(E) ISSN: 3030-3214
Volume 4, № 3-1
2026

УДК: 547.32/661.725.82

10.70769/3030-3214.SRT.4.3-1.2026.20

© 2026 Authors. Licensed under CC BY 4.0
https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

ИЗУЧЕНИЕ ИК-СПЕКТРА И ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СИНТЕЗИРОВАННОГО СУПЕРПЛАСТИФИКАТОРА ДЛЯ БЕТОНА





Бердиев Санжар Алланазарович
Доктор технических наук (DSc), старший научный сотрудник, Ташкентский научно-исследовательский институт химической технологии, Ташкент, Узбекистан
E-mail: sanjarberdiev75@gmail.com
ORCID ID: 0009-0005-1516-2840
Science ID: DQD-0425-0006

Камалов Ботир Сатвалдиевич
Независимый соискатель, Ташкентский научно-исследовательский институт химической технологии, Ташкент, Узбекистан
E-mail: botirkamalov26@gmail.com
ORCID ID: 0009-0007-1233-121X
Science ID: MFR-0425-0016

Аннотация. *В статье исследованы химическая структура, ИК-спектральные характеристики и влияние синтезированного на основе побочного продукта пиролиза суперпластификатора на реологические свойства цементных систем. В качестве основного сырья использовано пиролизное масло с содержанием нафталина не менее 85%. Методом ИК-спектроскопии установлено наличие в синтезированном продукте характерных сульфофункциональных групп. Реологические свойства цементных смесей оценивали методом мини-конуса. Установлено, что введение суперпластификатора в количестве 0,2–1,0% способствует повышению растекаемости цементного теста и снижению водопотребности на 15–20%. При этом чрезмерное содержание добавки может отрицательно влиять на реологические характеристики цементной системы. Полученные результаты свидетельствуют о перспективности использования продуктов пиролиза в качестве доступного сырья для получения эффективных суперпластифицирующих добавок для цементных и бетонных материалов.*

Ключевые слова: *пиролизное масло, суперпластификатор, ИК-спектроскопия, нафталин, цемент, бетон, реологические свойства, растекаемость, водоцементное отношение, водопотребность.*

Received: 25.09.2026 | Accepted: 09.10.2026 | Issue publication: 10.10.2026

BETON UCHUN SINTEZ QILINGAN SUPERPLASTIFIKATORNING IQ-SPEKTRI VA KIMYOVIY XOSSALARINI O‘RGANISH

Berdiyev Sanjar Allanazarovich
Texnika fanlari doktori (DSc), katta ilmiy xodim, Toshkent kimyo-texnologiya ilmiy-tadqiqot instituti, Toshkent, O‘zbekiston

Kamalov Botir Satvaldiyevich
Mustaqil izlanuvchi, Toshkent kimyo-texnologiya ilmiy-tadqiqot instituti, Toshkent, O‘zbekiston

Annotatsiya. *Maqolada piroliz jarayonining ikkilamchi mahsuloti asosida sintez qilingan superplastifikatorning kimyoviy tuzilishi, IQ-spektroskopik xususiyatlari hamda sement tizimlarining reologik ko‘rsatkichlariga ta’siri o‘rganilgan. Superplastifikator olish uchun asosiy xomashyo sifatida tarkibida kamida 85 % naftalin bo‘lgan piroliz moyidan foydalanilgan. IQ-spektroskopik tahlil natijasida sintezlangan mahsulot tarkibida sulfofunksional guruhlar mavjudligi aniqlangan. Sement qorishmalarining reologik xossalari mini-konus usulida baholanib, superplastifikator miqdorining orti-*

