

Тип статьи: научная

УДК 620.193

DOI: 10.35887/2305-2538-2024-4-136-147

## ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МОДИФИЦИРОВАННЫХ БИТУМНЫХ ПРАЙМЕРОВ ДЛЯ ПРОТИВОКОРРОЗИОННОЙ ЗАЩИТЫ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ И ОБОРУДОВАНИЯ

*Лариса Геннадьевна Князева*<sup>1</sup>, *Николай Алексеевич Курьято*<sup>2</sup>,  
*Андрей Валерьевич Дорохов*<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> *Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве, г. Тамбов, Российская Федерация*

<sup>1</sup> *Тамбовский государственный технический университет, г. Тамбов, Российская Федерация*

<sup>1</sup> *knyazeva27@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3232-2210>*

<sup>2</sup> *cska-sparta@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1319-7370>*

<sup>3</sup> *dorokhov.andryusha@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1778-457X>*

Автор, ответственный за переписку: Лариса Геннадьевна Князева, [knyazeva27@mail.ru](mailto:knyazeva27@mail.ru)  
Corresponding author: Larisa Knyazeva, [knyazeva27@mail.ru](mailto:knyazeva27@mail.ru)

**Реферат.** Составы на основе битумных праймеров могут быть использованы для противокоррозионной защиты сельскохозяйственной техники и оборудования. Были исследованы их физико-химические свойства. Показано, что толщина покрытий, отвечающая за эффективность барьерной защиты, ожидаемо растет с увеличением количества нанесенных слоев покрытия, снижается даже при небольшом увеличении температуры и при увеличении количества растворителя в случае нанесения покрытия окунанием. Увеличение количества растворителя, добавляемого к битумному праймеру с 40 масс. % до 67 масс. % приводит к снижению толщины покрытия в 55 раз. Нанесение кистью позволяет получить более тонкие покрытия, чем полученные при нанесении окунанием. Влагопоглощение у модифицированных БП с 67 масс. % растворителя на 1-2 порядка выше, чем у БП с 40 масс. % уайт-спирита, следовательно, для этих материалов можно ожидать снижение защитной эффективности. Согласно экспериментальным исследованиям, краевые углы смачивания для исходного БП превышают 90°С, что свидетельствует о наличии гидрофобных свойств. Вид и концентрация добавок влияют на краевые углы смачивания. Введение 5 масс. % модифицирующих добавок, парафина П2 и Эмульгина, снижает краевой угол смачивания БП, добавка КО-СЖК, наоборот, его повышает, улучшая гидрофобные свойства. БП с 40 масс. % уайт-спирита, в том числе и с добавками, показывает хорошую адгезию к углеродистой стали 0,8 кп. При 67 масс. % растворителя в присутствии добавок олифы и нерафинированного подсолнечного масла адгезия ухудшается. Вязкостно-температурные зависимости в полулогарифмических координатах для модифицированных БП носят близкий к линейному характер в диапазоне температур 20 -60 °С с высоким показателем достоверности аппроксимации  $R^2 = 0,9543 - 0,9833$ . По физико-химическим свойствам можно предположить высокие противокоррозионные свойства.

**Ключевые слова:** коррозия, битумный праймер, модифицирующие добавки, сталь, влагопоглощение, адгезия, краевые углы смачивания, вязкостно-температурные зависимости.

## PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES OF MODIFIED BITUMEN PRIMERS FOR ANTI-CORROSION PROTECTION OF AGRICULTURAL MACHINERY AND EQUIPMENT

*Larisa Knyazeva*<sup>1</sup>, *Nikolay Kur`yato*<sup>2</sup>, *Andrey Dorokhov*<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> *All-Russian Research Institute for Use machinery and Petroleum products in Agriculture, Tambov, Russian Federation*

<sup>1</sup> *Tambov State University, Tambov, Russian Federation*

<sup>1</sup> *knyazeva27@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3232-2210>*

<sup>2</sup>cska-sparta@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1319-7370>

<sup>3</sup>dorokhov.andryusha@mail.ru <https://orcid.org/0000-0003-1778-457X>

**Abstract.** Compositions based on bitumen primers can be used for anti-corrosion protection of agricultural machinery and equipment. Their physicochemical properties were studied. It has been shown that the thickness of coatings, which is responsible for the effectiveness of barrier protection, increases as expected with an increase in the number of applied coating layers, and decreases even with a slight increase in temperature and with an increase in the amount of solvent in the case of coating by dipping. Increasing the amount of solvent added to the bitumen primer from 40 wt. % up to 67 wt. % leads to a reduction in coating thickness by 55 times. Brush application produces thinner finishes than dip application. Moisture absorption for modified BP with 67 wt. % solvent is 1-2 orders of magnitude higher than that of BP with 40 wt. % white spirit, therefore, a decrease in protective effectiveness can be expected for these materials. According to experimental studies, the contact angles for the original BP exceed 90°C, which indicates the presence of hydrophobic properties. The type and concentration of additives affect the contact angles. Introduction 5 wt. % of modifying additives, paraffin P2 and Emulgin, reduces the contact angle of BP, the addition of KO-SZhK, on the contrary, increases it, improving hydrophobic properties. BP with 40 wt. % white spirit, including those with additives, shows good adhesion to carbon steel 0.8 kp. At 67 wt. % solvent in the presence of drying oil and unrefined sunflower oil additives, adhesion worsens. Viscosity-temperature dependences in semi-logarithmic coordinates for modified BP are close to linear in the temperature range 20 -60 °C with a high approximation reliability index  $R^2 = 0.9543 - 0.9833$ . Based on the physicochemical properties, high anti-corrosion properties can be assumed.

