

УДК 678.026

DOI. 10.37878/2708–0080/2020.007

АНТИКОРРОЗИОННЫЕ ПОКРЫТИЯ ДЛЯ НЕФТЕПРОВОДОВ



К.С. НАДИРОВ¹,
доктор химических наук, профессор
кафедры «Нефтегазовое дело»



А.А. ЕСЕНТАЕВА¹,
докторант кафедры
«Нефтепереработка и нефтехимия»



Г.Ж. БИМБЕТОВА¹,
кандидат технических наук, профессор
кафедры «Нефтегазовое дело»



М.К. ЖАНТАСОВ¹,
кандидат технических наук, профессор
кафедры «Нефтегазовое дело»

Р.К. НАДИРОВ², кандидат химических наук, профессор кафедры
«Общая и неорганическая химия»

¹Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауэзова,
Республика Казахстан, 160012, г. Шымкент, пр-т Тауке хана, 5

*Автор для переписки. E-mail: nadirovkazim@mail.ru

² Казахский Национальный университет им. аль-Фараби,
Республика Казахстан, 050040, г. Алматы, пр-т аль-Фараби, 71

Изучены антикоррозионные покрытия, полученные на основе местного сырья, в частности, хлопкового соапстока, минеральных и растительных наполнителей. Композиции получали смешением в лабораторном многофункциональном экструдере.

Исследована адгезия полученного антикоррозионного покрытия, установлено, что антикоррозионные свойства полученного состава повышаются при увеличении концентрации сзвилена (до 15%), растительного наполнителя (до 30–35%), технического углерода (до 8–10 %) и соапстока (до 20%). Изучена морфология полученного композита с добавлением наполнителей. После температурной модификации структура исходной композиции претерпевает изменения, уменьшается диаметр волокон растительного наполнителя.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *экструзия, соапсток, коррозия, состав, трубопровод, винилацетат, компатибилизатор, гузапая, полиэтилентерефталат.*

МҰНАЙ ҚҰБЫРЛАРЫНА АРНАЛҒАН КОРРОЗИЯҒА ҚАРСЫ ЖАБЫНДАР

К.С. НАДИРОВ¹, химия ғылымдарының докторы, «Мұнай-газ ісі» кафедрасының профессоры»

А.А. ЕСЕНТАЕВА¹, «Мұнай өңдеу және мұнай химиясы» кафедрасының докторанты

Г. Ж. БИМБЕТОВА¹, техника ғылымдарының кандидаты, «Мұнай-газ ісі» кафедрасының профессоры»

М.К. ЖАНТАСОВ¹, техника ғылымдарының кандидаты, «Мұнай-газ ісі» кафедрасының профессоры

Р.К. НАДИРОВ², химия ғылымдарының кандидаты, «Жалпы және бейорганикалық химия» кафедрасының профессоры

¹М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан мемлекеттік университеті,
Қазақстан Республикасы, 160012, Шымкент қ., Тәуке хан даңғылы, 5

²Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті,
Қазақстан Республикасы, 050040, Алматы қ., Әл-Фараби даңғылы, 71

Жергілікті шикізат негізіндегі, атап айтқанда мақта соапстогі, минералды және өсімдік толтырғыштарымен алынған коррозияға қарсы жабындар зерттелді. Композицияларды зертханалық көпфункционалды экструде араластыру арқылы алдық.

Алынған коррозияға қарсы жабынның адгезиясы зерттелді, алынған құрамның коррозияға қарсы қасиеттері сзвилен (15% – ға дейін), өсімдік толтырғыш (30–35% – ға дейін), техникалық көміртек (8–10% – ға дейін) және соапсток (20% – ға дейін) концентрациясы ұлғайған кезде жоғарылайды. Толықтырғыштарды қосу арқылы алынған композиттің морфологиясы зерттелді. Температуралық түрлендіруден кейін бастапқы композицияның құрылымы өзгерістерге ұшырайды, өсімдік толтырғыш талшықтарының диаметрі азаяды.