shi sement xamirining yoyiluvchanligini sezilarli oshirishi ko‘rsatilgan. Qo‘shimchaning 0,2–1,0 % miqdorda kiritilishi plastifikatsion samarani yaxshilagan, suvga bo‘lgan talab esa 15–20 % gacha kamaygan. Shu bilan birga, superplastifikatorning ortiqcha miqdori sement xamirining reologik xossalariga salbiy ta’sir ko‘rsatishi mumkinligi aniqlangan. Olingan natijalar piroliz mahsulotlaridan samarali foydalanish asosida beton va sement tizimlari uchun mahalliy superplastifikatsiyalovchi qo‘shimchalar ishlab chiqarish istiqbolli ekanligini ko‘rsatadi.
Kalit so‘zlar: *piroliz moyi, superplastifikator, IQ-spektroskopiya, naftalin, sement, beton, reologik xossalar, yoyiluvchanlik, suv-sement nisbati, suvga talab.*

STUDY OF THE IR SPECTRUM AND CHEMICAL PROPERTIES OF A SYNTHESIZED SUPERPLASTICIZER FOR CONCRETE

Berdiyev Sanjar Allanazarovich
Doctor of Technical Sciences (DSc), Senior Researcher, Tashkent Research Institute of Chemical Technology, Tashkent, Uzbekistan

Kamalov Botir Satvaldiyevich
Independent Researcher, Tashkent Research Institute of Chemical Technology, Tashkent, Uzbekistan

Abstract. *The article investigates the chemical structure, IR-spectral characteristics, and effects of a superplasticizer synthesized from a pyrolysis by-product on the rheological properties of cement systems. Pyrolysis oil containing at least 85% naphthalene was used as the main raw material. IR spectroscopy revealed characteristic sulfonic functional groups in the synthesized product. The rheological properties of cement mixtures were evaluated using the mini-cone method. The results showed that the addition of 0.2–1.0% superplasticizer improved the flowability of cement paste and reduced water demand by approximately 15–20%. Excessive addition, however, may adversely affect the rheological properties of the cement system. The obtained results indicate that pyrolysis products can be considered a promising raw material for the production of effective superplasticizing additives for cement and concrete materials.*
Keywords: *pyrolysis oil, superplasticizer, IR spectroscopy, naphthalene, cement, concrete, rheological properties, flowability, water-cement ratio, water demand.*

Введите. В настоящее время применение химических добавок, особенно высокоэффективных суперпластификаторов, является одним из основных направлений повышения технологических и эксплуатационных свойств цементных и бетонных материалов. Суперпластификаторы способны снижать степень агрегации цементных частиц, повышать текучесть цементного теста и обеспечивать необходимую консистенцию при снижении расхода воды. В связи с этим изучение механизма адсорбционного и электрокинетического действия суперпластификаторов представляет значительный научно-практический интерес для регулирования реологических свойств цементных систем.

Одной из актуальных задач современного материаловедения является поиск доступных и экологически рациональных источников сырья для получения эффективных пластифицирующих добавок. Особый интерес представляют побочные продукты пиролиза, в частности тяжелые пиролизные масла, содержащие значительное количество ароматических углеводородов и нафталиновых соединений. Их химическая структура создает предпосылки для использования таких продуктов в качестве исходного сырья при синтезе функциональных соединений, в том числе суперпластификаторов. Переработка пиролизных продуктов позволяет одновременно решать задачу рационального использования промышленных отходов и получать востребованные химические материалы.

В этой связи представляет интерес получение суперпластификатора на основе местного пиролизного сырья, установление его химической структуры методом ИК-спектроскопии и оценка влияния полученной добавки на реологические свойства цементного теста. В настоящей работе исследован суперпластификатор, синтезированный с

(E) ISSN: 3030-3214
Volume 4, № 3-1
2026

использованием пиролизного масла с высоким содержанием нафталина, определены характерные функциональные группы и изучено его влияние на растекаемость цементного теста и водопотребность цементной системы. Целью исследования является научное обоснование возможности эффективной переработки побочных продуктов пиролиза в функциональную пластифицирующую добавку для цементных материалов.

