с добавлением присадок на основе отходов экстракции лецитина. Установлено, что добавка 0,5% технического лецитина в тампонажный цемент уменьшает водопоглощение до 4,5%. Выявлено, что добавка соевого лецитина в количестве 0,1% снижает водопоглощение цементного камня на основе тампонажного цемента до 6,35%. Оксалатно-жировой осадок при добавлении в цементный камень на основе тампонажного цемента по мере увеличения концентрации равномерно снижает водопоглощение вплоть до 8,15% при концентрации добавки 0,5%. Наилучшие результаты по снижению водопоглощения у цементного камня на основе ЦЕМ А/II – Ш 42,5 Н наблюдаются у оксалатно-жирового осадка в концентрации 0,5% и достигают значений 2,81%. В случае остальных добавок водопоглощение изменяется незначительно. Измерены краевые углы смачивания у образцов и рассчитаны свободные энергии поверхностей. Измерены прочностные характеристики образцов цементного камня на основе ЦЕМ А/II – Ш 42,5 Н с добавлением присадок на основе отходов экстракции лецитина.

**Ключевые слова.** Цемент, добавки, лецитин, отходы, цементный камень, бетон, водопоглощение, краевой угол смачивания, свободная энергия поверхности.

**Введение.** Бетон является основным строительным материалом, который широко используется по всему миру благодаря своей прочности, долговечности и экономичности. Однако, несмотря на эти преимущества, бетон подвержен различным разрушительным процессам, таким как коррозия, увлажнение, с последующей заморозкой и разморозкой, водная эрозия, которые могут значительно снизить его эксплуатационные характеристики и срок службы. Являясь довольно гидрофильным материалом, бетон способен к взаимодействию с водой, которая оказывает на него разрушающее воздействие. Известно, что большинство бетонов имеет пористо-капиллярную структуру, которая и способствует гидрофильности данного материала. Износ происходит посредством заполнения водой микропор, которые, в свою очередь, расширяются за счёт замерзания воды, что ведёт к ещё большему их заполнению, и, соответственно, расширению, которое, в конце концов, приводит к уменьшению прочности и разрушению бетона. Таким образом, уменьшение количества воды в порах бетона гарантирует его долговечность.

Уменьшение водопоглощения наиболее важно для подземных бетонных конструкций таких как: подвалы, погреба, фундаменты, скважины и т.д. Поэтому для исследования были выбраны тампонажный цемент и цемент марки ЦЕМ А/II – Ш 42,5 Н. Так как цементы марок 42,5

Н, часто используют в гражданском строительстве, а тампонажный – для заполнения скважин.

Для повышения долговечности, уменьшения водопоглощения и общей гидрофобилизации бетона исследователи активно разрабатывают и внедряют различные добавки, которые улучшают его свойства [1–5]. Такие добавки способны изменять характеристики бетона таким образом, чтобы придать поверхности или внутренней структуре композита водоотталкивающие свойства. Наиболее распространёнными добавками для повышения водоотталкивающих свойств служат жирные кислоты, которые в большом количестве содержатся в лецитине и продуктах его переработки, а также их соли, такие как стераты и олеаты щелочных и щелочноземельных металлов, более известных как мыла. Добавление органических добавок на основе отходов – популярная тема у отечественных исследователей [6]. Так, большое количество работ посвящено исследованию и внедрению добавок на основе отходов древоперерабатывающей промышленности [7–10]. Близкие по химическому составу лецитинам соапстоки растительных масел были исследованы в качестве гидрофобилизирующей добавки в работах [11–13]. И исследования продолжаются.

Лецитин – это группа фосфолипидов, естественных компонентов клеточных мембран, широко распространенных в природе. Он, главным

образом, добывается из соевых бобов и используется в различных отраслях промышленности, включая пищевую, фармацевтическую и косметическую. Лецитин известен своими гидрофобными и эмульгирующими свойствами [14,15], которые потенциально могут 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.

