

ISSN 2091-5527

№ 2/2026

Ўзбекистон

# **K**ompozitsion **M**ateriallar

Ilmiy-texnikaviy va amaliy jurnali



Ўзбекский научно-технический и производственный журнал

**Композиционные материалы**

bo'yalganda  $K/S=2,06$ , davomiylik 60 daqiqaga uzaytirilganda rang intensivligini 51,4% ga; 70:30 kompozitsion kalavani esa 70-75°C haroratda 30 daqiqa bo'yalganda  $K/S=1,49$ , davomiylik 60 daqiqaga uzaytirilganda rang intensivligini 64,4% ga, 80-85°C da 30 daqiqa bo'yalganda  $K/S=1,58$ , davomiylik 60 daqiqaga uzaytirilganda rang intensivligini 70,2%, bo'yashni qaynash haroratida (90-95°C) 30 daqiqa davom ettirilganda  $K/S=2,89$ , davomiylik 60 daqiqaga uzaytirilganda rang intensivligini 26% ga oshganini ko'rish mumkin. Har ikki kalavada bir xil rang intensivligini BPET kalavani  $T=90-95^{\circ}\text{C}$  haroratda 60 daqiqa, kompozitsion kalavani esa  $T=80-85^{\circ}\text{C}$  haroratda 45 daqiqa bo'yalganda kuzatildi.

Bo'yalgan kalavalar fizik-mexanik ko'rsatkichlarini tahlili dastlabki, bo'yalmagan kalava namunalari nisbatan BPET kalava chiziqli

zichligi va uzilishdagi cho'zilishini o'zgarmaganini, uzilish kuchini 11,2% ga kamayganini, 70:30 kompozitsion kalava chiziqli zichligi 4,2% pasaygani, uzilish kuchini 0,8% ga, uzilishdagi cho'zilishni esa 33% ga oshganini ko'rsatdi.

**Xulosa.** Rivojlangan ustmolekulyar qurilmaga ega 70:30 kompozitsion kalavani intensivlikdagi usul bo'yicha bo'yashda flyuktatsion hajmlarni ko'p va tez yuzaga kelishi to'laga sorblangan va erkin hajmlarga kapsulyasiyalangan bo'yovchi modda miqdorini oshishiga hamda yuqori intensivlik va mustahkamlikdagi ranglar hosil bo'lishiga imkon berdi. BPET:IPET 70:30 kompozitsion kalavani bo'yash jarayoni haroratini 30-45%, davomiyligini 25-50% qisqartirish pardoqlash jarayonida sarflanadigan energoresurslarni tejash imkonin beradi.

#### ADABIYOTLAR

1. Егорова Е.А. История развития химических волокон Белоруси /сост. И.И.Жмыхов, Е.А.Егорова – Могилев:МГУП, 2010. -157с.
2. Айзенштейн Э. М. Производство текстильных нитей из использованных ПЭТ-бутылок. // Полимер. матер.: изделия, оборуд., технол. 2015. № 8. с. 32-36.
2. Скуланова Н.С., Зубкова Н.С., Подальняя Т.В., Голайдо С.А. и др. Описание, анализ и расчет на прочность смешанной шерстяной пряжи с регенерированными ПЭТ волокнами. Изв. вузов. Технол. текстил. пром-сти. 2019, №4, с.235-340.
3. Constandache O., Cerempei A., Sandu I. Study of Dyeing and Obtaining Antimicrobial Effects of Virgin and Recycled Polyester Fibers. ar 2015. Materiale plastice. 52 (1), pp.24-27.
4. С.Х. Хасанова, Ш.Х. Шаманов. Полиэтилентерефталат гранулалари суюлтмасидан шаклантирилган толани бўяш имкониятларини тадқиқ қилиш. “O'zbekiston to'qimachilik jurnali”, №2, 2021, 90-97 b.
5. Шаманов Ш.Х., Хасанова С.Х. “Формование и крашение синтетического волокна”. Universum: технические науки: научный журнал. № 9 (114). Часть 4, М., Изд. «МЦНО», 2023. стр. 10-13. DOI:10.32743/UniTech.2023.114.9
6. Shamanov Sh.X., Xasanova S.X. Polietilenterfталат asosida olingan tolalar fizikaviy xossalarini tahlil qilish. “O'zbekiston to'qimachilik jurnali”, №3, 2024, 112-120 b.