Обзор литературы и методы. Механизм действия суперпластификаторов рассматривается многими авторами. Показано, что разжижение суспензий обеспечивается многими факторами. Адсорбируясь на поверхности частиц дисперсной фазы, молекулы суперпластификатора снижают поверхностное натяжение на границе твердое тело- раствор, что способствует уменьшению тенденции частиц к агрегации, при этом наблюдается пептизация частиц и высокоовозбуждение иммобилизованной воды, и увеличение подвижности суспензий. В процессе пластификации суспензий важную роль играет увеличение электрокинетического потенциала частиц дисперсной фазы, образование адсорбционно-сольватных слоев на поверхности частиц, создание структурно-механического барьера и развитие других факторов агрегативной устойчивости [1]. Предел текучести и пластическая вязкость определяются по реологической кривой, как отрезок на оси сдвигающего напряжения. Реологические свойства минеральных дисперсных систем в большей мере зависят от наличия и качества прослоек среды между частицами. Через эти прослойки действуют силы притяжения между частицами, зависящие от расстояния между частицами, зависящие от расстояния между ними, которые обусловлены Ван Дер-Ваальсовыми и водородными связями. Значит, увеличивая или уменьшая толщину прослоек среды в местах контакта частиц или изменяя их гидродинамические свойства, применяя пластифицирующие добавки, можно регулировать в широких пределах структуры материала [2]. Для реальных дисперсных систем обычно агрегативная устойчивость обеспечивается несколькими факторами одновременно. От прочности индивидуального контакта между частицами зависят предельное динамическое напряжение сдвига и силы межслоевого пластического трения, поэтому для регулирования реологических свойств суспензий первоначально необходимо изменить соотношение между силами притяжения и отталкивания. Свойства дисперсий тесно связаны с устойчивостью. Размеры частиц дисперсной фазы водных минеральных суспензий, применяемых в промышленности, колеблются от одного до нескольких сотен до нескольких тысяч. Устойчивость для гидрофильных коллоидов определяется тремя составляющими расклинивающего давления: электростатической, молекулярной и структурной. Часто устойчивость коллоидных систем характеризуется структурными силами, которые определяются особой структурой граничных слоев воды. Вряди работ утверждается, что определяющую роль в агрегативной устойчивости водных суспензий отводится граничным слоям. При этом основополагающая роль гидратации адсорбированного слоя ПАВ в обеспечении стабильности водных дисперсий отмечается как для неиногенных ПАВ, так и для полиэлектролитов [3]. Анализ полученных результатов: при изучении оптимальных технологических параметров производства и фракционирования нафталина и их производных, выборе методов переработки отходов пиролиза, определении химического состава тяжелого пиролизного масла были подготовлены катализаторы для использования в процессе и изучены их различные составы. Тяжелое пиролизное масло состоит из смеси двух или более циклических конденсированных алкильных и алкенильных ароматических углеводородов, их олигомеров и пределенного количества асфалтенов и других высокомолекулярных соединений [4]. Рассмотрен состав и объёмы нафталинсодержащих продуктов тяжёлых смол пиролиза. Проанализированы пути их использования в промышленности разных стран. Отмечено перспективное направление использования тяжёлых масла пиролиза синтез суперпластификаторов для бетонных смесей. Проведенный краткий обзор путей переработки тяжёлой смолы пиролиза

показывает, что в настоящее время разработано большое число способов рационального использования смол пиролиза. При этом ряд способов уже внедрён в химической промышленности, а ряд из них прошел опытно-промышленные и лабораторные испытания. Однако поиски методов использования ТСП, не требующих больших энергетических затрат и сложного оборудования, всё ещё остаются актуальными и на сегодняшний день [5]. В области температур разрушения граничных слоев воды за счет теплового движения, наблюдается резкое изменение агрегативной устойчивости и реологических параметров дисперсий. В последние годы в строительной практике при изготовлении бетонов нового поколения все большее применение находят высокоэффективные поликарбоксилатные суперпластификаторы. В зарубежной литературе суперпластификаторы этой группы получили название «суперпластификаторы». Данный вид пластификаторов более эффективен, что выражается в сравнительно низких оптимальных дозировках (0,2%), низкой чувствительности к виду и составу цемента, в длительном сохранении бетонными смесями первоначальной консистенции, в их повышенной связности, не расслаиваемости, низких и сверхнизких водоцементных отношениях (0.2%).

