

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

DOI: 10.34031/2071-7318-2022-8-3-8-18

*Ядыкина В.В., *Михайлова О.А.**Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова***E-mail: mihaylovalymar@mail.ru*

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРОПОНИЖАЮЩИХ ДОБАВОК НА ОСНОВЕ СИНТЕТИЧЕСКИХ ВОСКОВ НА СВОЙСТВА БИТУМА

Аннотация. Получение теплых асфальтобетонных смесей является актуальной задачей в дорожной отрасли, так как позволяет решать экологические, технологические и экономические проблемы приготовления и укладки асфальтобетона. Одной из таких технологий является получение асфальтобетона с применением органических добавок на основе синтетических восков, которые до недавнего времени были представлены на рынке исключительно импортными продуктами. В сложившейся политико-экономической ситуации актуальность разработки и внедрения отечественных аналогов восковых температуропонижающих добавок становится важной задачей. В статье изучено влияние добавок на основе синтетических восков на такие физико-химические свойства битумного вяжущего, как пенетрация, температура размягчения по КуШ, растяжимость, температура хрупкости по Фраасу, адгезия к щебню. Приведены показатели и сравнительный анализ свойств вяжущих, модифицированных отечественной комплексной добавкой Вискодор ПВ-2 и импортными органическими добавками Licomont BS-100 и Sasobit. Выявлено, что новая отечественная комплексная добавка имеет преимущества перед импортными восковыми добавками: позволяет понизить температуру хрупкости вяжущего, повысить температуру размягчения, адгезию битума к минеральным материалам при меньшем снижении пенетрации. Установлены рациональные концентрации применения добавки Вискодор ПВ-2.

Ключевые слова: теплый асфальтобетон, битум, температуропонижающие добавки, воски, физико-химические свойства.

Введение. В настоящее время как в нашей стране, так и во всем мире, в индустрии дорожного строительства уделяется все большее внимание инновационным технологиям получения теплых асфальтобетонов (ТАБ), позволяющим решить ряд экологических, экономических и технологических проблем при приготовлении асфальтобетона и укладке дорожного покрытия [1–4].

По сравнению с традиционными горячими смесями, теплые асфальтобетонные смеси обладают рядом важных преимуществ. Так, снижение температуры приготовления и укладки асфальтобетонной смеси дает значительное снижение энергозатрат, позволяет снизить выбросы загрязняющих веществ в атмосферу и улучшить условия труда рабочих, как при производстве, так и при укладке асфальтобетона [5].

Более низкие температуры приготовления теплых асфальтобетонных смесей обеспечивают снижение интенсивности старения битума, что способствует сохранению свойств вяжущего и улучшению долговечности дорожного покрытия. Применение температуропонижающих добавок при производстве теплых асфальтобетонов снижает вязкость битума, что, в свою очередь, приводит к улучшению уплотняемости смеси, позволяет проводить укладку при более низких темпе-

ратурах, расширяет рамки сезона дорожных работ, повышает дальность транспортировки асфальтобетонных смесей. Кроме того, снижение вязкости позволяет ввести большее количество переработанного асфальтобетона в смесь, что является важным преимуществом, как в экономическом, так и в экологическом плане [6].

В США и странах Западной Европы для получения теплых асфальтобетонов часто применяют органические добавки – природные и синтетические воски. Это воски Фишера-Тропша, воск Монтана, амидные воски и т. п. Используемые в качестве таких добавок воски обладают высокой температурой плавления (80–140 °С) и способны изменить свойства исходного битумного вяжущего [7].

Концентрация введения восков в теплые асфальтобетонные смеси составляет обычно от 2 до 4 % от массы битума. Снижение температуры приготовления асфальтобетонной смеси с применением восковых добавок составляет 20–30 °С. Важным преимуществом использования восков в составе асфальтобетона является повышение его устойчивости к пластическим деформациям и улучшение прочностных характеристик [8].

Органические (восковые) добавки имеют свои преимущества и недостатки. Исследования [9, 10] показывают, что они уменьшают вязкость

битума при высоких температурах и, таким образом, снижают интенсивность старения и температуры смешивания и уплотнения, а также увеличивают прочность и стойкость к колееобразованию асфальтобетонного покрытия. Но, в отличие от поверхностно-активных добавок, восковые добавки увеличивают вязкость при температурах укладки, что может привести к снижению уплотняемости и трещиностойкости асфальтобетона. В этом случае перспективной альтернативой могут стать комплексные добавки, включающие в себя как воски, так и поверхностно-активные вещества.

До недавнего времени на отечественном рынке органические добавки были представлены исключительно импортными продуктами. В условиях сложившегося кризиса и необходимости импортозамещения, особенно актуальным становится разработка и внедрение новых отечественных органических добавок.

Для оценки эффективности применяемых температуропонижающих добавок в составе асфальтобетонных смесей необходимо, прежде всего, учесть их влияние на структуру и качественные характеристики битумного вяжущего как основного структурообразующего компонента асфальтобетона.

Материалы и методы. В данной работе впервые исследовано влияние отечественной добавки Вискодор ПВ-2, разработанной научно-производственной компанией «Селена» в сотрудничестве с кафедрой автомобильных и железных дорог Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова на физико-химические свойства битума. Данная добавка является комплексом модифицированных синтетических восков и ПАВ. Для проведения сравнительных испытаний в исследовании были использованы органические добавки на основе синтетических восков: Sasobit (производит «SasolWax», Германия) и Licomont BS-100 (производит «Clariant», Швейцария).