Перспективным типом добавок являются отходы экстракции лецитина. Лецитины, получаемые в процессе переработки растительных масел, обладают уникальными свойствами, которые могут улучшить характеристики бетона. В частности, за счёт наличия в составе липидов и жирных кислот они могут повысить водоотталкивающие свойства бетона, снизить его водопроницаемость, а наличие фосфолипидов может повлиять на прочностные показатели.

Исследования в этой статье сосредоточены на влиянии добавок, полученных при переработке лецитина и его отходов, на гидрофобные свойства образцов цементного камня на основе тампонажного лецитина и ЦЕМ А/П – Ш 42,5 Н. Рассмотрены три типа добавок: на основе чистого лецитина, на основе технического лецитина и на основе оксалатно-жирового осадка. Каждая из этих добавок обладает уникальными свойствами, которые могут по-разному влиять на структуру и прочность цементного материала.

Целью данной работы является исследование гидрофобных свойств цементного камня, полученного с добавлением оригинальных добавок на основе отходов экстракции лецитина. Исследование влияния этих добавок на степень водопоглощения, изменения угла смачивания и прочностные характеристики цементного камня имеет важное значение как для практического

применения в строительстве, так и для научного сообщества. Полученные результаты могут пролить свет на новые перспективы в области улучшения цементных материалов и способствовать решению экологических проблем, связанных с утилизацией отходов, полученных, например, в результате промышленного производства фармацевтических веществ из лецитина.

**Материалы и методы.** Для приготовления образцов использовались бездобавочный тампонажный цемент и ЦЕМ А/П – Ш42,5 Н. Объектами исследования служили образцы цементного камня. Для приготовления цементного камня кубической формы 20x20x20 мм использовался цементный раствор с водоцементным соотношением В/Ц = 0,33, изготовленный из растворов нормальной густоты, на основе бездобавочного тампонажного и ЦЕМ А/П – Ш 42,5 Н цементов. 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.

В качестве добавки использовали оригинальные составы, полученные из отходов экстракции лецитина и самого соевого лецитина, в частности. Добавки предварительно размешивали с водой, необходимой для получения цементного раствора, нагревая смесь до 40 °С и получая при этом устойчивую эмульсию, после чего смесь охлаждали до комнатной температуры. В работе использовали три вида добавок: 1. Соевый или исходный лецитин; 2. Технический или обеднённый лецитин; 3. Оксалатно-жировой осадок. Последние два вещества являются отходами.

В данной работе использовался лецитин, полученный традиционным образом, с характеристиками, соответствующими ГОСТ 32052-2013 (табл.1).

Таблица 1

Результаты испытаний лецитина и технического лецитина

Показатель	Единица измерения	Данные испытаний лецитина
Массовая доля веществ, нерастворимых в толуоле	%	0,05
Массовая доля веществ, нерастворимых в ацетоне	%	62,7
Массовая доля летучих веществ	%	0,08
Кислотное число	мг КОН/г	20,3
Перекисное число	Ммоль/кг ½ О	0,1

В процессе промышленной экстракции соевого лецитина, отработанный слой реагента отделяют от органического растворителя, далее этот слой исчерпывающе упаривают от остатков растворителя, таким образом получая технический лецитин. Этот отход представляет собой густую темно-коричневую подвижную массу, не растворимую в ацетоне. Оксалатно-жировой осадок образуется при дальнейшей переработке экстракта и представляет собой, после

упаривания растворителя, коричневый осадок с высоким содержанием жирных кислот и оксалата натрия.

Прочностные характеристики образцов были исследованы на электронном прессе «РЭМ-100-А-1-1», страна изготовления – Россия. Водопоглощение оценивалось по методике ГОСТ 12730.3-2020 путём погружения образцов в воду с последующим измерением массы насыщенного водой образца раз в сутки,

в течение недели. Угол краевого смачивания определяли на приборе «KRUSS Easy Drop DSA 30E» на воде и йодметане с последующим вычислением свободной энергии поверхности материала по методу ОВРК (метод Оунса, Вендта, Рабеля и Кьельбле). Методика расчета представлена в работе [16].