УДК 665.632.074

### ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ ПЕНОГАСИТЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ ЭО-ПО-ПДМС В РАСТВОРАХ ДИЭТАНОЛАМИНА

Эшдавлатова Гулрух Эшмаматовна, Исмаилова Халават Джабаровна

*Каришинский государственный технический университет*

**Аннотация.** В данной работе в лабораторных условиях изучалась эффективность пеногасителя на основе блок-сополимера ЭО-ПО-ПДМС в растворах диэтанолamina (ДЭА). В ходе исследований оценивалось влияние добавления реагента в различных концентрациях, температуры раствора и процесса пенообразования. Результаты показали, что сегменты ЭО-ПО способствуют равномерному распределению ПДМС по всему раствору, в то время как ПДМС, благодаря своему низкому поверхностному натяжению и высокой гидрофобности, быстро разрушает пенную пленку и сокращает время гашения пены. Лабораторные испытания подтвердили высокую термическую стабильность реагента, отсутствие негативного влияния на физико-химические свойства раствора ДЭА и его эффективную работу в различных условиях эксплуатации. Полученные результаты служат научной основой для эффективного использования пеногасителей на основе ЭО-ПО-ПДМС в процессах очистки газов аминов.

**Ключевые слова:** диэтанолamin, пеногаситель, блок-сополимер, ЭО-ПО-ПДМС, высота пены, время гашения пены, термическая стабильность, растворы аминов.

**Введение.** Процессы очистки природного газа от кислых компонентов являются одним из важных технологических этапов современной газовой и химической промышленности. Аминные абсорбенты, в частности растворы

диэтанолamina (ДЭА), широко используются в промышленности, обеспечивая высокую селективность и экономическую эффективность. Однако в процессе практической эксплуатации в аминных

растворах наблюдается пенообразование, что приводит к снижению эффективности массопереноса газ/жидкость, увеличению гидравлического сопротивления, нарушению режима работы оборудования и увеличению энергопотребления [1].

Процесс пенообразования связан с накоплением в составе аминных растворов поверхностно-активных веществ, термостойких солей, механических примесей и продуктов разложения, которые образуют стабильную пленку вокруг газовых пузырьков. В результате длительное хранение слоя пены негативно влияет на стабильность технологического процесса [3-4]. Поэтому эффективный контроль пенообразования и его быстрое подавление являются важными факторами обеспечения надежной работы газоочистных устройств.

В последние годы широко изучаются пеногасящие композиции на основе силиконов и полиэфирных соединений. В частности, блок-сополимеры, состоящие из алкиленоксидных сегментов (ЭО-ПО) и фрагментов полидиметилсилоксана (ПДМС), характеризуются оптимальным сочетанием поверхностно-активных свойств. В то время как сегменты ЭО обеспечивают гидрофильность и совместимость с раствором, сегменты ПО контролируют амфифильный баланс, а ПДМС быстро разрушает пенную пленку благодаря низкому поверхностному натяжению и высокой гидрофобности. Совместное действие этих компонентов может создавать синергетический эффект и значительно снижать интенсивность пенообразования [5].

В то же время эффективность композиций на основе ЭО-ПО-ПДМС в среде аминных абсорбентов, их термостойкость, свойства долговременного действия и оптимальная дозировка изучены недостаточно глубоко. Комплексная оценка их эксплуатационных свойств, особенно в условиях, близких к промышленным (насыщенные, регенерированные аминные растворы и высокие температуры) остается актуальной проблемой.

Цель данного исследования оценить эффективность пеногасящих реагентов на основе ЭО-ПО-ПДМС в растворах диэтаноламина в лабораторных условиях, определить их влияние на процесс пенообразования и научно обосновать оптимальные условия применения. В ходе исследования изучались высота пены, время затухания, долговременный эффект реагента, а также его влияние на физико-химические параметры аминного раствора [6].