Добавка Sasobit представляет собой синтетический парафиновый воск, получаемый путем газификации угля или природного газа (метана) с использованием технологии синтеза Фишера-Тропша. Sasobit поставляется в виде гранул или порошка. При температуре выше 120 °С он полностью растворяется в битуме, а при температуре ниже 102 °С образует в битуме кристаллообразную сетчатую структуру [11]. При температурах ниже температуры размягчения добавка Sasobit образует решетчатую структуру с вяжущим, что позволяет повысить сопротивление к образованию трещин при температурах эксплуатации асфальтобетонного покрытия. Производитель ре-

комендует применение добавки Sasobit в концентрации от 2 до 3 % от массы битумного вяжущего для достижения необходимого снижения вязкости и обращает внимание на то, что концентрация не должна превышать 4 % от массы в целях предотвращения возможного неблагоприятного изменения свойств вяжущего при низких температурах.

Добавка Licomont BS-100 представляет собой амидный воск – продукт реакции смесей длинноцепочечных жирных кислот с алифатическими диаминами. Температура плавления 140 °С. Согласно результатам исследований [12], введение в состав вязких нефтяных дорожных битумов 2,0–3,0 % добавки «Licomont BS 100» обеспечивает снижение их вязкости при высоких технологических температурах (120–180 °С) и ее существенный рост при снижении температуры ниже (110–120 °С), по сравнению с исходным битумом.

Добавки Sasobit и Licomont BS-100 были выбраны, как получившие наиболее широкое распространение в России и странах ближнего зарубежья [12–14]. Влияние указанных добавок исследовались, как отечественными [14], так и зарубежными исследователями [8–10, 15].

В состав добавки Вискодор ПВ-2 входят полиэтиленовый и амидный воски в качестве модификатора реологии, позволяющего снизить вязкость битума при температуре приготовления асфальтобетонной смеси и значительно повысить высокотемпературную устойчивость битума. Поскольку восковые модификаторы могут ухудшить низкотемпературную устойчивость битума и трещиностойкость асфальтобетона [16], для улучшения низкотемпературных свойств, в состав данной комплексной добавки были введены растительные масла и ПАВ на основе амидов жирных кислот растительных масел. Также ПАВ в составе модификатора выступает в качестве промотора адгезии.

В качестве вяжущего в работе использован битум вязкий дорожный марки БНД 100/130 производства АО «Газпромнефть – Московский НПЗ».

В таблице 1 представлены значения показателей исследуемого образца.

Для изучения влияния органических добавок на свойства битума, было принято решение использовать введение добавок Sasobit и Licomont BS-100 в концентрациях 2 и 3 %, исходя из опыта предыдущих исследований и рекомендаций производителя. Для получения наиболее полной информации о влиянии разрабатываемого комплексного препарата Вискодор ПВ-2 на битум и подбора его наиболее рациональной концентрации, использовался битум, модифицированный

указанным препаратом в диапазоне концентрации от 0,5 до 3 % с шагом увеличения концентрации на 0,5 %. Составы исследуемых вяжущих представлены в таблице 2.

Таблица 1

Физико-химические характеристики битума БНД 100/130

Показатель	Нормативные требования по ГОСТ 33133-2014 для БНД 100/130	Фактические данные	Метод испытания
Глубина проникания иглы при 25 °С, 0,1 мм	101-130	103	ГОСТ 33136
Глубина проникания иглы при 0 °С, 0,1 мм	Не менее 30	35	ГОСТ 33136
Температура размягчения по кольцу и шару, °С	Не менее 45	45	ГОСТ 33142
Температура хрупкости по Фраасу, °С	Не выше -20	-20,5	ГОСТ 33143
Растяжимость, при 25 °С, см	Не менее 70	Более 150	ГОСТ 33138
Растяжимость, при 0 °С, см	Не менее 4	4,5	ГОСТ 33138

Таблица 2

Составы исследуемых модифицированных битумных вяжущих

№ состава	Введенная добавка	Процентное содержание добавки %
1	Исходный битум без добавки	0
2	Вискодор ПВ-2	0,5
3		1,0
4		1,5
5		2,0
6		2,5
7		3,0
8	Sasobit	2,0
9		3,0
10	Licomont BS-100	2,0
11		3,0

Приготовление составов осуществлялось следующим образом: в емкость с разогретым до 150 °С битумом вводили расчетное количество добавки и при постоянной температуре производили перемешивание при помощи лабораторной мешалки со скоростью 100 об/мин в течение 1 часа.

В полученных таким образом составах исследовались следующие физико-химические свойства битумного вяжущего: глубина проникания иглы при 0 °С и 25 °С (по ГОСТ 33136–2014), температура размягчения по кольцу и шару (по ГОСТ 32054–2013), температура хрупкости по Фраасу (по ГОСТ 11507–78), растяжимость при 0 °С и 25 °С (по ГОСТ 33138–2014), адгезия вяжущего к щебню (по ГОСТ 12801–98 п. 28). Для оценки когезионных свойств битума было также проведено измерение максимального усилия битума при растяжении образцов на автоматическом дуктилометре Линтел ДБ 150 (по ГОСТ 33138-2014).

Основная часть. Полученные результаты исследований физико-химических свойств модифицированного вяжущего представлены в таблице 3.

Анализ полученных данных показал, что общим изменением для всех образцов модифицированного битума являются: снижение пенетрации при 25 и при 0 °С (рис. 1), повышение температуры размягчения, увеличение интервала пластичности, снижение растяжимости при 25 и при 0 °С.