НЕГІЗГІ СӨЗДЕР: *экструзия, соапсток, коррозия, құрам, құбыр, винилацетат, компатибилизатор, қозапая, полиэтилентерефталат.*

ANTI-CORROSION COATINGS FOR OIL PIPELINES

K. S. NADIROV¹, doct. chem. sciences, professor of the department of «Oil and gas business»

A.A. YESSENTAYEVA¹, doctoral student of the department of «Petroprocessing and petrochemistry»

G. Zh. BIMBETOVA¹, cand. techn. sciences, professor of the department of «Oil and gas business»

M. K. ZHANTASOV¹, cand. techn. sciences, professor of the department of «Oil and gas business»
R. K. NADIROV², cand. chem. sciences, professor of the department of «General and inorganic chemistry»

¹M. Auezov South Kazakhstan State University,
 Tauke Khan Avenue, 5 Shymkent, 160012, Republic of Kazakhstan

²Al-Farabi Kazakh National University,
 Republic of Kazakhstan, 050040, Almaty, Al-Farabi Avenue, 71

The anti-corrosion coatings obtained on the basis of local raw materials, in particular, cotton soap stock, mineral and vegetable fillers, were studied. The compositions were prepared by mixing in a laboratory multifunctional extruder.

The adhesion of the obtained anticorrosion coating was investigated; it was found that the anticorrosive properties of the obtained composition increase with increasing concentrations of sevilen (up to 15%), plant filler (up to 30–35%), carbon black (up to 8–10%) and soapstock (up to 20%). The morphology of the obtained composite with the addition of fillers was investigated. After temperature modification, the structure of the initial composition undergoes changes, the diameter of the fibers of the vegetable filler decreases.

KEY WORDS: extrusion, soapstock, corrosion, composition, pipeline, vinyl acetate, compatibilizer, guzapaya, polyethylene terephthalate.

Известно, что убытки, наносимые ежегодно трубопроводному транспорту углеводородов коррозией, значимы [1–3]. Во всех промышленно-развитых странах они составляют 5–10% от национального дохода страны. Основные потери от коррозии – преждевременный выход из строя металлоконструкций, стоимость изготовления которых значительно больше стоимости использованного металла. Не менее важной и затратной является проведение комплекса мероприятий по борьбе с коррозией. Для обеспечения долговечности и безаварийности работы трубопроводов разработана и внедрена система их противокоррозионной защиты [4]. Как показывает анализ состояния имеющихся трубопроводов, одной из главных проблем трубопроводов для транспортирования нефти является относительно небольшой срок службы используемых изоляционных материалов по сравнению со сроком службы трубопровода. Несмотря на значительные усилия ученых в борьбе с коррозией, разработка эффективных способов защиты действующих магистральных трубопроводов от коррозионного разрушения до сих пор остается одной из главных задач трубопроводного транспорта [5, 6].

В настоящее время интенсивность инновационной деятельности во многом отражается на уровне экономического развития: в глобальной конкуренции выигрывают те страны, которые обеспечивают благоприятные условия для инноваций.

С наиболее инновационной точки зрения надежности является изоляция труб, представляющая собой двухслойные или трехслойные полимерные конструкции на основе полиолефинов и полиэпоксидов. Имеющиеся отечественные материалы для производства антикоррозионных защитных материалов до настоящего времени все еще не получили широкого распространения при защите от коррозии ответственных

трубопроводов. Одним из путей решения этой задачи является разработка новых материалов антикоррозионного назначения на базе отечественного сырья [7–9].

Основная проблема, возникающая при попытке повышения механических характеристик полиолефинов введением наполнителей, связана с необходимостью обеспечения передачи усилия от полимерной матрицы к внедренным в нее частицам наполнителя. Для достижения этого эффекта частицы наполнителя должны равномерно распределиться в полимерной матрице. Не все наполнители позволяют получить достаточно однородную систему с равномерным распределением частиц в материале. Для этого нужна специальная обработка для улучшения совместимости частиц наполнителей с полимером и их равномерного распределения по всей матрице [10].

В данной работе введение компаундирующих материалов осуществлялось в состав измельченного пластика – полиэтилентерефталата (ПЭТ), который накапливается в больших объемах в составе твердых бытовых отходов. Введение компаундирующих материалов в состав измельченного пластика необходимо для улучшения его свойств: ударной вязкости, теплостойкости, модуля упругости, прочности, увеличения сопротивления образованию поверхностных трещин. В качестве наиболее эффективного компатибилизатора был использован сополимер этилена с винилацетатом (сэвилен) марки 11104–030 [11, 12].

В составе антикоррозионного состава были использованы наполнители: гузая, технический углерод, оксид алюминия, а также вяжущая добавка – хлопковый soapstock, остальное – измельченный пластик (полиэтилентерефталат).