Полученные результаты предлагают научно обоснованное решение, позволяющее

эффективно решить проблему пенообразования в процессах очистки газов с использованием аминов, повысить технологическую стабильность и снизить энергопотребление [8-10].

#### **Объекты и методы исследований.**

Лабораторные исследования были направлены на определение физических свойств раствора диэтаноламина в процессе эксплуатации. При этом оценивались высота и стабильность пены раствора. Также изучалась тенденция изменения пенообразующих свойств при добавлении в раствор различных добавок. Это позволило идентифицировать компоненты, влияющие на состав абсорбента, и то, как они влияют на процесс пенообразования. Была оценена эффективность различных пеногасителей, используемых в исследованиях. Пеногасящие свойства каждого реагента сравнивались в лабораторных условиях по стандартным шкалам. В результате была определена эффективность реагентов, используемых на практике, и создана возможность выбора перспективных альтернатив. В лабораторных условиях использовался ряд аналитических методов на основе подготовленных образцов для аналитической оценки свойств абсорбента, используемого на практике. В ходе исследования определялись физико-химические параметры абсорбента, включая концентрацию, степень загрязнения, значение рН, плотность и другие важные показатели, и изучалось их влияние на эффективность. Для определения этих параметров использовалось современное лабораторное оборудование и стандартизированные методы анализа. Результаты, полученные с использованием современных аналитических подходов, позволили оценить эффективность работы абсорбента, а также выявить первопричины проблем, возникающих в технологических процессах.

#### **Результаты и их обсуждение.**

Эксперименты по определению изменений пенообразующих свойств абсорбентов под воздействием абсорбентов, пеногасителей, противопенных агентов и различных смесей проводились в специальном лабораторном устройстве скруббере.

Для испытаний готовили 200 мл образца раствора 30-33 % регенерированного амина, а также растворы пеногасителей различной концентрации в соответствии с рекомендациями.

Первый способ эксперимента заключался в постепенном добавлении образца раствора пеногасителя. При этом через раствор амина пропускали газообразный азот со скоростью 4

м<sup>3</sup>/мин, и когда образовавшаяся пена достигала определенной высоты, раствор пеногасителя добавляли в раствор в количестве 0,5 мл или по каплям. Последующие порции добавлялись в зависимости от степени разрушения пены: когда высота пены снова увеличивалась, когда она достигала исходного уровня или по истечении определенного времени (25-30 минут). Как правило, в ходе эксперимента добавляли до 3 мл раствора пеногасителя. Добавление большего количества считалось нецелесообразным.

Во втором методе 3 мл раствора пеногасителя добавляли к раствору амина перед началом испытания, а затем подавали газообразный азот со скоростью, указанной выше. После этого наблюдали изменение высоты пены во времени. В ходе этих испытаний оценивали способность пеногасителей оказывать долговременное воздействие. Это свойство, то есть время, прошедшее между уменьшением высоты пены после добавления реагента и ее повторным образованием (до 120 мм), определяли и регистрировали как продолжительность действия реагента. Этот показатель измеряли впервые и считали важным для определения эффективности реагента.

Одновременно в лаборатории Шуртанского газохимического комплекса были проведены специальные лабораторные испытания для оценки эффективности пеногасителей на основе ЭО-ПО-ПДМС. Результаты исследований были получены на основе моделирования реальных технологических условий, встречающихся в процессе очистки природного газа с использованием аминных растворов. В ходе

испытаний всесторонне изучались интенсивность пенообразования, стабильность реагентов, а также влияние аминных растворов на эксплуатационные свойства. Для лабораторных испытаний были выбраны насыщенные и очищенные растворы диэтанолamina (ДЭА). В эти растворы в заданных количествах добавляли пеногасители ЭО-ПО-ПДМС и оценивали их по сравнению с контрольными образцами. В ходе экспериментов визуально наблюдали физическое состояние растворов, расслоение фаз и пенообразование, а также регистрировали показатели, характерные для технологического процесса. При проведении испытаний особое внимание уделялось влиянию температуры в лабораторных условиях. Растворы ДЭА нагревали поэтапно в соответствии с технологическим процессом. Затем была оценена стабильность пеногасителей на основе ЭО-ПО-ПДМС при высоких температурах. Было установлено, что при высоких температурах не наблюдалось существенных изменений физического состояния реагентов, что указывает на их термическую стабильность.