**Основная часть.** Известно, что лецитин обладает амфифильными свойствами, что означает, что его молекулы содержат как гидрофильные (водорастворимые), так и гидрофобные (жирорастворимые) участки. Это делает его идеальным эмульгатором, способным стабилизировать смеси воды и жира, что широко используется в пищевой промышленности, косметике и фармацевтике. Учитывая, что в лецитине и в отходах его промышленной экстракции содержится большое количество жирных кислот, известных своей гидрофобностью, можно предположить, что добавление лецитина в бетонные смеси будет оказывать многогранное воздействие на их свойства. Фосфолипиды лецитина могут способствовать изменению микроструктуры цементного камня, улучшая сцепление между цементными частицами и водой, что приводит к повышению прочности и долговечности бетона. Гидрофобные свойства входящих в состав жирных кислот лецитина будут способствовать уменьшению водопоглощения и повышению водостойкости бетона, что особенно важно для конструкций, подверженных воздействию влаги.

Снижение водопоглощения оказывает положительное влияние на долговечность бетона. Уменьшение количества воды, способной проникать в материал, препятствует развитию коррозионных процессов в цементном камне и повышает устойчивость к морозному пучению. Это особенно важно для конструкций, подвергающихся воздействию агрессивных внешних условий, таких как мосты, фундаменты и подвалы.

Механизм воздействия лецитина на водопоглощение бетона можно объяснить его способностью стабилизировать водно-цементную смесь, изменяя растворимость клинкерных минералов и связывая продукты гидратации, такие как гидроксид кальция. Это способствует образованию и росту более плотных и устойчивых кристаллических структур, что снижает общую пористость материала.

В первую очередь было исследовано водопоглощение образцов цементного камня из тампонажного цемента и ЦЕМ А/П – Ш 42,5 Н, а также образцов с разным содержанием добавок на основе отходов экстракции лецитина и самого соевого лецитина, для сравнения. Полученные результаты представлены на рисунках 1 и 2.

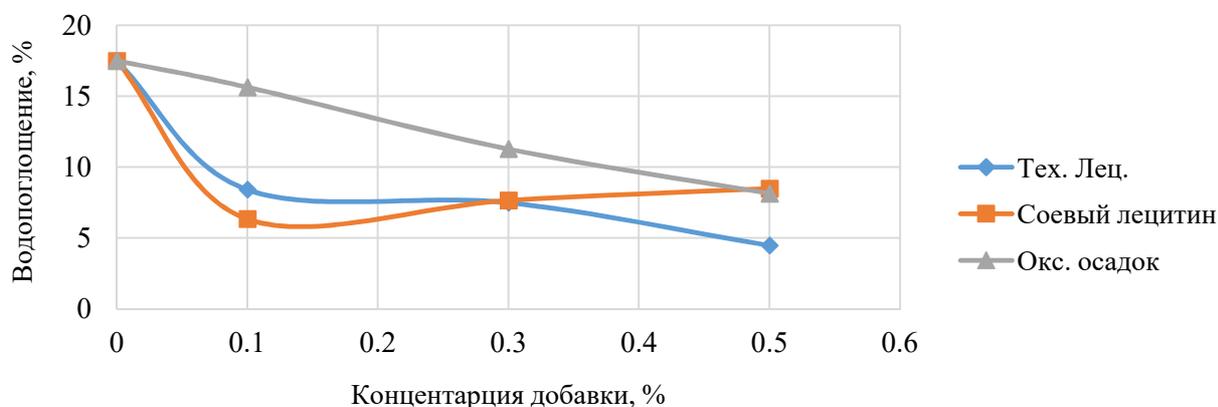


Рис. 1. Зависимость водопоглощения цементного камня на основе тампонажного цемента с различным содержанием добавок