Снижение пенетрации как при температуре 25 °С, так и при температуре 0 °С, при введении всех исследуемых добавок связано со способностью восков создавать в битуме структуры, увеличивающие вязкость битума при температурах ниже температуры затвердевания применяемых восков [11]. Наибольшее снижение пенетрации наблюдается при введении добавки Sasobit. Так, введение 2 % Sasobit снижает пенетрацию при температуре 25 °С на 46,6 %, а введение 3 % до-

бавки на 53,4 %. Пенетрация при 0 °С обоих образцов снижается на 37,1 %. Меньшее снижение пенетрации как при температуре 25 °С, так и при температуре 0 °С, вызвали добавки Вискодор ПВ-2 и Licomont BS-100. Так, при введении Licomont BS-100 изменение условной вязкости при 25 °С и 0 °С составило 40,8 и 25,7 % соответственно. Введение добавки Вискодор ПВ-2 в концентрации 3 % снизило пенетрацию при температуре 25 °С на 40,2 %, а при температуре 0 °С – на 22,9 %. Это

свидетельствует о меньшем снижении пластических свойств битума, что в сочетании со снижением температуры хрупкости может оказать положительное влияние на характеристики вяжущего при низких температурах. Это связано с присутствием в составе указанной добавки растительных масел и ПАВ на основе амидов жирных кислот растительных масел, обладающих пластифицирующим действием на битум.

Таблица 3

Физико-химические характеристики битума после модификации

Наименование показателя	Номера составов										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Глубина проникания иглы, 0,1 мм, при 25 °С	103	102	82	75	71	65	62	55	48	67	61
Глубина проникания иглы, 0,1 мм при 0 °С	35	32	29	29	28	28	27	22	22	27	26
Температура размягчения по «КиШ», °С	45	45	46	60	63	65	73	63	72	62	82
Температура хрупкости, по Фраасу, °С	-20,5	-21,0	-21,0	-22,0	-22,0	-21,0	-21,0	-19,0	-18,0	-19,0	-19,0
Интервал пластичности, °С	65,5	66	67	82	85	86	94	82	90	81	101
Растяжимость, см, при 25 °С	более 150	более 150	112	78,8	74,8	69,5	64,0	73,3	65,3	72,0	61,8
Максимальное усилие при растяжении, при 25 °С, Н	0,60	0,64	0,66	1,79	3,05	3,13	3,43	3,30	5,62	3,39	4,00
Растяжимость, см, при 0 °С	4,5	4,5	4,8	4,6	4,4	3,4	3,0	4,6	2,9	4,3	3,2
Максимальное усилие при растяжении, при 0 °С, Н	130,89	131,92	137,83	149,42	152,03	159,92	160,52	147,32	190,62	179,32	180,38
Сцепление вяжущего с минеральным материалом, баллов	2	2	3	4	4	5	5	2	3	3	3

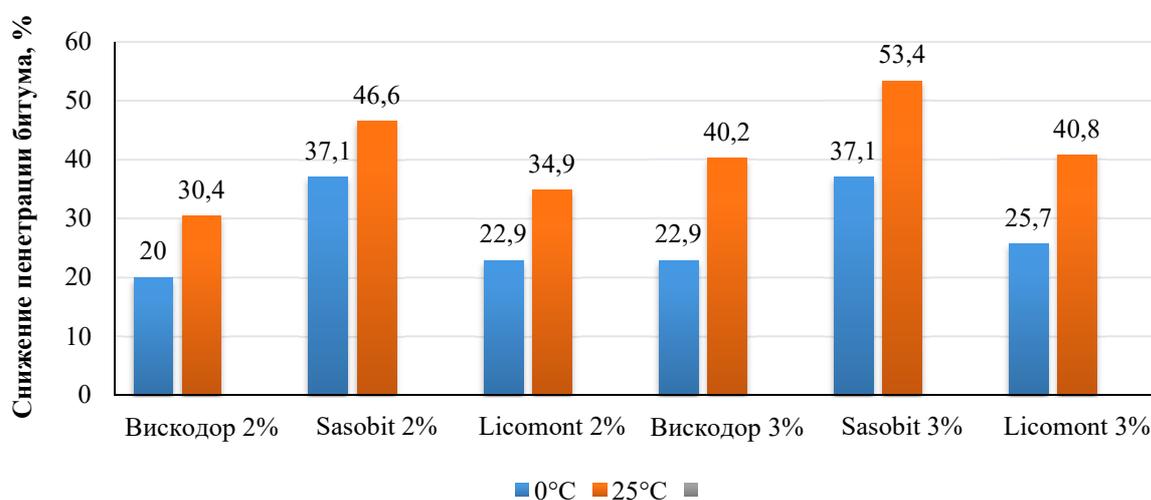


Рис. 1. Снижение пенетрации битума БНД 100/130, модифицированного восковыми добавками

Исследуемые добавки значительно повышают температуру размягчения битума, что также связано с увеличением структурированности вяжущего при введении восков. Примечательно, что при концентрации 2 % все исследуемые добавки повышают температуру размягчения практически одинаково (таб. 3, рис. 2). При

концентрации 3 % наибольший эффект на увеличение температуры размягчения оказала добавка Licomont BS-100. Это может быть связано с высокой температурой плавления данного воска (140 °С).