Полиэтилентерефталат (ПЭТ), наиболее распространенный представитель класса полиэфиров, известен под разными фирменными названиями. Продукт поликонденсации этиленгликоля с терефталевой кислотой; твердое, бесцветное, прозрачное вещество в аморфном состоянии и белое, непрозрачное в кристаллическом состоянии [13]. Следует отметить, что утилизация ПЭТ–продукции, т. е. пластиковой тары также связана с серьезными затратами, так как накопление этого материала приводит к загрязнению окружающей среды. Использованный пластик не разрушается полностью, а распадается на миниатюрные сегменты, которые попадают к обитателям морей и океанов. Нами был использован пластик измельченный ПЭТ как наполнитель для получения состава композиционного покрытия.

Хлопковый soapstock – побочный продукт щелочной рафинации масла хлопчатника, который содержит в своем составе от 30 до 60% глицеридов, свободных жирных кислот, в том числе госсипол и его производные. Цвет от темно-коричневого до темно-желтого с сероватым оттенком, консистенция при температуре 20°C от жидкой до мазеобразной. Часть вырабатываемого soapstock осветляется путем разложения жиров с последующей вакуумной дистилляцией полученных сырых жирных кислот. Однако чаще перерабатывающие масло предприятия отгружают soapstock в сыром виде, при этом возникают заметные экологические проблемы [14, 15].

Технический углерод (сажа) – высокодисперсный продукт неполного сгорания углеводородов, главным образом состоящий из углерода (более 90%). Средний диаметр частиц (сферической формы) 10–40 нм, плотность 1,80–1,95 г/см³. Применяется в качестве наполнителя резин и пластмасс [16, 17].

С целью рецептурной модификации исходной смеси композита полимерные композиции были получены смешением в расплаве в лабораторном многофункциональном экструдере.

Производительность зоны питания экструдера зависит от свободного объема между двумя витками и от равномерности подачи материала. В экструдере происходят процессы: захват материала и предварительный разогрев; пластификация (разогрев и агломерация); дегазация расплава; полное расплавление; гомогенизация и выталкивание массы.

Таким образом, в экструдере эффективно осуществляются процессы сдвига, вальцевания и перетирания материала.

После смешения всех компонентов в лабораторном экструдере и остывания композита образцы полученного материала измельчали с помощью ножевой мельницы. Измельченный материал подвергали прессованию с помощью ручного гидравлического пресса с электронным блоком для нагрева плит. Прессование проводили при температуре 150°C и нагрузке 7 кН в течение 3 мин с быстрым охлаждением. В результате были получены пленочные образцы круглой формы диаметром 10 см, толщиной около 100 мкм.

Влияние различных наполнителей на теплофизические свойства полиэтиленовой матрицы оценивали методом дифференциальной сканирующей калориметрии.

Результаты и обсуждение. Для изучения процессов, связанных с физическими переходами, образцы подвергались плавлению. Пленочные образцы были получены методом термопрессования с быстрым охлаждением. При быстром охлаждении преимущественно образуются мелкие кристаллиты. В связи с этим, после первого плавления в материалах при медленном охлаждении образовались более крупные и совершенные кристаллиты, температура плавления которых выше, чем у мелких кристаллитов. Полученные данные свидетельствуют о том, что используемые наполнители оказывают определенное влияние на процесс кристаллизации. По-видимому, вводимые наполнители выступают в качестве зародышей кристаллизации, поэтому степень кристалличности материалов с наполнителями выше, чем у чистого полимера, при этом наблюдается прямо пропорциональная зависимость между концентрацией наполнителя и измеряемым параметром. При увеличении концентрации растительного наполнителя выше 20 масс.%, установленные зависимости сохраняются, однако пластичность полученного материала и его прочность значительно снижаются. Установлено, что степень кристалличности наполненных композитов различна, что обусловлено различной степенью дисперсности растительных наполнителей.

На основании полученных результатов был предложен эффективный состав полимерных композиций, масс. %: сэвилен (СЭВА); соапсток; гузапая; технический углерод; ПЭТ измельченный – остальное.

Идентификация продуктов рецептурной модификации ПЭТ проводилась с помощью ИК-спектроскопии на приборе ИК-Фурье-спектрометре ShimadzuIRPrestige-21 в интервале волновых чисел 4000–500 см⁻¹, с приставкой нарушенного полного внутреннего отражения (НПВО) Miracle фирмы *PikeTechnologies*.

ИК-спектры хлопкового мыла после нейтрализации 5%-ным раствором серной кислоты представлены на *рисунке 1*.