Из представленных данных видно, что на тампонажный цемент все добавки оказывают положительное влияние, снижая степень водопоглощения с увеличением концентрации добавки. Особенно следует выделить добавку на основе технического лецитина, благодаря которому водопоглощение композиции снизилось на 9 % – с 17,47 % до 8,42 %, также при увеличении содержания данной добавки водопоглощение продолжает снижаться, вплоть до 4,5 %, при содержании добавки 0,5 %. Соевый лецитин даёт наилучшие показатели водопоглощения при добавлении 0,1

% от массы, составляя 6,35 %. Однако, с увеличением концентрации добавки водопоглощение повышается. Вероятно, это связано с тем, что в отличие от технического лецитина, исходный соевый лецитин не лишён фосфолипидов, которые, в свою очередь, являются гидрофильными соединениями и вполне могут удерживать воду. Оксалатно-жировой осадок равномерно снижает водопоглощение с увеличением содержания добавки, однако только при максимальной концентрации достигает значений прошлый двух добавок, равных 8,15 %.

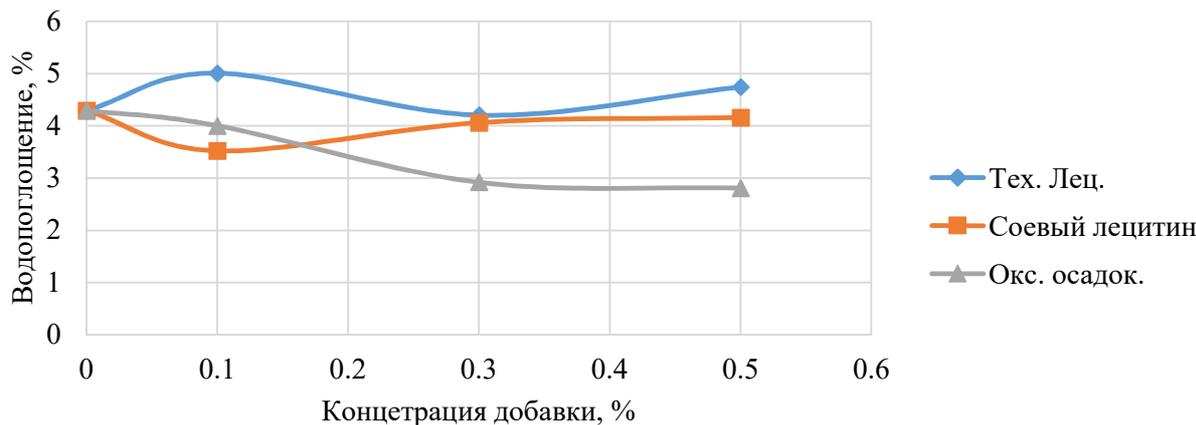


Рис. 2. Зависимость водопоглощения цементного камня на основе ЦЕМ А/П – Ш 42,5 Н с различным содержанием добавок

Данные, представленные на рисунке 2, ясно указывают на то, что в случае ЦЕМ А/П – Ш 42,5 Н наиболее сильное влияние оказывает добавка оксалатно-жирового осадка в концентрации 0,5%, снижая водопоглощение композиции на 1,5%. Добавки технического и соевого лецитинов, оказывают незначительное влияние на цементный камень, полученный на основе ЦЕМ А/П – Ш 42,5 Н.

Также одним из методов оценки гидрофобных свойств бетона является определение краевого угла смачивания поверхности и дальнейший расчёт СЭП (свободной энергии поверхности). В данной работе были исследованы поверхности образцов тампонажного цемента и ЦЕМ А/П – Ш 42,5 Н с добавками технического лецитина, соевого лецитина и оксалатно-жирового осадка в концентрации 0,1% так как данная концентрация добавок способствует образованию цементного камня с наиболее перспективными характеристиками водопоглощения и прочности. Результаты представлены в таблицах 2 и 3.