Часть эксперимента. На первой стадии реакции пиролизное масло сульфируют б-нафталинсульфокислотой с концентрированной H_2SO_4. Пиролизное масло смешивают с серной кислотой при 160°C и охлаждают до 100°C после кипячения в течение двух часов. Это метилирование в основном проводят при 130°C для ускорения реакции. На практике в основном работают с небольшими количествами формальдегида (соотношение нафталин: моль формальдегида ≈ 1:1,3). Конденсат смолы, полученный в виде кислоты, затем нейтрализуют NaOH. pH синтезированного суперпластификатора колебался от 6,5 до 7,5. ИК-спектральный анализ синтезированного суперпластификатора учился. Исследованы ИК-спектры пиролизного масла и синтезированного суперпластификатора.

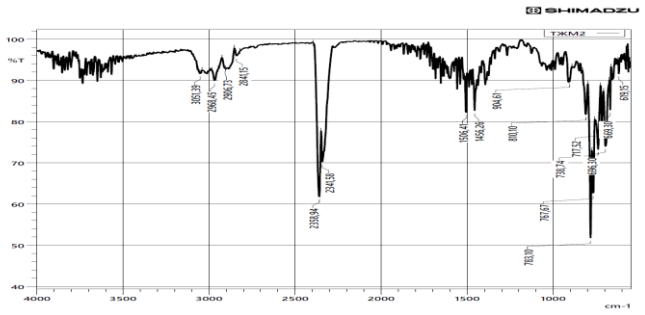


Рис.1. ИК-спектр пиролизного масла.

С увеличением числа ароматических колец увеличивается число полос поглощения в более низкочастотной части ИК-спектра. Вы можете увидеть это в ИК-спектрах нафталина. Полоса около 3051,39 $см^{-1}$ в спектре обусловлена валентными колебаниями связей С-Н в молекуле нафталина. Интенсивное поле при 783,10 $см^{-1}$ было вызвано колебаниями нафталинового кольца в плоскости, отличной от плоскости кольца. Площади поглощения бензольного кольца поглощаются в следующих областях 1456,26 и 1506,41 $см^{-1}$, а присутствие -С-С-, т.е. полиэтилена, обнаружено в области 738,74 $см^{-1}$.

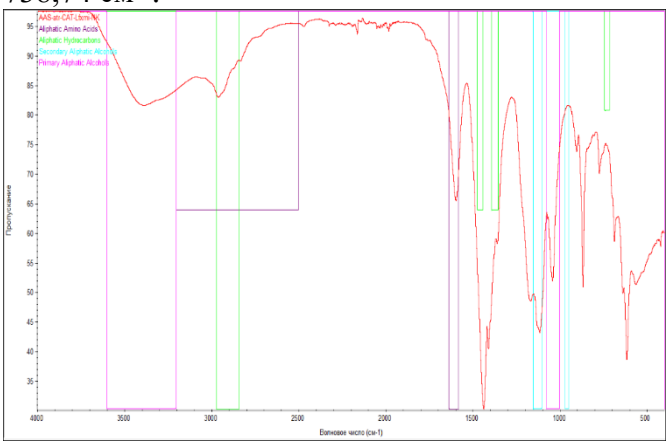


Рис.2. ИК-спектр синтезированного суперпластификатора

Исходя из ИК-спектра, можно сказать, что полученный суперпластификатор имеет в основном следующие функциональные группы: Новые полосы поглощения в области 1166,14 $см^{-1}$ показывают, что функциональная группа SO_2-OH изменила свою структуру на химическую связь R-SO_2-OH. ИК-спектр содержит линии поглощения для асимметричных валентных колебаний в области -1040,14 $см^{-1}$ и характерные линии поглощения