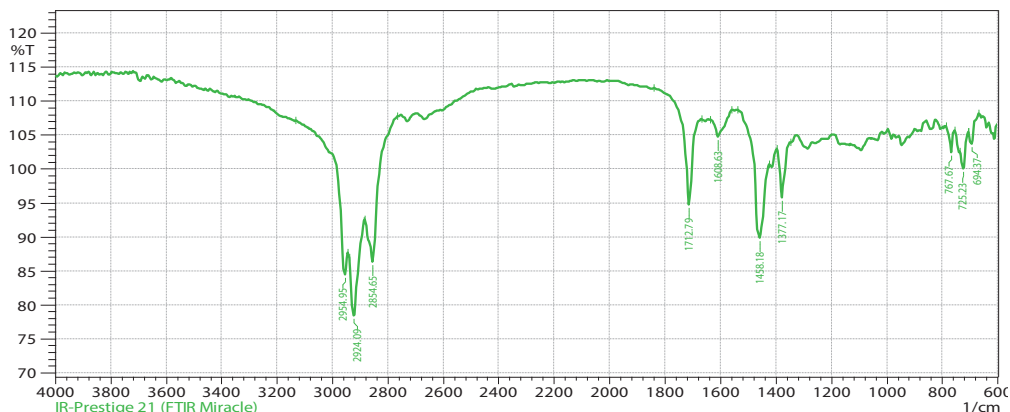


Рисунок 1 – ИК-спектры нейтрализованного мыла

В ИК-спектрах хлопкового мыла наблюдаются интенсивные полосы поглощения в интервале частот 2800–3000 см⁻¹, которые можно отнести к валентным (ν) колебаниям С–Н связи в группе CH₃ (2954 см⁻¹) и CH₂-групп (2924 и 2854 см⁻¹). Эти группы присутствуют, главным образом, в молекулах госсипола и его производных, а также свободных жирных кислот.

В ИК-спектре полученного композиционного состава (*рисунке 2*) при температуре 180°C деформационным (δ) колебаниям С–Н связей этих групп соответствуют полосы с максимумами при 1454 см⁻¹ ($\delta_{\text{ассим.}} \text{CH}_3$), а также 1373 см⁻¹ ($\delta_{\text{симм.}} \text{CH}_3$ и CH₂). Пик в области 1725–1705 см⁻¹, который относится к жирной кислоте, у кото-

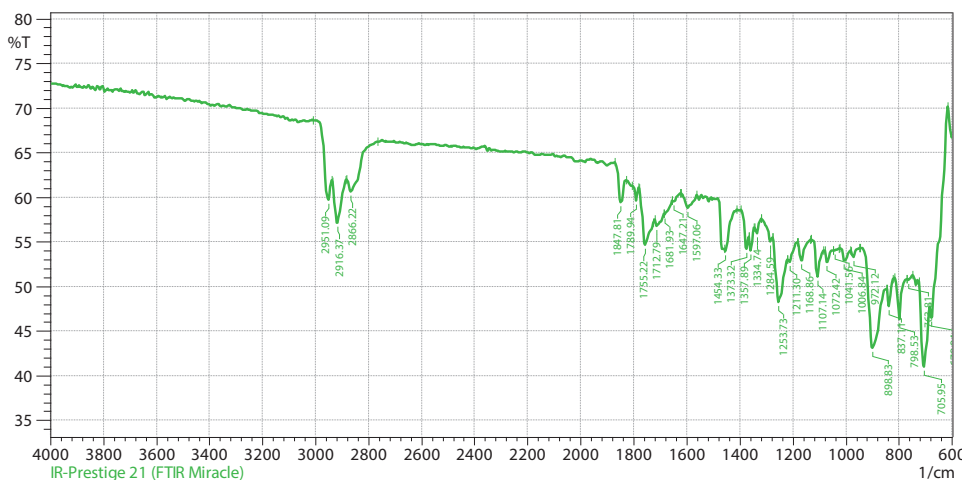


Рисунок 2 – ИК-спектр композиционного состава, полученного в лабораторном экструдере

рой двойная связь находится не в α и β положениях, значительно уменьшается в образце продукта синтеза. Увеличение интенсивности поглощения с 78 до 54% в области полос 1300–2800 см^{-1} , принадлежащих нафталиновым ядрам госсипола и его производных свидетельствуют о частичной конверсии его в данной смеси. В результате термической обработки компонентов в целом наблюдается изменение интенсивности в интервале полос поглощения от 700 до 1750 см^{-1} . Заметно, что в модифицированном продукте появляются дополнительные пики при 1800–1900 см^{-1} .