Таблица 2

**Краевой угол смачивания и свободная энергия поверхности образцов из тампонажного цемента**

Название	КУС, °	СЭП, Дж/м <sup>2</sup>
Контрольный образец	59,6	50,97
0,1% Технического лецитина	47,79	56,97
0,1% Соевого лецитина	56,37	47,62
0,1% Оксалатно-жирового осадка	42,08	62,52

Из полученных данных видно, что влияние добавок из отходов промышленной экстракции лецитина не претерпевает существенных улучшений и, даже наоборот, краевой угол смачивания образцов становится ниже, чем у стандартных образцов. Что может значить, что поверхность становится более гидрофильной. В купе с

данными о водопоглощении, можно предположить, что композиции с добавками на основе отходов экстракции лецитина претерпевают изменения внутри композиции, изменяя капиллярно-пористую структуру самого материала и не затрагивая или незначительно влияя на его поверхность, что также подтверждают измерения свободной энергии поверхности, рассчитанные по методу ОВРК.

Таблица 3

**Краевой угол смачивания и свободная энергия поверхности образцов из ЦЕМ А/П – Ш 42,5 Н**

Название	КУС, °	СЭП, Дж/м <sup>2</sup>
Контрольный образец	49,98	57,15
0,1% Технического лецитина	34,12	62,49
0,1% Соевого лецитина	29,21	69,37
0,1% Оксалатно-жирового осадка	42,02	62,97

Для более полной картины влияния добавок из отходов промышленной экстракции лецитина на цементный камень, полученный на основе ЦЕМ А/П – Ш 42,5 Н, необходимо было узнать и влияние данных добавок на прочностные характеристики образцов. Исследование прочности образцов тампонажного цемента проводили в работе [17]. Полученные значения представлены на рисунках 3 и 4.

Как видно из представленных данных добавление в композицию на основе ЦЕМ А/П – Ш 42,5 Н даже 0,1% технического и соевого лецитинов снижает набор прочности на 33%, в случае оксалатно-жирового осадка набор прочности изменяется незначительно. Однако при дальнейшем увеличении концентрации прочность также снижается.

В случае тампонажного цемента набор прочности увеличивается при добавлении 0,1% технического или соевого лецитина и уменьшается при

увеличении концентрации этих добавок. Оксалатно-жировой осадок снижает набор прочности при низких концентрациях добавки, а при

0,5 % – изменяет его незначительно относительно стандартного образца на основе тампонажного цемента.

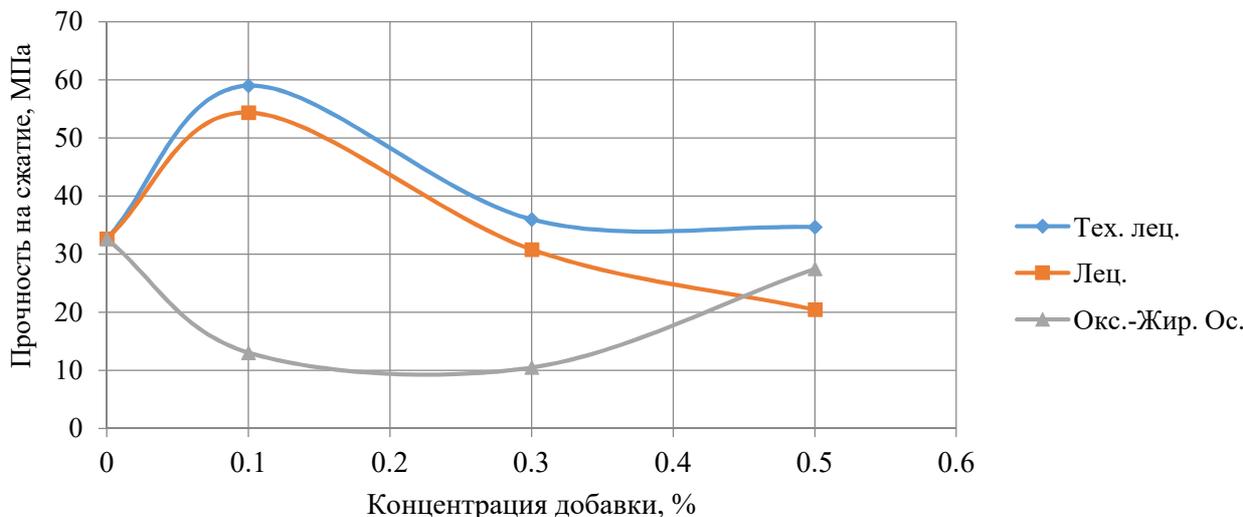


Рис. 3. Зависимость прочности цементного камня из тампонажного цемента от концентрации добавки