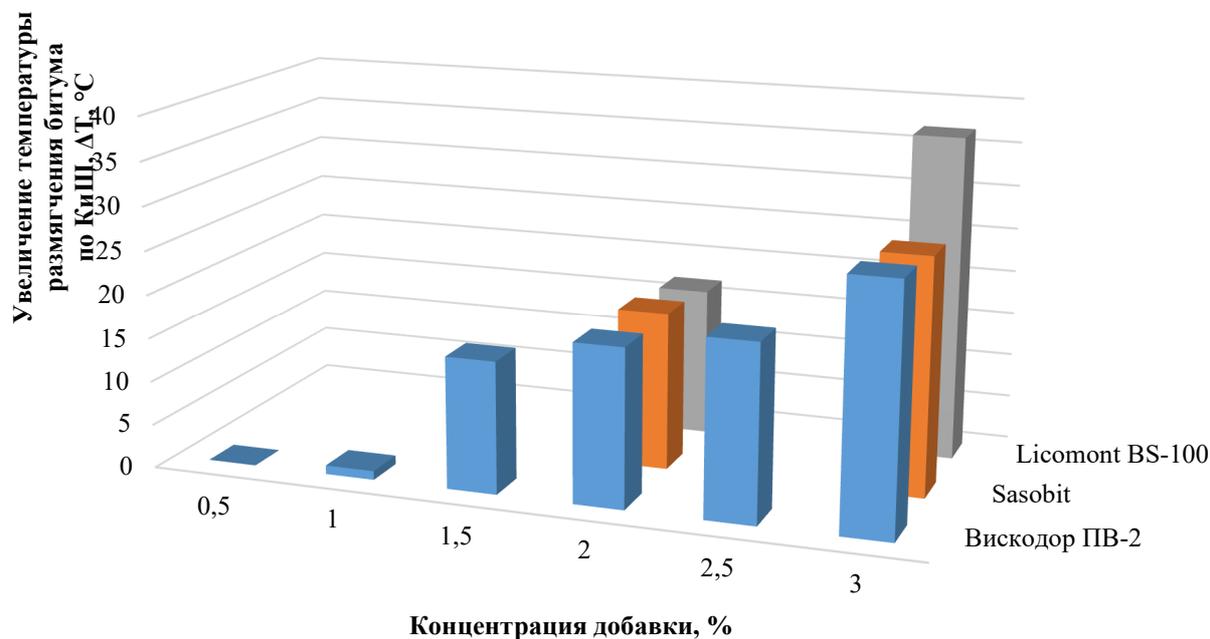


Рис. 2. Зависимость увеличения температуры размягчения по КиШ от концентрации ввода добавок

Из представленных на рисунке 2 результатов видно, что введение добавки Вискодор ПВ-2 в концентрациях 0,5 и 1,0 % практически не повлияло на температуру размягчения, что означает недостаточную структурированность битума при данных концентрациях. При 1,5 % происходит значительное увеличение температуры размягчения (на 15 °С по сравнению с температурой размягчения исходного битума), что свидетельствует о достижении концентрации, достаточной для создания структурной сетки в битуме, способствующей повышению устойчивости к температурному воздействию. Увеличение концентрации добавки приводит к пропорциональному росту температуры размягчения битума. Повышение температуры размягчения битумного вяжущего можно отнести к основным преимуществам восковых добавок, позволяющим улучшить эксплуатационные характеристики дорожного покрытия. В исследованиях температуропонижающих добавок, содержащих преимущественно ПАВ [16–20], температура размягчения битумного вяжущего остается неизменной или даже снижается.

В результате испытаний выявлено, что добавки Sasobit и Licomont BS-100 дают некоторое повышение температуры хрупкости, что может

негативно отразиться на эксплуатационных характеристиках дорожного полотна при пониженных температурах. При этом обнаружено, что введение комплексной добавки Вискодор ПВ-2 не только не ухудшает показатель температуры хрупкости, но и несколько улучшают его за счет пластифицирующего действия растительных масел, присутствующих в составе данного модификатора. Так, образцы 4 и 5, содержащие 1,5 и 2,0 % Вискодор ПВ-2, понижают температуру хрупкости на 1,5 °С, что свидетельствует о создании структуры, более устойчивой к переходу в хрупкое состояние. Далее, при повышении концентрации выше 2,5%, температура хрупкости несколько повышается из-за увеличения содержания восков в составе битумного вяжущего.

При введении исследуемых добавок наблюдается повышение интервала пластичности битума за счет незначительного изменения температуры хрупкости и существенного повышения температуры размягчения по КиШ. При использовании добавки Вискодор ПВ-2 в концентрации менее до 1 % интервал пластичности практически не изменяется, эффект увеличения интервала пластичности наблюдается при введении добавки в концентрации 1,5% и более. На рис.3.

приведено сравнение увеличения интервала пластичности при введении 2 и 3 % исследуемых добавок. При использовании 2 % добавок наибольшее увеличение интервала пластичности дает добавка Вискодор ПВ-2, при введении 3% – Licomont BS-100, что вполне закономерно и обусловлено значительным повышением температуры размягчения.

Введение исследуемых добавок значительно снизило растяжимость битума при 25 °С. Для всех исследуемых добавок снижение растяжимости в зависимости от увеличения концентрации происходило практически одинаково. Наибольшее снижение растяжимости наблюдалось при увеличении количества исследуемых добавок до 3 %. Так, введение 3% Вискодор ПВ-2 снизило растяжимость битума с показателя, превышающего 150 см до 64 см, 3 % Sasobit – до 65,3 см, 3 % Licomont BS-100 – до 61,8см. Снижение рас-

тяжимости битума свидетельствует об увеличении структурированности вяжущего с увеличением содержания восковых компонентов. Растяжимость битума при 0 °С, характеризующая пластичность вяжущего при низких температурах, при концентрациях добавок до 2 % включительно, практически не снижается, но снижается при дальнейшем повышении концентрации до 3 % для всех исследуемых в данной работе добавок практически аналогичным образом. Так введение 3 % Вискодор ПВ-2 снижает растяжимость битума на 33,3 %, 3 % Sasobit – на 35,6 %, 3 % Licomont BS-100 – на 28,9 %. Таким образом, пластические свойства битума при пониженных температурах не ухудшаются при введении в битум исследуемых восковых добавок в концентрациях до 2 %, но ухудшаются при дальнейшем увеличении концентрации до 3 %.