Далее был изучен процесс термического окисления композитов с наполнителями и соапстоком в твердом состоянии, т. е., при температуре ниже температуры плавления полиэтилентерефталата. Исследование кинетики окисления проводили при 110°C и давлении кислорода 500 мм рт. ст. на манометрической установке с поглощением летучих продуктов окисления гидроксидом калия [18]. Установлено, что на процесс окисления оказывает влияние концентрация наполнителя в смеси композиции. Полученные результаты по окислению в твердой фазе (рисунки 3) свидетельствуют о том, что чем меньше плотность наполнителя, тем интенсивнее происходит окисление композиций. Судя по всему, скорость и интенсивность окисления связана со структурой композита, рыхлый наполнитель приводит к лучшей проницаемости материала, что вызывает увеличение скорости окислительной деструкции. Большие значения концентрации наполнителя способствуют увеличению скорости окислительной деструкции. Отсюда можно сделать вывод о том, что при окислении в жидкой фазе скорость процесса определяется химическим составом композиций, а при твердофазном окислении основную роль играет морфология (структура) всех исследованных материалов.

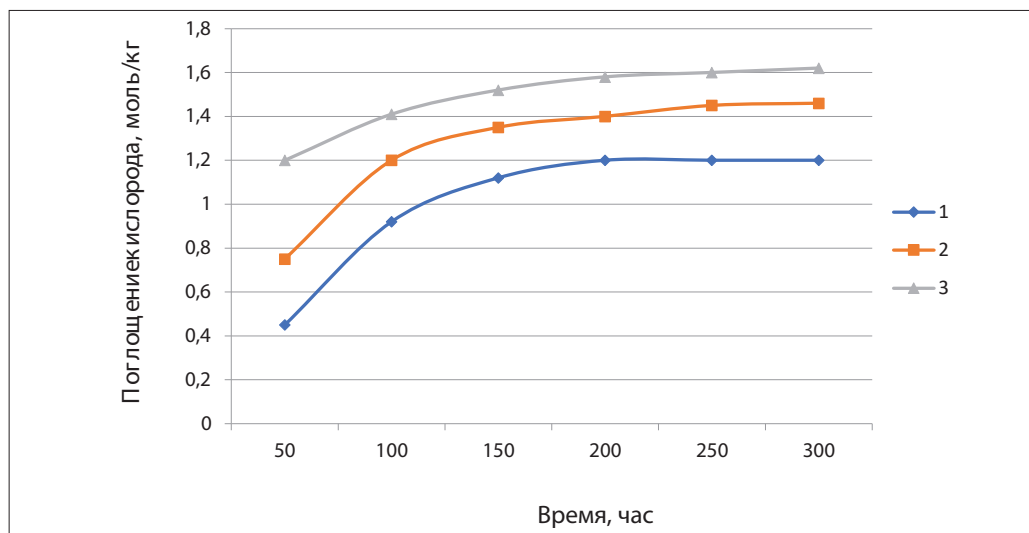


Рисунок 3 – Зависимость скорости окисления композитов при температуре 110°C и давлении кислорода 500 мм рт. ст. в зависимости от содержания растительного наполнителя. Состав композита, масс. %: сэвилен – 8; соапсток – 20; ПЭТ измельченный – остальное. Содержание растительного наполнителя (гузапая), масс. %: 1 – 15; 2 – 25; 3 – 35.

Полученные зависимости незначительно меняются при введении сэвилена, термическая устойчивость композита незначительно повышается при введении наполнителей. В тоже время термогравиметрический анализ чистых наполнителей свидетельствует об их меньшей устойчивости к повышенной температуре и уже при температуре выше 400°C они практически полностью разлагаются. Можно утверждать, что в составе полиэтиленового композита происходит повышение термоустойчивости за счет образования новых прочных связей и изменения структуры материала в целом, причем при отсутствии в составе композита соапстока этот эффект не наблюдается.