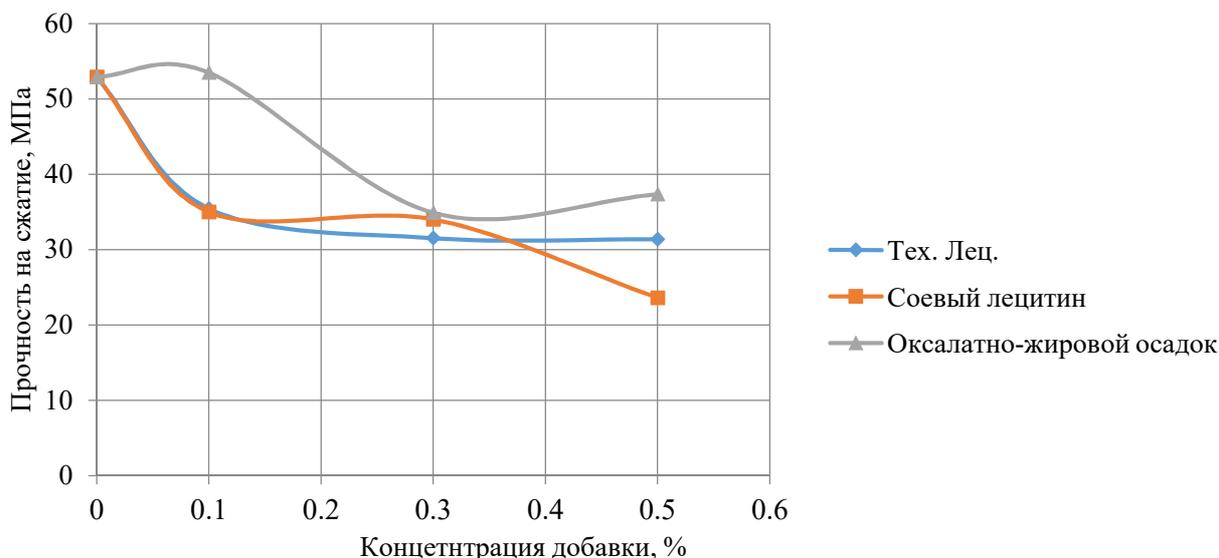


Рис. 4. Зависимость прочности цементного камня из ЦЕМ А/П – Ш 42,5 Н от концентрации добавки

Анализируя полученные данные, можно предположить, что добавки на основе отходов экстракции лецитина положительно влияют на прочностные характеристики и водопоглощение цементного камня из тампонажного цемента, однако не оказывают положительного воздействия на прочностные характеристики цементного камня из ЦЕМ А/П – Ш 42,5 Н.

**Выводы.** На основе проведенных исследований можно сделать выводы о том, что лецитин и его производные оказывают значительное влияние на снижение водопоглощения цементного камня, особенно, в случае тампонажного цемента. Технический лецитин продемонстрировал наибольший эффект, снижая водопоглощение на

9% при концентрации 0,5%. Соевый лецитин также показывает хорошие результаты при низкой концентрации, но при её увеличении водопоглощение начинает увеличиваться. Оксалатно-жировой осадок равномерно снижает водопоглощение, хотя и уступает другим добавкам по эффективности.

Исследования показали, что добавки на основе отходов промышленной экстракции лецитина не приводят к значительным улучшениям краевого угла смачивания и свободной энергии поверхности, а в некоторых случаях даже снижают эти показатели, что может указывать на повышение гидрофильности поверхности. Это

предполагает, что добавки изменяют микроструктуру материала, незначительно влияя на его поверхность.