(E) ISSN: 3030-3214
Volume 4, № 3-1
2026

для симметричных валентных колебаний в области 772,10-614,31 см$^{-1}$. Это говорит о том, что синтезированный суперпластификатор имеет функциональную группу – сульфокислоту. Вещество, используемое в качестве сырья для производства суперпластификатора, имеет в своем составе функциональные группы (C-S). Это означает, что используемое сырье тоже поверхностно- активное вещество, но проведенные эксперименты показывают, что использованное сырье не влияет на реологические свойства бетонной смеси.

Реологические свойства цементных смесей определяли с помощью мини-конуса в соответствии со стандартом ГОСТ 310.3-76.

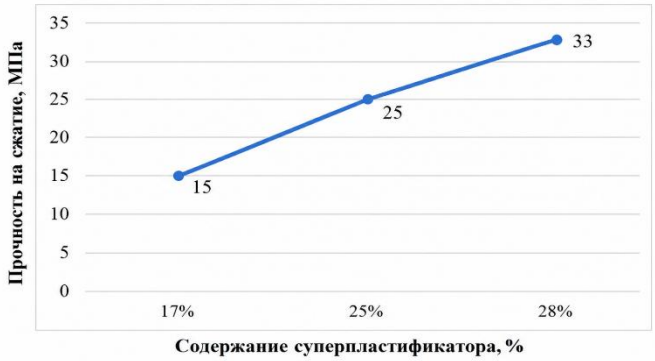


Рис.3. Распространение цементного раствора с добавлением суперпластификатора.

Массовая доля суперпластификатора варьировалась в диапазоне от 15 до 30 %. Полученные результаты показали, что при использовании суперпластификатора в виде 30%-ного раствора пластифицирующий эффект достигает максимального значения, при этом расплыв цементного раствора составил 33 см. При введении 25%-ного раствора суперпластификатора в цементное тесто подвижность составила 26 см, тогда как при использовании 17%-ного раствора суперпластификатора наблюдалось наименьшее пластифицирующее действие, а показатель подвижности составил 15 см.

Таким образом, установлено, что применение синтезированного нами суперпластификатора в виде 30%-ного раствора обеспечивает наиболее выраженный пластифицирующий эффект и позволяет получить максимальную подвижность цементной системы.

Таблица 1.

Обрабатываемость цементного раствора с добавлением суперпластификатора

№	Содержание цемента	Добавка к цементной смеси %	Соотношение «вода/цемент»	Читаемость, см	Средняя плотность, г/см³
1	100	-	0.43	7	1.950
2	100	0.2	0.42	9	1.965
3	100	0.5	0.42	13	1.980
4	100	1	0.42	18	2000
5	100	1.5	0.42	16	1.990

Как видно из данных, представленных в таблице 1, с увеличением содержания суперпластификатора повышается расплыв цементного теста. В экспериментах использовался цемент марки ПЦ 400 Д20. Расплыв цементного теста определяли в соответствии с требованиями ГОСТ 26798.1-96.

Однако введение поликарбоксилатного суперпластификатора в количестве более 1 % оказывает отрицательное влияние на реологические свойства цементного теста. Таким образом, суперпластифицирующие добавки, полученные на основе макромономеров и мономеров, обеспечивают положительный пластифицирующий эффект. Вместе с тем они имеют определённые ограничения, в связи с чем рекомендуется применять полученные суперпластифицирующие добавки в количестве 0,1-1,5 % от массы цемента.

На рис.4. показана зависимость поверхностного натяжения от концентрации суперпластификатора.