**Keywords:** corrosion, bitumen primer, modifying additives, steel, moisture absorption, adhesion, contact angles, viscosity-temperature dependencies.

**Для цитирования:** Князева Л.Г., Курьято Н.А., Дорохов А.В. Физико-химические свойства модифицированных битумных праймеров для противокоррозионной защиты сельскохозяйственной техники и оборудования // Наука в Центральной России Science in the Central Russia. 2024. Т. 70, № 4. С. 136-147. <https://doi.org/10.35887/2305-2538-2024-4-136-147>.

**For citation:** Knyazeva L., Kur'yato N., Dorokhov A. Physicochemical properties of modified bitumen primers for anticorrosive protection of agricultural machinery and equipment. *Nauka v central'noj Rossii* = Science in the Central Russia: 2024; 70(4): 136-147. (In Russ.) <https://doi.org/10.35887/2305-2538-2024-4-136-147>.

**Введение.** Битумы относятся к одним из наиболее востребованных нефтепродуктов. В 2019 году в России произвели 12,5 млн тонн битумов, что составило от первичной переработки нефти ~3% [1]. За 80% от общего объема производства битумов в нашей стране отвечают компании «Газпром нефть», «Роснефть», и «Лукойл» [2]. Сырьевая база, нормативные требования к битумам в России и за рубежом отличаются [2, 3]. Технологический процесс переработки нефти и ее источник влияют на свойства битума. В России используются преимущественно окисленные битумы, которые получают путём окисления гудрона в специальных аппаратах при продувке воздухом [2, 3].

Битумы, по утверждению А.С. Колбановской, состоят «из смеси разнообразных высокомолекулярных соединений нефти, объединенных по величине молекулярного веса и характеру растворимости в селективных растворителях в группы углеводородов, смол и асфальтенов» [4]. Обязательные компоненты битумов - асфальтены и мальтены. Асфальтены представляют собой наиболее уплотнённую часть битумов и придают им твёрдость и хрупкость, они не растворимы в низкомолекулярных, алифатических углеводородах и при нагревании не размягчаются, а разлагаются, набухают и спекаются. Мальтены, наоборот, растворимы в низкомолекулярных, алифатических углеводородах, не насыщены и способны к конденсации и полимеризации [5].

На рисунке 1 показана гипотетическая модель асфальтеновых молекул по Залке [6].

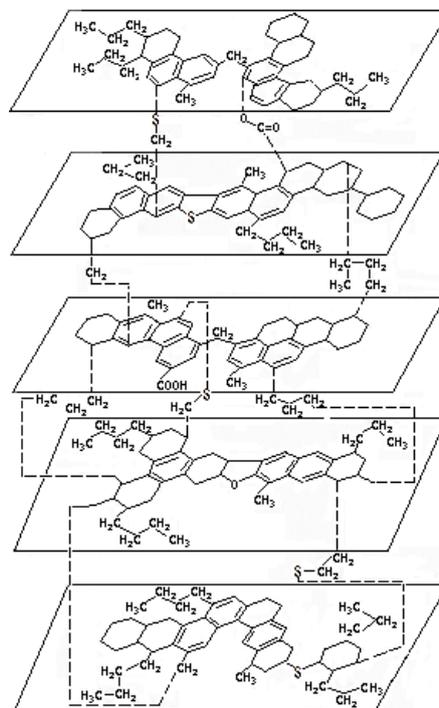


Рисунок 1 – Гипотетические модели асфальтеновых молекул по Залке

Мальтены (петролены) содержат в своем составе высокомолекулярные углеводороды с температурой кипения выше 350-450 °С – нефтяные масла и малолетучие гетероароматические соединения – нефтяные смолы и характеризуются более низкой молекулярной массой и растворимостью, по сравнению с асфальтенами.

Как показано в работе [7], смолы и асфальтены обладают противокоррозионными свойствами и отвечают за эти свойства в составе сложных нефтяных продуктов. Механизм защитного действия битумных материалов основан на барьерном эффекте, предотвращающем проникновение коррозионной среды к металлу. Еще в 30-х годах 20-го века появилась Шведская технология барьерной защиты, базирующаяся на создании толстого битумного слоя на поверхности относительно несложных конструкций, которая отлично подходила для сельскохозяйственной техники тех времен.

С целью защиты сельскохозяйственной техники в нерабочий период от атмосферной коррозии возможно применение битумных праймеров (БП) - жидких битумов [8], представляющих собой композицию из нефтяного битума с добавлением растворителей и, возможно, других добавок. Все промышленно выпускаемые БП, как правило, обладают хорошей адгезией, что позволяет им создавать барьер между металлической поверхностью и агрессивной средой и увеличивать срок службы сельскохозяйственной техники.