Как видно, из данных *рисунка 4*, с повышением концентрации наполнителей теплостойкость композита по Вика повышается. Известно, что теплостойкость зависит от гибкости цепи полимера, очевидно, что при введении мелкодисперсных частиц наполнителя в полиэтиленовую матрицу гибкость цепи макромолекул полимера уменьшается, что приводит к повышению теплостойкости композитов. Повышение теплостойкости полимеров при введении наполнителей обусловлено также тем, что добавки являются достаточно устойчивыми к указанным температурам. Заметное влияние на теплостойкость, оказывает природа минерального наполнителя. Растительный наполнитель – гузапая (*кривая 3*), повышает теплостойкость, а затем, при значениях более 40% происходит заметное снижение теплостойкости, что связано, по мнению авторов, с изменениями, происходящими в структуре наполнителя при температурах более 140°C. Технический углерод повышает этот показатель на 17–21% (*2*), оксид алюминия – только на 5–7% (*1*).

Исследована адгезия для систем типа «наполнители–сэвилен–соапсток» в разных сочетаниях и вариациях. Полученные данные свидетельствуют о повышении адгезии при увеличении концентрации сэвилена до 15%. Увеличение концентрации

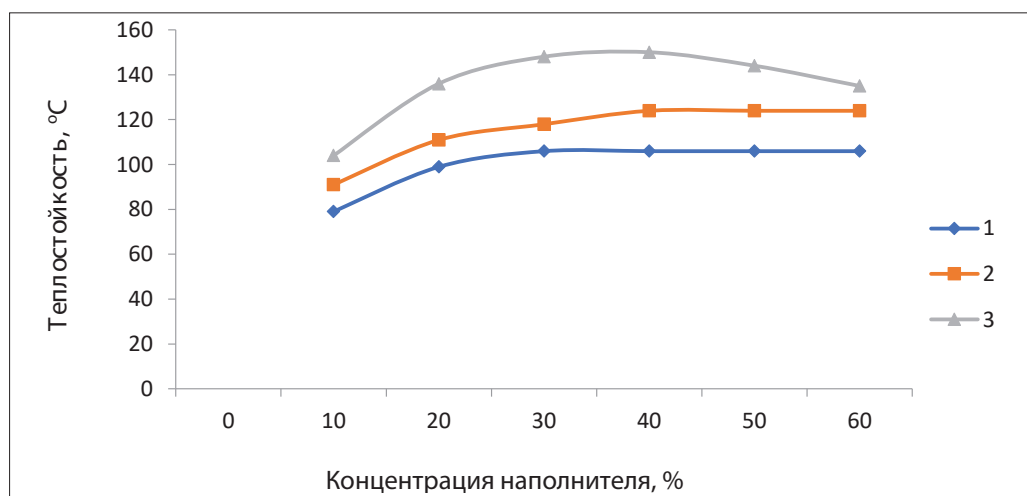


Рисунок 4 – Влияние концентрации наполнителей на теплостойкость композитов состава. Состав композита, масс. %: сэвилен (СЭВА) – 8–12; соапсток – 15–20; ПЭТ измельченный – остальное: 1 – оксид алюминия; 2 – технический углерод; 3 – гузапая

растительного наполнителя также повышает адгезию, но только до содержания наполнителя в 30–35%. Технический углерод вызывает повышение адгезии при концентрации 8–10 масс.%. Добавка соапстока дополнительно повышает адгезию на 10–15%. Как было показано выше, изменение количества наполнителей, компатибилизатора и стабилизатора приводит к изменению характера межмолекулярных взаимодействий. В исследованных системах наблюдаются зоны внутренней пластификации, связанные с изменением объема узлов структурной решетки, и внешней пластификации, непосредственно связанной с увеличением расстояния между узлами (таблица 1).

Таблица 1 – Влияние состава композиции на величину адгезии к стали

Состав композиции					Адгезия, Н/м ²		
Содержание компонента, масс.%							
Наполнитель			Сэвилен	Соапсток			
ПЭТ	Гузапая	Технический углерод					
+	–		–	–	1427		
+	–	–	2	–	1496		
+			4	–	1546		
+			8	–	1880		
+			12	–	1890		
+			15	–	1985		
+			10	–	8	–	1809
+	20	–	1895				
+	30	–	1904				
+	40	–	1900				
+	50	–	1678				
+	35	1	1909				
+		5	1935				
+		10	1940				
+		15	2014				
+		20	2020				
+	35	5	8			20	1950
+		8					2242
+		10					2135

Было определено, что плотность композиционных материалов составляет около 1,02–1,11 г/см³ в зависимости от вида наполнителя, что выше плотности чистого полиэтилена (0,95 г/см³). Очевидно, данный эффект объясняется более компактной структурой аморфной фазы композита, включающей наполнитель. Введение СЭВА в композицию существенного влияния на плотность не оказывает.