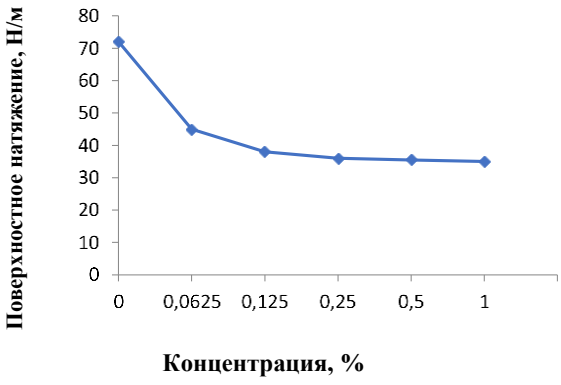


Рис.4. Зависимость поверхностного натяжения от концентрации.

Поверхностное натяжения определено по сталагмометрическим методом. Как видно на рис.4. с увеличением концентрации

суперпластификатора поверхностное натяжение раствора уменьшается. Таким образом, пластифицирующие добавки способны резко изменять реологические свойства дисперсных систем. Также отметим, что с увеличением содержания добавок вязкость уменьшается и принимает низкое постоянное значение. На реологические свойства минеральных суспензий большое влияние оказывает молекулярная масса пластификаторов. Подвижность бетонной смеси зависит от молекулярной массы соединений. Так при постоянном водосодержании более длительное сохранение подвижности во времени характерно для полимеров, тогда как олигомеры не изменяют или несколько ускоряют процесс схватывания. На реологические свойства минеральных суспензий влияют разжижающие добавки, действие которых основано на ионообменных процессах, протекающих на поверхности минеральных частиц. На реологические свойства дисперсных систем влияет концентрация, вид и число полярных групп в молекуле суперпластификатора, длины гидрофобного радикала и других параметров суперпластификатора. Изменение свойств таких систем обусловлено наличием в молекуле суперпластификатора реакционноспособной группы и гидрофобного радикала. При этом возникает энергетически наиболее выгодное состояние системы.

Выводю Полученный суперпластификатор позволяет снизить водопотребность на 15–20% и при этом не снижает прочность цементного камня. Напротив, этот показатель, как видно из результатов опытов, несколько увеличился. На основании этих данных можно утверждать, что введение полученных суперпластификаторов в цементное тесто обладает экономической и экологической эффективностью, не снижая физико-механических свойств цементного камня.

Водоцементное отношение играет важную роль при изучении влияния суперпластификаторов на физико-механические свойства цементного камня. Основная функция суперпластификатора в производстве цементного камня — снижение водоцементного отношения при одновременном получении цементного теста нормальной плотности. Во многих случаях такое снижение приводит к увеличению прочности цементного камня.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

[1] Ковалев, Я., и др. (2002). Активационные технологии дорожных композиционных материалов.
[2] Слюсарь, А. А. (2006). Физико-химические основы производства строительных материалов: Учебное пособие. Изд-во БГТУ.
[3] Пименов, Г. Г., & Скирда, В. Д. (б. д.). Изучение методом ЯМР кинетики адсорбции пористыми стеклами бутана и гексана из паровой фазы. № 6, 820–824.
[4] Зиядуллаева, К. Х., & Нурмонов, С. Е. (2021). Технологические основы приготовления и изучение свойств катализаторов при получении фталевого ангидрида на основе нафталина. Universum: Технические науки, 8(89), 37.
[5] Шведов, А. П., Якубовский, С. Ф., & Зубова, А. В. (2007). Расширение сырьевой базы для производства суперпластификаторов. Вестник Полоцкого государственного университета. Серия F, 68–72.
[6] Karimov, M. U., Djalilov, A. T., & Samigov, N. A. (2012). Learning IR-spectra of synthesized superplasticizer. Uzbek Chemical Journal, (4), 19–22.

Maqolaga iqtibos keltirish | Как цитировать статью | How to cite this article

Бердиев, С. А., & Камалов, Б. С. (2026). Изучение ИК-спектра и химических свойств синтезированного суперпластификатора для бетона. Саноатда рақамли технологиялар, 4(3-1). https://doi.org/10.70769/3030-3214.SRT.4.3-1.2026.20