Целью данной работы является исследование физико-химических свойств композиций на основе битумного праймера с модифицирующими добавками, определяющих их противокоррозионные свойства.

**Материалы и методы.** Для исследования были получены композиции, где в роли основы использовали БП «Оргкровля №1» (ТУ 5775-013-00289973-2010, уайт-спирит (у-с) 30-67 масс. % и различные добавки (парафин П2, КО-СЖК (кубовые остатки синтетических жирных кислот), Эмульгин, ПООМ (продукты очистки отработанных моторных масел), олифа, нерафинированное подсолнечное масло. суммарное количество которых не превышало 5 масс.%)

Для нанесения покрытия образцы стали 0,8кп опускали в исследуемый состав на 10 сек., после чего оставляли на воздухе в подвешенном вертикальном положении на 1 сутки для стекания

избытка композиции и формирования защитной пленки [9, 10]. Через 1-5 дней после полного высыхания, проводили испытания.

Влагопоглощение или набухание, защитного покрытия оценивали через количество влаги (в процентах), поглощенной покрытием при пребывании его в воде в течении 24 часов при температуре  $24 \pm 3^\circ\text{C}$ .

Смачивающую способность БП оценивают по краевым углам смачивания ( $\Theta$ ). Температура проведения исследований –  $18-22^\circ\text{C}$ . Капли воды, объемом 3 мкл, посредством пипеточного микродозатора «Микролайт» наносили на пластины из стали 08кп, покрытые составами на основе битумного праймера.  $\Theta$  водой БП определяли с помощью прибора «Easy drop».

Адгезию битумного покрытия к металлу определяют по ГОСТ 32702.2-2014 «Материалы лакокрасочные методом X-образного надреза».

Кинематическую вязкость ( $\text{мм}^2/\text{с}$ ) измеряли по методу Брукфильда с помощью ротационного вискозиметра «Smart L. Вискозиметр позволяет непрерывно вести измерения при нагреве исследуемого материала, и получить значения кинематической вязкости при разной температуре. По данным измерений строят вязкостно-температурные зависимости.

**Результаты и их обсуждение.** Исходный битумный праймер проверили на морозостойкость, чтобы оценить его способность сохранять свойства и структуру при низких температурах (при хранении сельскохозяйственной техники в нерабочий период). Визуальных изменений после суточной экспозиции образцов стали 0,8 кп с покрытием из БП в морозильной камере при температуре  $-18 \pm 2^\circ\text{C}$  не наблюдалось ни сразу, ни после того, как образец нагрелся до комнатной температуры естественным путем.

Покрытия из БП, как правило, обеспечивают барьерную защиту металла-подложки, поэтому толщина покрытия должна оказывать существенное влияние на его противокоррозионные свойства. По идее, чем толще слой покрытия, тем лучше оно будет защищать поверхность от воздействия агрессивных сред. Только необходимо учитывать отрицательные моменты, связанные с большой толщиной покрытия: большая склонность к механическим повреждениям, возрастающие требования к подготовке поверхности. Наши исследования показали, что толщина покрытия из БП ожидаемо растет с увеличением количества нанесенных слоев покрытия, снижается даже при небольшом увеличении температуры и при увеличении количества растворителя в случае нанесения покрытия окунанием (таблицы 1, 2). Нанесение кистью позволяет получить более тонкие покрытия, чем при нанесении окунанием.

Таблица 1 – Толщина покрытий из битумного праймера (15 масс. % уайтспирита)

Покрытие	Толщина покрытия, мкм, при температуре		
	$18^\circ\text{C}$ нанесение окунанием	$22^\circ\text{C}$ нанесение окунанием	$30^\circ\text{C}$ , нанесение кистью
1 слой	670	624/220*	88
2 слоя	1441	1225/411*	94
3 слоя	2016	1880	99
*количество уайт-спирита 40 масс. %			

Таблица 2 – Влияние 5 масс. % модифицирующих добавок и количества растворителя на толщину покрытия, полученного методом окунания при температуре  $22^\circ\text{C}$

№ п/п	Модифицирующая добавка	Толщина покрытия, мкм, при общем количестве растворителя, %		
		15	40	67
1	Без добавки	624	220	4
2	парафин	916	220	26
3	КО-СЖК	220	140	3
4	Эмульгин	253	80	2
5	Мастика Dugla Profi	850	180	20

Введение 5 масс. % модифицирующих добавок в битумный праймер с 40 масс. % уайт-спирита по-разному сказывается на толщине покрытия: введение парафина приводит к повышению, как и использование готовой мастики Dugla Profi, а введение добавок КО-СЖК и Эмульгина ее снижают (таблица 2).

Увеличение количества растворителя, добавляемого к битумному праймеру с 40 масс. % до 67 масс. % приводит к снижению толщины покрытия в 55 раз (таблица 3).