Результаты лабораторных испытаний подтвердили, что пеногасители на основе ЭО-ПО-ПДМС эффективно подавляют образование пены, не оказывают негативного влияния на качественные показатели растворов аминов и стабильно работают при высоких температурах. Полученные результаты послужили научной основой для рекомендации этих составов для промышленного тестирования на следующем этапе (таблица 1).

Таблица 1

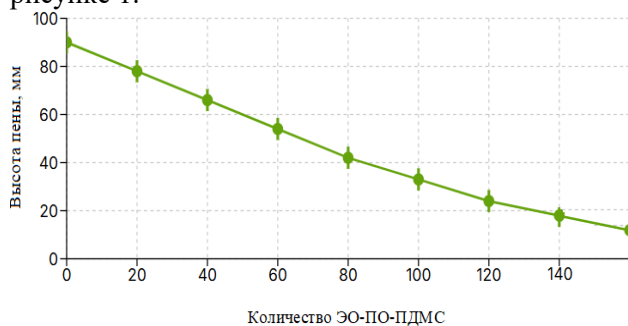
## Результаты испытаний пеногасящих реагентов на основе ЭО-ПО-ПДМС

| № | Объект исследования               | ЭО-ПО-ПДМС, ppm | Температура, °C | Высота пены, мм | Время гашения пены, с | Состояние раствора    | Примечания                                 |
|---|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------------|-----------------------|--|
| 1 | Раствор ДЭА (контрольный образец) | 0               | 40              | 95              | 180                   | Стабильная пена       | Образовалась интенсивность пенообразования |
| 2 | Раствор ДЭА                       | 50              | 40              | 60              | 90                    | Осталось немного пены | Наблюдалось уменьшение пены                |
| 3 | Раствор ДЭА                       | 100             | 40              | 25              | 35                    | Пена быстро исчезла   | Высокая эффективность                      |
| 4 | Раствор ДЭА                       | 150             | 40              | 10              | 15                    | Полностью исчезла     | Оптимальная доза                           |
| 5 | Раствор ДЭА                       | 100             | 60              | 30              | 40                    | Стабильная пена       | Устойчивый к температуре                   |
| 6 | Насыщенный ДЭА                    | 100             | 60              | 35              | 45                    | Стабильная пена       | Близкий к промышленным условиям            |
| 7 | Регенированный ДЭА                | 100             | 60              | 20              | 30                    | Стабильная пена       | Пена полностью исчезла                     |

Эксперименты, проведенные в лабораторных условиях ШГХК, позволили всесторонне оценить эффективность пеногасителей на основе ЭО-ПО-ПДМС в

растворах диэтанолamina (ДЭА). Результаты, представленные в таблице 1 и их графическое отображение, показывают, что процесс образования пены существенно зависит от

количества реагента. Контрольный образец имеет большую высоту пены, что подтверждает, что длительное сохранение пены может негативно влиять на эксплуатационные свойства аминного раствора. Это также видно на рисунке 1.



**Рис. 1. Зависимость высоты пены от количества ЭО-ПО-ПДМС**

При добавлении реагента ЭО-ПО-ПДМС в аминный раствор наблюдалось постепенное уменьшение высоты пены. В частности, быстрое разложение пены и ее кратковременное исчезновение при средних и высоких концентрациях указывают на высокие поверхностно-активные свойства реагента. Как видно на графике, высота пены резко уменьшается с увеличением количества

реагента, подтверждая, что композиция ЭО-ПО-ПДМС способен разрушать пенную пленку и эффективно действовать на границе раздела фаз газ-жидкость.

Кроме того, в ходе экспериментальных исследований не наблюдалось негативных изменений физического состояния растворов, расслоения фаз или мутности. Это свидетельствует о хорошей совместимости композиций ЭО-ПО-ПДМС с растворами диэтанолamina и отсутствии негативного влияния на технологический процесс.