Добавление 0,1% технического и соевого лецитинов приводит к снижению прочности цементного камня на 33%, в то время как оксалатно-жировой осадок оказывает менее выраженное влияние. Увеличение концентрации добавок приводит к дальнейшему снижению прочностных характеристик.

Таким образом, добавки на основе отходов экстракции лецитина способны значительно улучшить водоотталкивающие свойства цементного камня, но при этом могут негативно сказаться на его прочностных характеристиках. Это указывает на необходимость дальнейших исследований по оптимизации состава добавок и поиска баланса между гидрофобизацией и сохранением прочностных свойств бетона.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Барановская Е.И., Мечай А.А., Довжик Н.С., Колпащиков 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.
2. 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.
3. Седнев В.А., Сергеевкова Н.А. Использование гидрофобизирующих композиций для повышения защищённости зданий из бетона от негативного воздействия воды // Технологии техноферной безопасности. 2016. №. 4. С. 194–206.
4. Гегер В.Я., Гегер В.Я., Лукутцова Н.П., Карпиков Е.Г., Петров Р.О. Повышение эффективности мелкозернистого бетона комплексной микродисперсной добавкой // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2013. №. 3. С. 15–18.
5. Румянцева В.Е., Караваев И.В., Коновалова В.С., Логинова, С.А. Коррозия бетона с гидрофобизирующими добавками // Повышение эффективности процессов и аппаратов в химической и смежных отраслях промышленности. 2016. С. 138–141.
6. 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.
7. 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.
8. 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.
9. Хорохордин А.М., Рудаков Я.О., Перцев В.Т. Черепашина 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.
10. Барановская Е.И., Мечай А.А., Довжик Н.С., Колпащиков 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.
11. 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.
12. Иманов М.О., Иманов Е.К. Гранулированная гидрофобно-пластифицирующая добавка на основе отходов промышленности // Труды университета. 2017. № 1(66). С. 62–65.
13. 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.
14. 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.
15. Лисовая Е.В., Викторова Е.П., Свердличенко А.В., Жане, М.Р. Исследование влияния особенностей химического состава фосфолипидов соевого лецитина на их полярность //

Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2023. №. 5 (194). С. 225–233. DOI: 10.36718/1819-4036-2023-5-225-233

16. Лопанов А.Н., Фанина Е.А., Тихомирова К.В. Расчет свободной энергии поверхности углей донецкого бассейна и графитов // Химия твердого топлива. 2018. №. 1. С. 16–21.

17. 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.

#### 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.

Поступила 16.08.2024 г.

© Харламов В.А., Лопанов А.Н., Дементьев К.В., Сысоев П.И., 2025

*\*Kharlamov V.A., Lopanov A.N., Dementyev K.V., Sysoev P.I.*

*Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov*

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

## HYDROPHOBIC PROPERTIES OF CEMENT STONE WITH WASTE ADDITIVES OF LECITHIN EXTRACTION

**Abstract.** *In the course of this work, the characteristics of water absorption, contact angle, surface using natural energy, samples of cement stone from well cement and CEM A/II 42.5 N with the addition of additives based on lecithin extraction waste were studied. The strength characteristics of cement stone with the addition of additives based on lecithin extraction waste were also confirmed. It has been established that the addition of 0.5% technical lecithin to cement reduces water absorption to 4.5%. It was revealed that an increase in soy lecithin in the amount of 0.1% leads to water absorption of cement stone based on well cement up to 6.35%. Oxalate-fatty sediment, when added to cement stone based on well cement with a wave force with a charge force, water absorption of the liquid is up to 8.15 % with an additive content of 0.5 %. The best results in reducing water absorption in cement stones based on CEM A/II 42.5 N are observed with an oxalate-fatty sediment content of 0.5 % and measured values of 2.81 %. In the case of remaining exposure, water absorption changes only slightly. The wetting edges of the samples were measured and the surface free energies were calculated. The strength characteristics of cement stone samples based on CEM A/II 42.5 N with the addition of additives based on lecithin extraction waste were measured.*