Таблица 3 - Массовая доля влаги, поглощенная исследуемыми покрытиями за сутки

№ п/п	Состав	Толщина покрытия, мкм	W (влаги), %
1	БП + 40 масс. % уайт-спирита	220	0,0101
2	БП + 40 масс. % уайт-спирита + 5 масс. % КОСЖК	140	0,0105
3	БП + 40 масс. % уайт-спирита + 5 масс. % Эмульгина	90	0,0162
4	БП + 40 масс. % уайт-спирита + 5 масс. % Парафина П2	220	0,0066
5	Мастика Dugla Profi	180	0,0118
6	БП + 67 масс. % уайт-спирита	4	0,1849
7	БП + 67 масс. % уайт-спирита + 2 масс. % олифы	14	0,4198
8	БП + 67 масс. % уайт-спирита + 5 масс. % олифы	17	1,0224
9	БП + 67 масс. % уайт-спирита + 2 масс. % ПООМ	8	0,6787
10	БП + 67 масс. % уайт-спирита + 5 масс. % ПООМ	26	2,3163
11	БП + 67 масс. % уайт-спирита + 2 масс. % Парафина П2	3	1,6073
12	БП + 67 масс. % уайт-спирита + 5 масс. % Парафина П2	26	0,2927
13	БП + 67 масс. % уайт-спирита + 2 масс. % нерафинированного подсолнечного масла	8,03	1,0400
14	БП + 67 масс. % уайт-спирита + 1 масс. % олифы + 1 масс. % Эмульгина	26,74	0,8592
15	БП + 67 масс. % уайт-спирита + 1 масс. % олифы + 1 масс. % ПООМ	17,31	0,7185

Введение добавок в разбавленные БП позволяет увеличить толщину покрытия до 7 раз. Увеличение концентрации парафина, ПООМ, олифы с 2 до 5 масс % ожидаемо приводит к росту толщины покрытия в 8,7; 3,25; 1,2 раза, соответственно, следовательно, можно ожидать, что наибольшими загущающими свойствами по отношению к БП с 67 масс. растворителя обладает парафин, наименьшими - олифа.

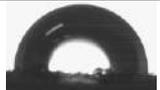
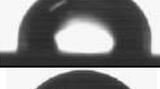
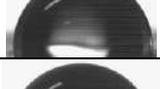
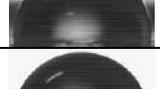
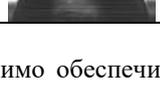
В таблице 3 отражены также данные о влагопоглощении модифицированных БП. Считается, что битумные материалы должны обладать низкой способностью к поглощению влаги, чтобы сохранить при эксплуатации такие свойства, как прочность, термостойкость, замедлить старение. Влагопоглощение может негативно сказаться на противокоррозионных свойствах модифицированного БП, так как вода обязательный участник коррозионного процесса. В [11] указано, что влагопоглощение составляет в атмосфере, содержащей водяной пар — 0,005-0,01 %, а при длительном водонасыщении — 1-3 %. В наших исследованиях после суточной выдержки образцов стали 0,8кп в дистиллированной воде массовая доля влаги (W, %), поглощённая покрытиями на основе БП с общим количеством растворителя уайт-спирита 40 %, составила: 0,0101% без добавок; 0,0105 % с добавкой КО-СЖК, 0,0162 % - Эмульгина (таблица 3). Следовательно, эти две добавки повышают влагопоглощение покрытием. Добавка парафина снижает этот показатель (0,0066 %), поэтому можно предположить, что модифицированный ей состав будет обладать большей защитной эффективностью (лучше изолирует поверхность металла). Для мастики Dugla Profi W = 0,0118 %. Минимально поглощало влагу покрытие с парафином, максимально - с добавкой Эмульгина, последнее, возможно, связано с наличием аминокгрупп в Эмульгине, которые активно взаимодействуют с водой:



Влагопоглощение у модифицированных БП с 67 масс. % растворителя на 1-2 порядка выше (таблица 3), следовательно, для этих материалов можно ожидать снижение защитной эффективности.

Смачивание поверхности материала перед нанесением покрытия влияет на его противокоррозионные свойства. С одной стороны, хорошее смачивание способствует лучшему прилеганию покрытия к поверхности, что обеспечивает более надежную защиту от коррозии, недостаточное смачивание может привести к образованию дефектов (трещин, пузырей и т.д.) покрытия, которые ухудшат его эффективность. С другой стороны, гидрофобные покрытия (не смачивающие) препятствуют удерживанию влаги и других стимулирующих коррозию агентов на поверхности металла, таким образом, повышая его защитную эффективность. Согласно экспериментальным исследованиям, краевые углы смачивания для исходного БП превышают 90<sup>0</sup>С, что свидетельствует о наличии гидрофобных свойств. Введение 5 масс. % модифицирующих добавок, парафина П2 и Эмульгина, снижает краевой угол смачивания БП, добавка КО-СЖК, наоборот, его повышает, улучшая гидрофобные свойства (таблица 4)

Таблица 4– Влияние 5 масс. % модифицирующих добавок на краевой угол смачивания БП с 40 масс. % уайт-спирита и 5 масс.% добавки

№ п/п	Добавка	Толщина покрытия, мкм	Краевой угол смачивания, °	
1	Без добавки	220	96	
2	парафин	220	93	
3	КО-СЖК	140	101	
4	Эмульгин	80	98	
5	Мастика Dugla Profi	180	92	
6	Олифа	145	106	
7	ПООМ		86	

Для обеспечения хороших противокоррозионных свойств покрытия необходимо обеспечить высокое качество адгезии между покрытием и поверхностью, на которую оно наносится. В таблице 5 показаны результаты адгезионных испытаний.