**Заключение.** Полученные результаты подтверждают стабильную работу реагента в лабораторных условиях и наличие научной основы для дальнейших промышленных испытаний. В результате проведенных исследований было установлено, что пеногасящие реагенты на основе ЭО-ПО-ПДМС обладают высокой эффективностью в растворах диэтанолamina. Табличные и графические данные показывают, что с увеличением количества реагента высота пены и время ее хранения значительно уменьшаются. Это научно подтверждает эффективное подавление механизма пенообразования композицией ЭО-ПО-ПДМС.

#### ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Рябова Т.С., Чемодуров П.А. Очистка природного газа от сероводорода. М.:ВНМИГазпром, 1975. -40 с.
2. Г.Э.Эшдавлатова. Определение количества сероводорода в алканолamine при очистке природного газа от кислых компонентов. Universum: Технические науки. Выпуск: 10(139). Октябрь 2025. Часть 8. 30-27 с. Москва.
3. Ильина Е.Н., Клямер С.Д. Извлечение сероводорода и углекислоты из природного газа и производство элементарной серы. М.:БНИИЭ Газпром,1969.-86 с.3» NG/LNG/SNG Rectisol Haudbook. Hydrocarbon Processing, 1973, vol. 52, 4, p.98.
4. Королев Н.Д. Влияние пенообразования на эффективность аминовой очистки газа / Обз. информ. Сер.: Эксплуатация ГПЗ. – М.: ИРЦ Газпром, 2015. – 46 с.
5. Жданова Н.В., Халиф А.Л. Осушка углеводородных газов / - М.: Химия, 1984. 189 с.
6. Поляков С.В., Михайлов И.А., Захаров Д.В. Аминовая очистка газа: теория, практика, проблемы эксплуатации. – М.: Химия, 2016. – 296 с.
7. Г.Э.Эшдавлатова, Л.С.Камолов. Описание измерений интенсивности пенообразования при аминной очистке природных газов от кислых компонентов. Композиционные материалы. Узбекский Научно-технический и производственный журнал. №3/2024. 172-174 с.
8. Чудиевич Д.А. Совершенствование технологии пеногашения на установках аминовой сероочистки углеводородных газов: дис. канд. техн. наук: 05.07.07 / Чудиевич Дария Алексеевна. – Астрахань, 2000. – 164 с.
9. Эшдавлатова Г.Э., Камалов Л.С., Достижение высокой селективности при аминовой очистке природных газов // QarDU xabarlari. Ipmiy-nazariy, uslubiy jurnal. 2024 1/2. 95-100 с.
10. Казенин Д.А., Вязьмин А.В., Полянин А.Д. Пены как специфические газожидкостные технологические среды // Теоретические основы химической технологии. -2000. Т. 34, № 3. – с. 237.
11. Эшдавлатова Г.Э., Камалов Л.С. Определение количества углекислого газа в различных единицах в аминных растворах. Universum: Технические науки. Выпуск: 10(127). Октябрь 2024. Часть 4. 55-58 с. Москва.
12. Eshdavlatova G.E., Kamolov L.S. Tabiiy gazlarni nordon komponentlardan aminli tozalashda ko'piklanish sabablari va uning intensivligiga ta'sir etuvchi omillar. Фан ва технологиялар тараққиёти илмий – техникавий журнал. 2025/1. 61-64 б. Buxoro.

|  |    |
|--|----|
| <b>Шернаев А.Н, Негматов С.С., Усенова Г.С., Гулямов Г.</b> Методология исследования структуры и триботехнических характеристик антифрикционных древесно-полимерных композитов ..... | 54 |
| <b>Xusanov N.A., Rajerova M.</b> Kesuvchi materiallarga vakuumda CVD va PVD usulida qoplama qoplash texnologiyasi .....  | 56 |
| <b>Berdiyev Sh.A., Cho‘lliyev Z.F., Hamdamov D.H.</b> Detallarni azotlash so‘ngra oksidlash bilan kompozit nitrid-oksidi qoplamalarini olish usuli .....                             | 58 |
| <b>Mardanova Y.O’., Kamalova D.I., Abed N.S.</b> Yarim elektr o‘tkazuvchi kompozitsion polimer materiallarning elektr o‘tkazuvchanlikning xossalari tadqiq etish .....               | 60 |
| <b>Раззоков Х.Қ., Амонов М.Р.</b> Табиий сапропел минералини механик майдаланиш даражасининг поралар умумий ҳажми ўзгаришига таъсири .....   | 63 |