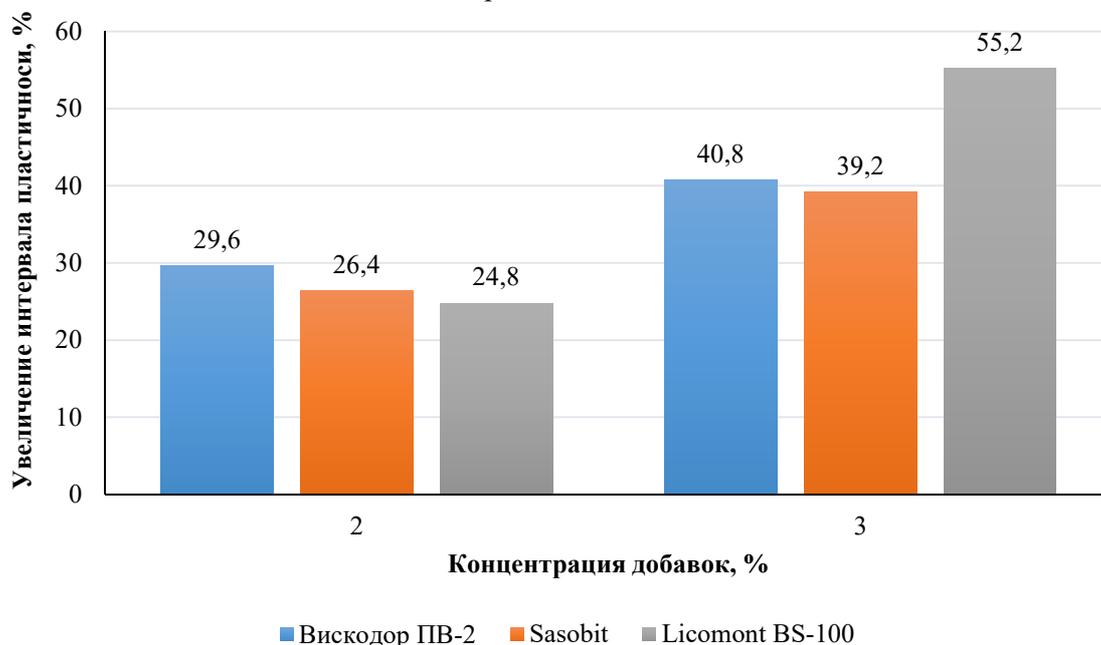


Рис. 3. Увеличение интервала пластичности битума при введении 2 и 3 % исследуемых добавок

Определение максимального усилия при растяжении битума позволяет оценить когезионные свойства битума. Из результатов испытаний следует, что с увеличением концентраций исследуемых добавок максимальное усилие при растяжении растет, следовательно, увеличивается когезионная прочность вяжущего. При концентрации ввода 2 % разница между максимальным усилием при растяжении при 25 °С для всех исследуемых добавок незначительна. В то же время при концентрации 3 % наибольшее максимальное усилие при растяжении наблюдается при введении Sasobit – 5,62 Н, а наименьшее – для добавки Вискодор ПВ-2 – 3,43 Н. Но при использовании добавок Licomont BS-100 и Sasobit в указанной концентрации значительно увеличивается максимальное усилие при растяжении при

0 °С, а растяжимость наоборот значительно падает, что свидетельствует об ухудшении пластических свойств при низких температурах. Так, использование 3 % Licomont BS-100 увеличивает максимальное усилие при растяжении при 0 °С на 37,8 %, а 3 % Sasobit – на 45,63 % по сравнению с исходным битумом, в то время как при использовании 3 % добавки Вискодор ПВ-2 этот показатель увеличивается меньше – на 22,6 %, что объясняется влиянием растительных масел, содержащихся в добавке.

При разработке новых добавок для теплых асфальтобетонных смесей важным вопросом является получение вяжущего с высокими адгезионными свойствами, обеспечивающими прочное

и устойчивое сцепление с поверхностью минеральных материалов в условиях пониженных температур.

В данной работе показатель сцепления битума со щебнем определяли методом визуальной оценки степени сохранности пленки битумного

вяжущего на зернах щебня после его кипячения в дистиллированной воде. На рисунке 4 представлены фотографии зерен щебня с битумом после кипячения, а в таблице 3 – результаты оценки показателя сцепления в баллах.