Таблица 5 – Результаты исследования адгезии модифицированных БП к поверхности стали 0,8 кп

Покрытие	до испытаний	после испытаний на адгезию	Оценка, балл	Покрытие	до испытаний	после испытаний на адгезию	Оценка, балл
БП + 40 % у-с			0	БП + 67 % у-с			1
БП + 40 % у-с + 5% КО-СЖК			0	БП + 67 % у-с + 2% олифы			1
БП + 40 % у-с + 5% Эмульгина			0	БП + 67 % у-с + 5% олифы			1
Мастика Dugla Profi			0	БП + 67 % у-с + 2% ПООМ			0
БП + 40 % у-с + 5% парафина П2			0	БП + 67 % у-с + 5% ПООМ			0
БП + 67 % у-с + 2% парафина П2			0	БП + 67 % у-с + 1% олифы + 1% Эмульгина			0
БП + 67 % у-с + 5% парафина П2			0	БП + 67 % у-с + 1% олифы + 1% ПООМ			0
БП + 67 % у-с + 2% нерафинированного ПМ			4				

Согласно полученным экспериментальным данным, приведенным в таблице 5, БП показывает хорошую адгезию (оценка 0 – отсутствие отслаивания или удаления покрытия) при количестве

уайт-спирита 40 масс. %, с увеличением количества растворителя до 67 масс. % адгезия БП ухудшается (оценка 1). Все исследуемые покрытия из БП с 40 масс. % уайт-спирита показали хорошую адгезию к углеродистой стали 0,8 кл, вне зависимости от вида модифицирующей добавки (парафина П2, КО-СЖК и Эмульгина в количестве 5 масс. %). При 67 масс. % растворителя в присутствии добавок олифы (2 и 5 масс.%) оценка адгезии 1, в присутствии 5 масс.% нерафинированного подсолнечного масла – 4, в отличие от присутствия ПООМ (2 и 5 масс.%), где адгезия лучше (оценка 0).

Противокоррозионные свойства материалов могут быть сильно зависимы от их вязкости при различных температурах, поэтому при выборе материалов для противокоррозионной защиты необходимо учитывать их вязкостно-температурные характеристики.

Получены вязкостно-температурные кривые для модифицированных БП с 40 масс.% растворителя и 5 масс.% добавок (рисунок 2).

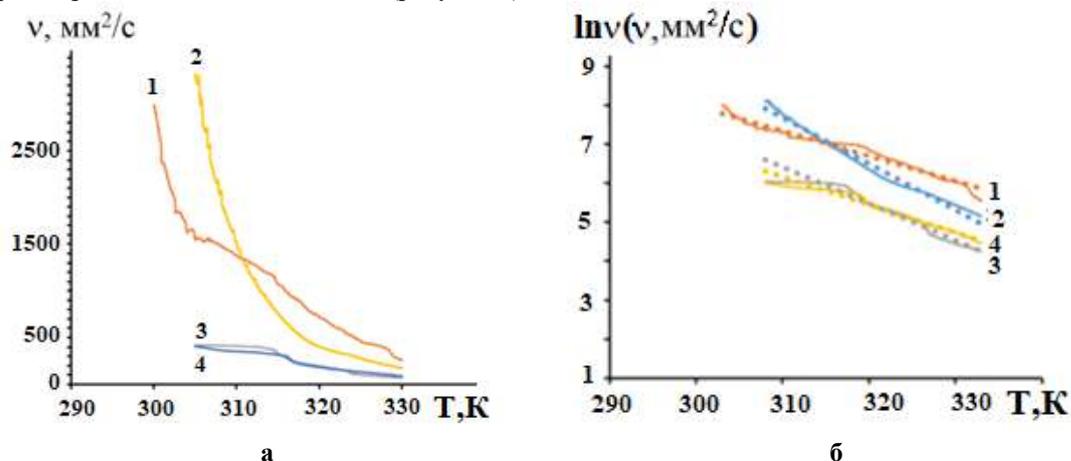


Рисунок 2 – Вязкостно-температурные зависимости для БП с 40 масс.% уайт-спирита и 5 масс.% добавки: 1 – без добавки, 2 – парафин П2, 3 – Эмульгин, 4 – КО-СЖК. Точками обозначены линии аппроксимации