### 3. Разработка и технология получения композиционных материалов

|  |    |
|--|----|
| <b>Косимов Ш.Б., Абед Н.С., Негматов Ж.Н.</b> Исследование и разработка технологии получения композиционных полипропиленовых материалов и колковых деталей из них для применения в рабочих органах хлопкоперерабатывающих машин и механизмов .....   | 65 |
| <b>Номозов С.С., Негматов С.С., Негматова К.С., Икрамова М.Э., Абед Н.С., Рахимов Х.Ю., Жовлиев Ш.Х., Абдуганиев А.И.</b> Разработка научно-методических принципов и инновационной технологии получения композиционных химических ингибиторов на основе местного сырья и отходов производств.. | 68 |
| <b>Inog‘omov S.Y., Asrorov U.A.</b> Natriy–karboksimetiltellyuloza va poliakrilamid asosida interpolimer kompleksini olinish texnologiyasi .....   | 70 |
| <b>Бердиев Ш.И., Эркабаев Ф.И., Абдулакимов И.Ф., Шокиров А.П., Эсанбаев Ф.И.</b> Получение Н-пермутита .....  | 73 |
| <b>Талипов Н.Х., Панжиев О.Х., Салимова С.А., Абед Н.С., Икрамова М.Э.</b> Разработка технологии получения тампонажных композиционных материалов на основе местного сырья и отходов производств, и растворов из них .....  | 76 |
| <b>Хамдамова Ч.Х., Очилов Э.А., Сайфиева П.О., Бекпулатов Х.О., Абед Н.С.</b> Способы переработки золы от сжигания энергетических углей и перспективы комплексного использования золошлаковых отходов Ангренской ТЭС .....   | 77 |
| <b>Xasanova S.X., Shamanov Sh.X.</b> Birlamchi va ikkilamchi polietilentereftalat asosida olingan kompozitsion kalavani bo‘yash jarayonini tadqiq etish .....  | 80 |
| <b>Эшдавлатова Г.Э., Исмаилова Х.Дж.</b> Эффективность работы пеногасителей на основе ЭО-ПО-ПДМС в растворах диэтанолamina .....   | 82 |
| <b>Негматов С.С., Эрниева Н.Б., Негматов Ж.Н., Негматова К.С., Бозоров Д., Курбонов У.М., Абед Н.С., Икрамова М.Э., Бозоров А.Н., Раупова Д.Н.</b> О развитии металлургической промышленности в области извлечения цветных, благородных и редких металлов .....                                | 86 |
| <b>Нурназарова Г.У., Тухтаев Ф.С., Негматова К.С., Уктамова Ф.А., Уктамова З.А.</b> Исследование изотермических закономерностей адсорбционного процесса в композиционных сорбентах .....   | 91 |
| <b>Умиров Ф.Э., Шодиева М.С., Номозова Г.Р.</b> Получение дефолианта на основе хлората магния, содержащего поверхностно-активные вещества .....  | 94 |
| <b>Джумаева М.С.</b> Физико-химические основы крашения хлопчатобумажной тканей растворами металлокомплексными соединениями .....   | 96 |
| <b>Qoraboyeva N.M., Gafurova D.A., Qurbonov H.G., Ikramova S.M., Rustamov M.K.</b> Xlorlangan polivinilxlorid asosida anionitning olinishi .....   | 99 |

### 4. Прикладные, экономические и экологические аспекты применения композиционных материалов

|  |     |
|--|-----|
| <b>Номозов С.С., Негматов С.С., Негматова К.С., Икрамова М.Э., Абед Н.С., Рахимов Х.Ю., Жовлиев Ш.Х., Абдуганиев А.И.</b> Исследование физико-химических свойств органоминеральных ингредиентов на основе местного сырья и отходов производств и разработка эффективных составов композиционных ингибиторов, применяемых для защиты от коррозии рабочих органов испытательных машин и механизмов, используемых в процессе оценки эффективности нефтегазовых скважин..... | 104 |
|--|-----|