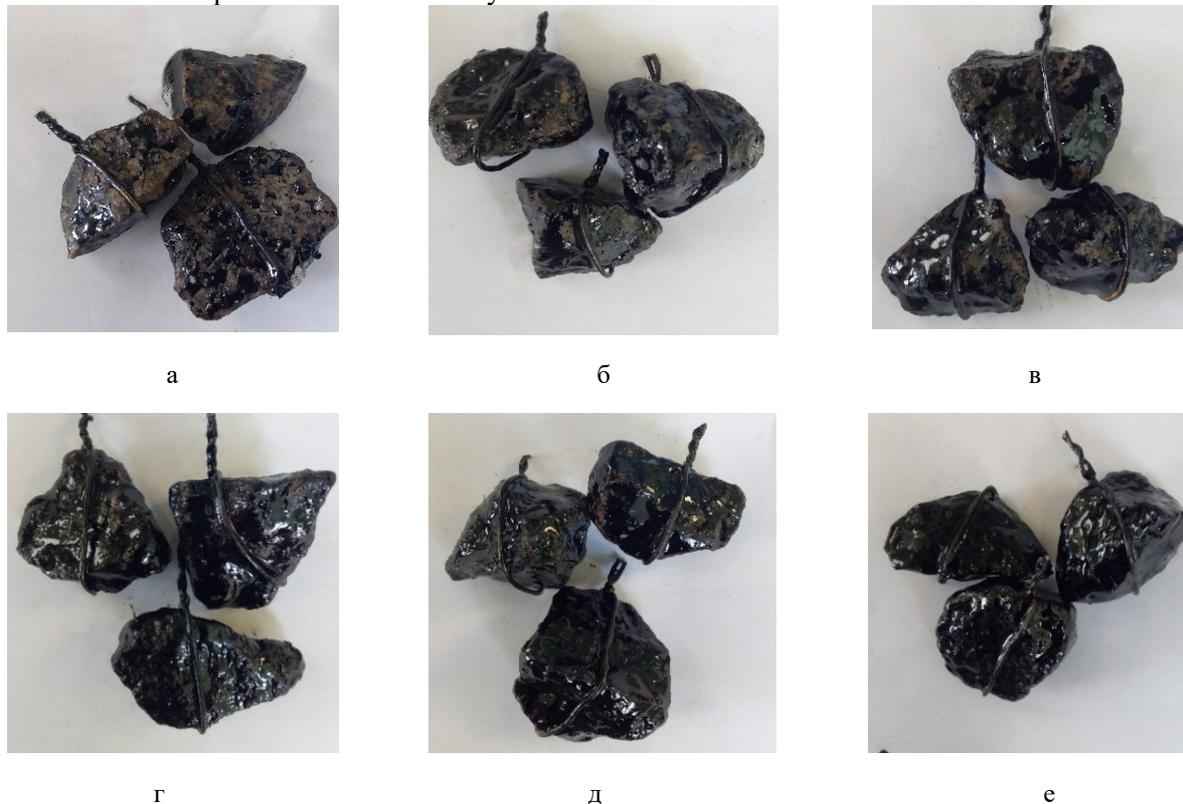


Рис. 4. Внешний вид щебня с битумным покрытием после кипячения:
а) Битум без добавок; б) Sasobit - 3%; в) Licomont BS-100 – 3%;
г) Вискодор ПВ-2 – 2%; д) Вискодор ПВ-2 – 2,5%; е) Вискодор ПВ-2 – 3%

Очевидно, что введение добавки Вискодор ПВ-2 в концентрации более 1,5 % дают значительное увеличение показателя сцепления с минеральным материалом. Так введение Вискодор ПВ-2 в концентрации 1,5 % увеличивает адгезию битумного вяжущего с 2 до 4 баллов. Адгезия вяжущего, содержащего 2,5 % и выше добавки Вискодор ПВ-2, составила 5 баллов. Это объясняется наличием в составе добавки поверхностно-активных веществ. Добавки Sasobit и Licomont BS-100 незначительно увеличивают адгезию. Введение добавки Sasobit в количестве 2 % практически не улучшает адгезию, введение 3 % добавки увеличивает адгезию вяжущего с 2 до 3 баллов. Таким образом, наличие в составе добавки Вискодор ПВ-2 поверхностно-активных веществ на основе амидов жирных кислот дает значительное преимущество, позволяя увеличивать адгезионные свойства битумного вяжущего.

Опираясь на анализ всех полученных данных, можно заключить, что, несмотря на наиболее значительное увеличение температур размягчения по КиШ и интервала пластичности при введении исследуемых добавок в концентрации 3

%, это ухудшает низкотемпературные характеристики вяжущего, поэтому наиболее рациональные концентрации введения для Вискодор ПВ-2 – от 1,5 до 2 %, для добавок Sasobit и Licomont BS-100 – 2 %, при которых низкотемпературные свойства битума изменяются менее значительно.

Выводы.

1. Все исследуемые восковые добавки снижают пенетрацию битума. Это положительно отразится на устойчивости дорожного полотна к пластическим деформациям, но может негативно повлиять на эффективность укладки смеси. Наиболее значительно повлияла на снижение пенетрации и растяжимости битума добавка Sasobit. Наименьшее влияние на снижение пенетрации как при 25 °С, так и при 0°С, оказала добавка Вискодор ПВ-2, что обусловлено наличием в составе этого модификатора компонентов, обладающих пластифицирующим действием.

2. Все исследуемые добавки увеличивают интервал пластичности вяжущего за счет повышения температуры размягчения вяжущего. Такой эффект обусловлен образованием упорядо-

ченной коллоидной структуры в битумном вяжущем при введении органических добавок. Это положительно отразится на устойчивости дорожного полотна к нагрузкам при повышенных температурах в летний период.

3. Обнаружено, что новая отечественная добавка в результате наличия в составе растительных масел и ПАВ на основе амидов жирных кислот растительных масел, в отличие от импортных восковых добавок Sasobit и Licomont BS-100, не ухудшает, а в концентрациях 1,5 и 2,0 % даже улучшает показатель температуры хрупкости по Фраасу, что положительно повлияет на устойчивость дорожного полотна воздействию пониженных температур в зимний период.

4. Введение исследуемых добавок снижает растяжимость битума при 25 °С пропорционально вводимой концентрации, что свидетельствует об увеличении структурированности вяжущего с увеличением содержания восковых компонентов. Растяжимость битума при 0 °С, характеризующая пластичность вяжущего при низких температурах, при концентрациях исследуемых добавок до 2 % включительно, практически не снижается, но ухудшается при дальнейшем повышении концентрации до 3 %. Следовательно, введение исследуемых добавок в концентрациях, не превышающих 2 %, является рациональным для дальнейших исследований.

5. Выявлено, что добавка Вискодор ПВ-2 значительно увеличивает сцепление битума с каменным материалом, что может оказать положительное влияние на долговечность дорожного покрытия.

6. Отечественная добавка Вискодор ПВ-2 по влиянию на физико-химические свойства битума не уступает импортным модификаторам на основе синтетических восков Sasobit и Licomont BS-100.