**Keywords:** *cement, additives, lecithin, waste, cement stone, concrete, water absorption, contact angle, surface free energy.*

#### REFERENCES

1. 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 lignin na reologicheskie svoystva yacheisto betonnyh smesej]. Proceed-

ings of BSTU. Series 2: Chemical technologies, biotechnology, geocology. 2018. No. 2 (211). Pp 77–82. (rus)

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

3. Sednev V.A., Sergeenkova N.A. The use of water-repellent compositions to increase the protection of concrete buildings from the negative effects of water [Ispol'zovanie gidrofobiziruyushchih kompozitsiy dlya povysheniya zashchishchyonnosti zdaniy iz betona ot negativnogo vozdeystviya vody]. Technosphere Safety Technologies. 2016. No. 4. Pp. 194–206. (rus)

4. Geger V.Ya., Geger V.Ya., Lukutsova N.P., Karpikov E.G., Petrov R.O. Increasing the efficiency of fine-grained concrete with a complex microdisperse additive [Povysheenie effektivnosti melkozernistogo betona kompleksnoy mikrodispersnoy dobavkoj]. Bulletin of the Belgorod State Technological University named after. V.G. Shukhova. 2013. No. 3. Pp. 15–18. (rus)

5. Rumyantseva V.E., Karavaev I.V., Konovalova V.S., Loginova, S.A. Corrosion of concrete with water-repellent additives [Korroziya betona s gidrofobiziruyushchimi dobavkami]. Increasing the efficiency of processes and devices in the chemical and related industries. 2016. Pp. 138–141. (rus)

6. Mikhalko I.K. Use of industrial waste in cement production [Ispol'zovanie promyshlennyh othodov v proizvodstve cementa]. 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)

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

8. 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 deystviya 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)

9. 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)

10. 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 yacheistobetonnyh smesey]. Proceedings of BSTU. Series 2: Chemical technologies, biotechnology, geocology. 2018. No. 2 (211). Pp 77–82. (rus)

11. 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)

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

13. Pupynina V.D., Sidorov N.A. Effect of autoactivation of hydrophobized cements during storage [Effekt avtoaktivizatsii gidrofobizirovannyh 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)

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

15. Lisovaya E.V., Viktorova E.P., Sverdlichenko A.V., Janet, M.R. Study of the influence of the characteristics of the chemical composition of soy lecithin phospholipids on their polarity [Issledovanie vliyaniya osobennostey himicheskogo sostava fosfolipidov soevogo lecitina na ih polyarnost']. Bulletin of the Krasnoyarsk State Agrarian University. 2023. No. 5 (194). Pp. 225–233. doi: 10.36718/1819-4036-2023-5-225-233 (rus)

16. Lopanov A.N., Fanina E.A., Tikhomirova K.V. Calculation of the free energy of the surface of Donetsk basin coals and graphites [Raschet svobodnoy energii poverhnosti uglej doneckogo bassejna i grafitov]. Chemistry of solid fuels. 2018. No. 1. Pp. 16–21. (rus)

17. Kharlamov V.A., Demytyev 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 lecitin a kak do-bavku, 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)

*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.

**Lopanov, 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.

**Demytyev, Konstantin V.** Graduate student of the Department of Life Safety. E-mail: kdemyteyev910@gmail.com. Belgorod State Technological University named after. V.G. Shukhova. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

**Pavel, Pyich S.** 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 16.08.2024*

**Для цитирования:**

Харламов В.А., Лопанов А.Н., Дементьев К.В., Сысоев П.И. Гидрофобные свойства цементного камня с добавками отходов экстракции лецитина // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2025. № 1. С. 138–146  
DOI: 10.34031/2071-7318-2024-10-1-138-146

**For citation:**

Kharlamov V.A., Lopanov A.N., Demytyev K.V., Sysoev P.I. Hydrophobic properties of cement stone with waste additives of lecithin extraction. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2025. No. 1. Pp. 138–146.  
DOI: 10.34031/2071-7318-2024-10-1-138-146