С изменением температуры изменяется вязкость масляных композиций. На кривой БП без добавок наблюдается перелом при 35 °С (рисунок 2а), который может свидетельствовать о структурировании состава при этой температуре в связи с его многокомпонентностью. Загущает БП при более высоких температурах добавка парафина, предположение о высокой загущающей способности парафина было сделано выше на основе толщины покрытия. КО-СЖК и Эмульгин такими свойствами не обладают. Вязкостно - температурные зависимости в полулогарифмических координатах для модифицированных БП носят близкий к линейному характер в диапазоне температур 20 -60 °С с достаточно высоким показателем достоверности аппроксимации  $R^2 = 0,9543 - 0,9833$ . Поэтому в указанном диапазоне температур возможно использование для расчета кинематической вязкости формулы Рейнольдса – Филонова, широко применяемой для расчета вязкости нефти, которую в общем виде можно записать следующим образом:

$$\ln \nu = a + bT, \quad (1)$$

где  $\nu$  – кинематическая вязкость жидкости;  $T$  – температура жидкости;

Вязкость всех исследуемых БП, кроме БП с олифой, при 20°С не превышает 250  $\text{mm}^2/\text{s}$ , что позволяет их наносить методом пневмораспыления. На примере композиций с парафином показано, что с увеличением концентрации растворителя вязкость при комнатной температуре ожидаемо уменьшается (таблица 1), как и с ростом температуры (рисунок 1).

Для битумного праймера без добавок  $a = 27,169$ ,  $b = - 0,064$  и эмпирическое выражение для зависимости  $\ln \nu$  от температуры будет иметь вид (таблица б):

$$\ln \nu = 27,169 - 0,064T$$

Таблица 6 – Аналитические зависимости для вязкостно - температурных кривых исследуемых композиций БП с 40 масс. % растворителя

№ п/п	Состав БП	Диапазон температур, °С	Аналитические зависимости	Достоверность аппроксимации, R <sup>2</sup>
1	Без добавки	20-60	$\ln v = 27,169 - 0,064T$	0,9685
2	+ 5 масс. % парафина		$\ln v = 44,387 - 0,1184T$	0,9833
3	+ 5 масс. % Эмульгина		$\ln v = 28,241 - 0,0712T$	0,9631
4	+ 5 масс. % КО-СЖК		$\ln v = 35,525 - 0,939T$	0,9543

Уравнение Филонова – Рейнольдса для зависимостей составов БП с добавками парафина, Эмульгина, КО-СЖК соответственно (таблица 6):

$$\ln v = 44,387 - 0,1184T; \ln v = 28,241 - 0,0712T; \ln v = 35,525 - 0,939T$$

Получены данные по изменению вязкости БП в зависимости от небольшого изменения содержания растворителя - уайт-спирита (рисунок 3). При содержании растворителя 35 % вязкость композиции составляет 250 мм<sup>2</sup>/с при температуре 20 °С, что позволяет наносить такой состав методом пневмораспыления. При температуре 17 °С растворителя должно быть на 7-8 % больше.

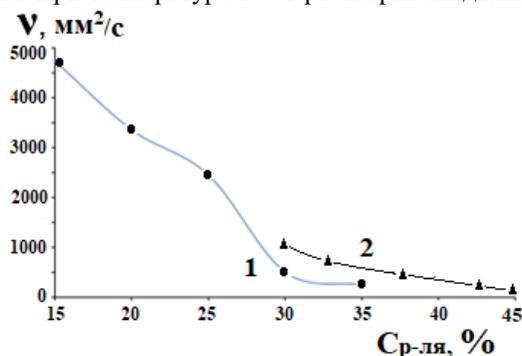


Рисунок 3 – Зависимость кинематической вязкости битумного праймера от концентрации растворителя при температуре, °С: 1 – 20; 2 – 17

Были также получены вязкостно-температурные кривые для модифицированных БП с 67 масс. % растворителя (рисунок 4) и аналитические выражения для них (таблица 7).