Благодарности. Работа выполнена с использованием оборудования на базе Центра высоких технологий БГТУ им. В.Г. Шухова.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Печенкин И.Э., Овчинкин И.В. Современные способы производства теплого асфальтобетона // Научные исследования и современное образование: сборник материалов V Международной научно-практической конференции, Чебоксары, 29 декабря 2018 года. Чебоксары: Общество с ограниченной ответственностью "Центр научного сотрудничества "Интерактив плюс", 2018. С. 193–195.

2. Чудинов С.А., Репников Д.В. Современные технологии получения теплых асфальтобетонных смесей // Лесная наука в реализации кон-

цепции уральской инженерной школы: социально-экономические и экологические проблемы лесного сектора экономики: материалы XII Международной научно-технической конференции, Екатеринбург, 21 мая – 22 2019 года/ Министерство науки и высшего образования РФ, Уральский государственный лесотехнический университет. – Екатеринбург: федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Уральский государственный лесотехнический университет", 2019. С. 124–127.

3. Алшахван А., Калгин Ю.И. Преимущества применения технологии теплых асфальтобетонных смесей по сравнению с другими технологиями асфальтобетонных смесей // Высокие технологии в строительном комплексе. 2019. № 2. С. 19–25.

4. Смирнов Д.С., Броднева В.Е., Лобанова А.С. Анализ опыта применения теплых асфальтобетонных смесей // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. 2019. № 4(50). С. 455–461.

5. Шабуров С.С., Кибирев В.Ю. Технология производства теплой асфальтобетонной смеси на вязком битуме // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2016. № 1(54). С. 173–179.

6. Хардукаш А.Ю., Гриневиц Н.А. Производство теплых асфальтобетонных смесей для расширения рабочего сезона в дорожном строительстве // Научное творчество молодежи – лесному комплексу России: материалы XVII Всероссийской (национальной) научно-технической конференции студентов и аспирантов / Министерство образования и науки Российской Федерации, Уральский государственный лесотехнический университет. Екатеринбург, 2021. С. 140–143.

7. Третьяков Р.О. Теплый асфальтобетон в дорожном строительстве // Основные средства. 2014. №5. С. 1784.

8. Jamshidi A., Hamza M.O., You Z. Performance of Warm Mix Asphalt containing Sasobit: State-of-the-art // Construction and Building Materials. 2013. №. 38. Pp. 530–553. doi:10.1016/j.conbuildmat.2012.08.015.

9. Silva H.M.R.D., Oliveira, J.R.M. Peralta J., Zoorob S.E. Optimization of warm mix asphalts using different blends of binders and synthetic paraffin wax contents // Construction and Building Materials. 2010. № 9. Pp. 1621–1631. doi: 10.1016/j.conbuildmat.2010.02.030.

10. Kenneth A., Yaw A.T. Warm-Mix Asphalt and Pavement Sustainability: A Review // Open Journal of Civil Engineering. 2016. № 6. Pp. 84–93. doi:10.4236/ojce.2016.62008.

11. Алшахван А., Калгин Ю.И. Обзор технологий приготовления тёплых асфальтобетонных смесей // Молодой ученый. 2019. № 32(270). С. 102–107.
12. Жданюк В.К., Шрестха Р.Б., Костин Д.Ю., Яшин В.А. Исследование влияния технологических режимов перемешивания на свойства битумов с добавкой «Licomont BS 100» // ХНАДУ. Научно-технический сборник. 2009. №90. С. 238–242.
13. Пыриг Я.И., Галкин А.В. Сравнительная оценка влияния энергосберегающих добавок на свойства битума // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета. 2020. № 90. С. 114–124. doi:10.30977/BUL.2219-5548.2020.90.0.114.
14. Ядыкина В.В., Холопов В.С., Михайлова О.А., Изменение свойств битума, модифицированного температуропонижающими добавками // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. 2022. № 3(155). С. 100–104.
15. Zhao G. Workability of Sasobit Warm Mixture Asphalt // 2012 International Conference on Future Energy, Environment, and Materials. 2012. № 16. Pp. 1230–1236. doi:10.1016/j.egypro.2012.01.196.
16. Шеховцова С.Ю., Высоцкая М.А., Холопов В.С. Особенности технологии теплого асфальтобетона // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. № 2. С. 43–48. doi:10.12737/24131.
17. Куликова А.В., Соломенцев А.Б. Реологические свойства дорожного битума с добавками для теплого асфальтобетона // Строительство и реконструкция. 2013. № 2(46). С. 104–111.
18. Ядыкина В.В., Гридчин А.М., Холопов В.С., Траутвайн А.И. Изменение свойств битума и асфальтобетона под влиянием добавок для теплого асфальтобетона // Сб. статей Международной научной конференции «Наукоемкие технологии и инновации», Белгород, 09–10 октября 2014 г. Белгород: Изд-во БГТУ им. В. Г. Шухова, 2014. С. 124–128.
19. Yadykina V.V., Akimov A.E., Trautvain A.I., Kholopov V.S. Influence of DAD-TA temperature-reducing additive on physical and mechanical properties of bitumen and compaction of asphalt concrete // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. 2018. №. 327. Pp. 1–5. doi:10.1088/1757-899X/327/3/032006.
20. Ядыкина В.В., Гридчин А.М., Траутвайн А.И., Чистяков Ю.П. Влияние энергосберегающих добавок на свойства щебеночно-мастичного асфальтобетона на примере Evotherm, Азол 1007 и Адгезол 3-ТД // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2015. № 6. С. 149–153.

Информация об авторах

Ядыкина Валентина Васильевна, доктор технических наук, профессор кафедры автомобильных и железных дорог. E-mail: vvyu53@yandex.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Михайлова Ольга Анатольевна, аспирант кафедры автомобильных и железных дорог. E-mail: mihaylovalymar@mail.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Поступила 06.01.2023 г.