На рисунке 5 представлена морфология полученного композита с добавлением минерального и растительного наполнителя: исходной смеси (1) и после температурной модификации (2). После температурной модификации структура исходной композиции претерпевает изменения, волокна, принадлежащие растительному наполнителю (гузапая) становятся значительно меньше.

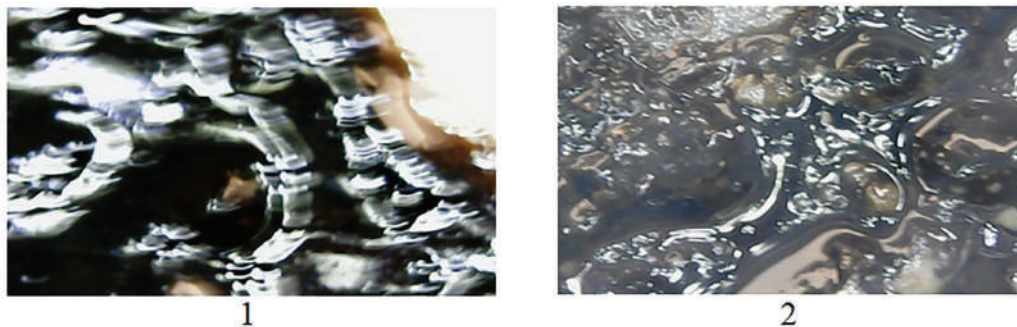


Рисунок 5 – Морфология полученного композита с добавлением минерального и растительного наполнителя: 1 – исходной смеси; 2 – после модификации

Таким образом, была разработана технология получения нового композиционного материала для защиты от коррозии нефтепроводов (масс.%): сэвилен (СЭВА) – 8–12; соапсток – 15–20; гузапая – 30–35; технический углерод – 8–10; остальное ПЭТ измельченный. Антикоррозийная эффективность подобранного композиционного состава будет дана в следующем сообщении. 📌

REFERENCES

- [1] Бородавкин П.П. *Подземные магистральные трубопроводы*. Москва: Недра; 1998. 84 с. [Borodavkin P.P. *Underground main pipelines*. Moscow: Nedra; 1998. (In Russ.)].
- [2] Кутуков С.Е. *Информационно-аналитические системы магистральных трубопроводов*. Москва: СИП РИА; 2002. 324 с. [Kutukov S.E. *Underground main pipelines*. Moscow: Nedra; 1998. (In Russ.)].
- [3] Коршак А.А., Махмотов Е.С. *Магистральные трубопроводы*. Уфа: ДизайнПолиграфСервис; 2008. 448 с. [Korshak A.A., Makhmotov E.S. *Main pipeline*. Ufa: Dizajn Poligraf Servis; 2008. (In Russ.)].
- [4] Yermakov A.V. [Actual problems of anticorrosive protection in industry]. *Materialy 6 mezhdunaradoj konferencii «Antikorrozionnaya zashchita – 2015»* [Materials of the sixth inter- Industry conference «Anti-corrosion protection–2015»]. Moscow, 2015, p. 70 (In Russian.)
- [5] Конев А.В., Маркова Л.М., Иванов В.А., Новоселов В.В. и др. *Противокоррозионная защита магистральных трубопроводов и промысловых объектов*. Тюмень: ТюмГНГУ; 2003. 211 с. [Konev A.V., Markova L.M., Ivanov V.A., Novoselov V.V. and others. *Anticorrosive protection of main pipelines and field facilities*. Tyumen: TyumGNGU; 2003. (In Russ.)].
- [6] Vereshchagin T.S. [Corrosion protection of the tank farm and oil and gas equipment]. *Mezhdunarodnaya vystavka-kongress tekhnologij, oborudovaniya i materialov antikorroziionnoj zashchity «Zashchita ot korrozii – 2015»*. [International Exhibition and Congress of technologies, equipment and materials for corrosion protection. “Corrosion Protection 2015”]. Sankt Peterburg, 2015. (In Russian)
- [7] Протасов В.Н. О полимерных покрытиях как перспективном направлении повышения эффективности, надежности, безопасности и технологичности разнообразных элементов нефтегазового оборудования. *Коррозия территории «Нефтегаз»*.