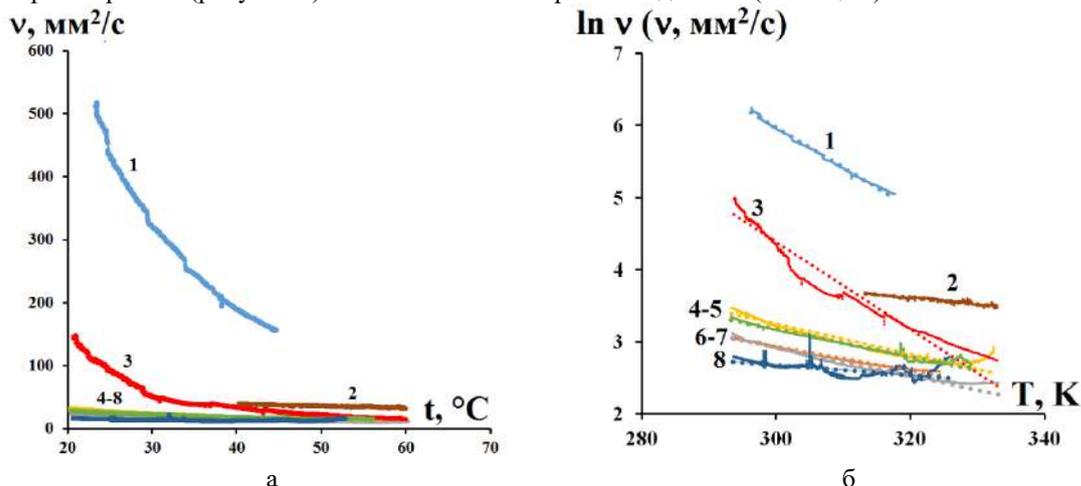


Рисунок 4 – Вязкостно-температурные кривые составов на основе БП с добавлением 67 масс.% уайт спирита, дополнительно содержащих добавки: 1 – 2 масс.% олифы, 2 – 5 масс.% парафина, 3 – 2 масс.% нерафинированного подсолнечного масла, 4 – 1 масс.% ПООМ + 1 масс.% олифы, 5 – 2 масс. % парафина, 6 – 1 масс.% олифы + 1 масс.% Эмульгина, 7 – 2 масс.% ПООМ, 8 – 5 масс. % ПООМ

Таблица 7 – Аналитические зависимости для вязкостно - температурных кривых исследуемых композиций БП с 67 масс. % растворителя

№ п/п	Добавка к БП с 67 масс. % уайт-спирита	Диапазон температур, °С	Аналитические зависимости	Достоверность аппроксимации, R <sup>2</sup>
1	2 масс. % олифы,	20-60	$\ln v = 22,656 - 0,0556T$	0,9947
2	5 масс. % парафина П2		$\ln v = 6,3896 - 0,0087T$	0,9354
3	2 масс. % нерафинированного. подсолнечного масла		$\ln v = 22,585 - 0,0607T$	0,9437
4	1 масс. % ПООМ, 1 масс. % олифы		$\ln v = 9,5498 - 0,021T$	0,9235
5	1 масс. % олифы, 1 масс. % Эмульгина		$\ln v = 8,8643 - 0,019T$	0,9797
6	2 масс. % ПООМ		$\ln v = 7,8731 - 0,0165T$	0,9885
7	5 масс. % ПООМ		$\ln v = 8,8589 - 0,0198T$	0,9720
8	2 масс. % парафина П2		$\ln v = 7,8731 - 0,0165T$	0,9885

Вязкость всех исследуемых БП, кроме БП с олифой, при 20<sup>0</sup>С не превышает 250 мм<sup>2</sup>/с, что позволяет их наносить методом пневмораспыления. На примере композиций с парафином показано, что с увеличением концентрации растворителя вязкость при комнатной температуре ожидаемо уменьшается (таблица 6), как и с ростом температуры (рисунок 4).

**Заключение.** Таким образом, были исследованы физико-химические свойства композиций на основе битумного праймера с модифицирующими добавками, определяющие их противокоррозионные свойства. Показано, что толщина покрытий, отвечающая за эффективность барьерной защиты, ожидаемо растет с увеличением количества нанесенных слоев покрытия, снижается даже при небольшом увеличении температуры и при увеличении количества растворителя в случае нанесения покрытия окунанием. Нанесение кистью позволяет получить более тонкие покрытия, чем полученные при нанесении окунанием. Влагопоглощение у модифицированных БП с 67 масс. % растворителя на 1-2 порядка выше, чем у БП с 40 масс. % уайт-спирита, следовательно, для этих материалов можно ожидать снижение защитной эффективности. Согласно экспериментальным исследованиям, краевые углы смачивания для исходного БП превышают 90<sup>0</sup>С, что свидетельствует о наличии гидрофобных свойств, на них влияют вид и концентрация добавок. БП с 40 масс. % уайт-спирита, в том числе и с добавками, показывает хорошую адгезию к углеродистой стали 0,8 кл. При 67 масс. % растворителя в присутствии добавок олифы и нерафинированного подсолнечного масла адгезия ухудшается. Вязкостно - температурные зависимости в полулогарифмических координатах для модифицированных БП носят близкий к линейному характер в диапазоне температур 20 -60 <sup>0</sup>С с высоким показателем достоверности аппроксимации R<sup>2</sup> =0,9543 – 0,9833.

#### Список источников

1. Егорова Н.А. Совершенствование технологического производства нефтяных битумных вяжущих / Дисс. на соискание ученой степени канд. тех. наук. Уфа. 2021. 149 с.
2. Белова Н.А., Исраилова З.С., Страхова Н.А. Проблемы и перспективы производства нефтяных битумов // Вестник Дагестанского технического университета. 2016. № 2 (4). С.139-150.
3. Основные способы модификации битумов различными добавками / Х.Х. Ахмадова, Ж.Т. Хадисова, Л.Ш. Махмудова и др. // Вестник ГГНТУ. Технические науки. 2019. Т. XV. № 3 (17). С. 42-52.

4. Ярцев В.П., Ерофеев А.В. Битумные композиты: учебное пособие для студентов, обучающихся по специальностям 270102, 270105, 270205. Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2014. 80 с.
5. Гохман Л.М. Битумы, полимерно-битумные вяжущие, асфальтобетон, полимер-асфальтобетон. Учебно-методическое пособие. М.: ЗАО «ЭКОН-ИНФОРМ», 2008. 117 с.
6. Магеррамов А.М., Ахмедова Р.А., Ахмедова Н.Ф. Нефтехимия и нефтепереработка. Учебник для высших учебных заведений. Баку: «Баки Университети», 2009. 600 с.
7. Научные основы практика создания антикоррозионных консервационных материалов на базе отработанных нефтяных масел и растительного сырья: монография / В.И. Вигдорович, Л.Г. Князева, А.Н. Зазуля и др. Тамбов: Изд-во Першина Р.В., 2012. 325 с.
8. Что такое битумный праймер и для чего он нужен. [Электронный ресурс]. URL: <https://znaet.petrovich.ru/stroitelstvo/fundament-podval/gidroizolyatsiya/instruktsiya/chto-takoe-bitumnyu-praymer-i-dlya-chego-on-nuzhen> (дата обращения 11.05.2024).
9. Князева Л.Г., Дорохов А.В., Курьято Н.А., Прохоренков В.Д. Исследование эффективности составов на основе CORTEC VpCI-368 и CORTEC VpCI-369 для противокоррозионной защиты сельскохозяйственной техники // Наука в центральной России. 2019. № 5. С. 69-80.
10. Knyazeva L.G., Tsygankova L.E., Dorokhov A.V., Kur'yato N.A. Protective efficiency of oil compositions with Cortec VpCI-368D // International Journal of Corrosion and Scale Inhibition. 2021. Vol. 10, no. 2. P. 551-561.
11. Справочник химика 21 века. Химия и химическая технология. С.767 <https://www.chem21.info/index>.

#### References

1. Egorova N.A. Improving the technological production of petroleum bitumen binders / Diss. for the Candidate of Science degree. those. Sci. Ufa. 2021. 149 p.
2. Belova N.A., Israilova Z.S., Strakhova N.A. Problems and prospects for the production of petroleum bitumen // Bulletin of the Dagestan Technical University. 2016. No. 2 (4). P.139-150.
3. Basic methods of modifying bitumen with various additives / Kh.Kh. Akhmadova, Zh.T. Khadisova, L.Sh. Makhmudova and others // Bulletin of GGNTU. Technical science. 2019. T. XV. No. 3 (17). pp. 42-52.
4. Yartsev V.P., Erofeev A.V. Bitumen composites: a textbook for students studying in specialties 270102, 270105, 270205. Tambov: Publishing House of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education "TSTU", 2014. 80 p.
5. Gokhman L.M. Bitumen, polymer-bitumen binders, asphalt concrete, polymer-asphalt concrete. Educational and methodological manual. M.: ZAO "EKON-INFORM", 2008. 117 p.
6. Maharramov A.M., Akhmedova R.A., Akhmedova N.F. Petrochemistry and oil refining. Textbook for higher educational institutions. Baku: "Baki Universiteti", 2009. 600 p.
7. Scientific principles of the practice of creating anti-corrosion conservation materials based on waste petroleum oils and vegetable raw materials: monograph / V.I. Vigdorovich, L.G. Knyazeva, A.N. Zazulya and others. Tambov: Pershina R.V. Publishing House, 2012. 325 p.
8. What is a bitumen primer and what is it for? [Electronic resource]. URL: <https://znaet.petrovich.ru/stroitelstvo/fundament-podval/gidroizolyatsiya/instruktsiya/chto-takoe-bitumnyu-praymer-i-dlya-chego-on-nuzhen> (accessed 05/11/2024).
9. Knyazeva L.G., Dorokhov A.V., Kuryato N.A., Prokhorenkov V.D. Study of the effectiveness of compositions based on CORTEC VpCI-368 and CORTEC VpCI-369 for anti-corrosion protection of agricultural machinery // Science in Central Russia. 2019. No. 5. P. 69-80.
10. Knyazeva L.G., Tsygankova L.E., Dorokhov A.V., Kur'yato N.A. Protective efficiency of oil compositions with Cortec VpCI-368D // International Journal of Corrosion and Scale Inhibition. 2021. Vol. 10, no. 2. P. 551-561.
11. Handbook of a chemist of the 21st century. Chemistry and chemical technology. P.767 <https://www.chem21.info/index>.

Л.Г. Князева – доктор химический наук, доцент; Н.А. Курьято – младший научный сотрудник;  
А.В. Дорохов – кандидат химических наук.

**Information about the authors**

L. Knyazeva – doctor of science (chemistry), associate professor; N. Kur'yato – junior researcher;  
A. Dorokhov – candidate of chemical science.

**Вклад авторов:** Л.Г. Князева – формулировка цели и выводов, анализ и обработка результатов исследования; Н.А. Курьято – проведение экспериментальных исследований; А.В. Дорохов – проведение экспериментальных исследований.

*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.*

**Contribution of the authors:** L. Knyazeva – formulation of the goal and conclusions, analysis of research results; N. Kur'yato – conducting experimental studies; A. Dorokhov – conducting experimental studies.

*The authors declare no conflict of interest.*

Поступила в редакцию (Received): 18.07.2024      Принята к публикации (Accepted): 25.08.2024