- 2015;1(30):69–78. [Protasov V.N. On polymer coatings as a promising direction for increasing the efficiency, reliability, safety and manufacturability of various elements of oil and gas equipment. *Korroziya Territorii "Neftegaz"*. 2015;1(30):69–78. (In Russ.)].
- [8] Liberovskaya O.V. [Ascotec's new anti-corrosion additives for industrial coatings]. Trudy 6 mezhotraslevoj konferencii «Antikorroziionnaya zashchita – 2015» [Materials of the sixth intersectoral conference "Corrosion Protection – 2015"], 2015, p. 70. (In Russian)
- [9] Надиров К.С., Жантасов М.К., Сақыбаев Б.А., Бимбетова Г.Ж., Орынбасаров А.К. Современное состояние антикоррозионных покрытий трубопроводов и оборудования химической промышленности. Шымкент: Алем; 2017. 264 с. [Nadirov K.S., Zhantasov M.K., Sakybayev B.A., Bimbetova G.Zh., Orynbasarov A.K. *Current state of anticorrosion coatings of pipelines and equipment of the chemical industry*. Shymkent: Alem; 2017. (In Russ.)].
- [10] Кахраманлы Ю.Н. *Несовместимые полимерные смеси и композиционные материалы на их основе*. Баку: ЭЛМ; 2013. 152 с. [Kakhramanly Yu.N. *Incompatible polymer mixtures and composite materials based on them*. Baku: ELM; 2013. (In Russ.)].
- [11] Bentiss F., Lagrenee M., Traisnel M., Hornez J. C. The corrosion inhibition of mild steel in acidic media by a new triazole derivative. *Corrosion Science*. 1999;41(4):789–803.
- [12] Чайников Н.А., Беляев П.С., Мозжухин А.Б., Жариков В.В. *Ресурсосберегающие технологии изготовления металлополимерных материалов*. Тамбов: ТГТУ; 2003. 80 с. [Chaynikov N.A., Belyayev P.S., Mozhukhin A.B., Zharikov V.V. *Resource-saving technologies for the manufacture of metal-polymer materials*. Tambov: TGTU; 2003. (In Russ.)].
- [13] Травень В.Ф. *Органическая химия*. М.: Академкнига; 2004. 727 с. [Traven' V.F. *Organic chemistry*. Moscow: Akademkniga; 2004. (In Russ.)].
- [14] Адилов О.К., Джиянбаев С.В., Каршибаев Ш.Э., Кулмурадов Д. И., Самиев Х. Х. Вторичные продукты масложирового производства. *Молодой ученый*. 2015;2:118–121. [Adilov O.K., Dzhiyanbayev S.V., Karshibayev SH.E., Kulmuradov D.I., Samiyev Kh.Kh. Secondary products of oil and fat production. *Molodoy uchenyy*. 2015;2:118–121. (In Russ.)].
- [15] Надиров К.С. *Получение госсипола и его производных при переработке семян и масла хлопчатника*. Шымкент: ЮКГУ им. М. Ауэзова. Алем; 2012. 115 с. [Nadirov K.S. *Obtaining gossypol and its derivatives in the processing of seeds and cottonseed oil*. Shymkent: YUKGU im. M. Auyezova. Alem; 2012. (In Russ.)].
- [16] Попов Г.В., Игуменов Т.И., Клейменова Н.Л., Горячева Т.П., Мещерякова Д.В. Изучение свойств полимерных композиций с использованием фуллеренсодержащего технического углерода. *Вестник Тамбовского государственного технического университета*. 2007;13(4):951–953. [Popov G.V., Igumenov T.I., Kleymenova N.L., Goryacheva T.P., Meshcheryakova D.V. Study of the properties of polymer compositions using fullerene-containing carbon black. *Vestnik Tambovskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*. 2007; 13(4):951–953. (In Russ.)].
- [17] Кнунянц И.Л. *Химический энциклопедический словарь*. М.: Советская энциклопедия; 1983. 792 с. [Knunyants I.L. *Chemical encyclopedic dictionary*. Moscow: Sovetskaya entsiklopediya; 1983. (In Russ.)].
- [18] Pantyukhov P.V. *Osobennosti struktury i biodestruktsiya kompozitsionnykh materialov na osnove polietilena nizkoj plotnosti i rastitel'nykh napolniteley*. Diss. kand. chim. Nauk [Features of the structure and biodegradation of composite materials based on low density polyethylene and vegetable fillers. Cand. chim. sci. diss.]. Moscow, 2013. 25 p.