© Ядыкина В.В. Михайлова О.А., 2023

Yadykina V.V., *Mikhailova O.A.

Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov

**E-mail: mihaylovalymar@mail.ru*

THE EFFECT OF TEMPERATURE-REDUCING ADDITIVES BASED ON SYNTHETIC WAXES ON THE PROPERTIES OF BITUMEN

Abstract. *Obtaining warm asphalt concrete mixes is an urgent task in the road industry, as it allows solving environmental, technological and economic problems of preparing and laying asphalt concrete. One of such technologies is the production of asphalt concrete using organic additives based on synthetic waxes, which until recently were presented on the market exclusively with imported products. In the current political and economic situation, the relevance of the development and implementation of domestic analogues of wax temperature-lowering additives becomes an important task. The article studies the effect of additives based on synthetic waxes on such physico-chemical properties of bitumen binder as penetration, softening temperature,*

extensibility, fragility temperature by Fraas, adhesion to crushed stone. The indicators and comparative analysis of the properties of binders modified by the domestic complex additive Viskodor PV-2 and imported organic additives Licomont BS-100 and Sasobit are given. It was revealed that the new domestic complex additive has advantages over imported wax additives: it allows to lower the brittleness temperature of the binder, increase the softening temperature, the adhesion of bitumen to mineral materials with a smaller decrease in penetration. Rational concentrations of the use of the additive Viskodor PV-2 have been established.

Keywords: warm asphalt concrete, bitumen, temperature-reducing additives, waxes, physico-chemical properties.

REFERENCES

1. Pechenkin I.E., Ovchinkin I.V. Modern methods of production of warm asphalt concrete [Sovremennye sposoby proizvodstva teplogo asfaltobetona]. Scientific research and modern education: collection of materials of the V International Scientific and Practical Conference, Cheboksary, December 29, 2018. Cheboksary: Limited Liability Company "Center for Scientific Cooperation "Interactive Plus", 2018. Pp. 193–195. (rus)
2. Chudinov S.A., Repnikov D.V. Modern technologies for obtaining warm asphalt concrete mixtures [Sovremennye tekhnologii polucheniya teplyh asfaltobetonyh smesey]. Forest science in the implementation of the concept of the Ural engineering school: socio-economic and environmental problems of the forest sector of the economy: materials of the XII International Scientific and Technical Conference, Yekaterinburg, May 21 – 22, 2019. Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation, Ural State Forestry University. – Yekaterinburg: Federal State budgetary educational institution of higher professional education "Ural State Forestry University", 2019. Pp. 124–127.
3. Alshakhvan A., Kalgin Yu. I. Advantages of using the technology of warm asphalt concrete mixtures in comparison with other technologies of asphalt concrete mixtures [Preimushchestva primeneniya tekhnologii teplyh asfaltobetonyh smesey po sravneniyu s drugimi tekhnologiyami asfaltobetonyh smesey]. High technologies in the construction complex. 2019. No. 2. Pp. 19–25.
4. Smirnov D.S., Brodneva V.E., Lobanova A.S. Analysis of the experience of using warm asphalt concrete mixtures [Analiz opyta primeneniya teplyh asfaltobetonyh smesey]. Proceedings of the Kazan State University of Architecture and Civil Engineering. 2019. No. 4(50). Pp. 455–461. (rus)
5. Shaburov S.S., Kibirev V.Y. Technology of production of warm asphalt concrete mixture on viscous bitumen [Tekhnologiya proizvodstva teploj asfaltobetonoj smesi na vyazkom bitumen]. Bulletin of the Tomsk State University of Architecture and Civil Engineering. 2016. No. 1(54). Pp. 173–179. (rus)
6. Hardukash A.Yu., Grinevich N.A. Production of warm asphalt concrete mixes to expand the working season in road construction [Proizvodstvo teplyh asfaltobetonyh smesey dlya rasshireniya rabocheho sezona v dorozhnom stroitelstve]. Scientific creativity of youth - the forest complex of Russia: materials of the XVII All-Russian (national) scientific and technical conference of students and graduate students. Ministry of Education and Science of the Russian Federation, Ural State Forestry University; Yekaterinburg, 2021. Pp. 140–143. (rus)
7. Tretyakov R.O. Warm asphalt concrete in road construction [Teplyj asfaltobeton v dorozhnom stroitelstve]. Fixed assets. 2014. No. 5. 1784. (rus)
8. Jamshidi A., Hamza M.O., You Z. Performance of Warm Mix Asphalt containing Sasobit: State-of-the-art. Construction and Building Materials. 2013. No. 38. Pp. 530–553. doi:10.1016/j.conbuildmat.2012.08.015.
9. Silva H.M.R.D., Oliveira, J.R.M., Peralta J., Zoorob S.E. Optimization of warm mix asphalts using different blends of binders and synthetic paraffin wax contents. Construction and Building Materials. 2010. No. 9. Pp. 1621–1631. doi:10.1016/j.conbuildmat.2010.02.030.
10. Kenneth A., Yaw A.T. Warm-Mix Asphalt and Pavement Sustainability: A Review. Open Journal of Civil Engineering. 2016. No 6. Pp. 84–93. doi:10.4236/ojce.2016.62008.
11. Alshakhvan A., Kalgin Y.I. Overview of technologies for the preparation of warm asphalt concrete mixtures [Obzor tekhnologij prigotovleniya tyoplyh asfaltobetonyh smesey]. Young scientist. 2019. No. 32(270). Pp. 102–107. (rus)
12. Zhdanyuk V.K., Shrestha R.B., Kostin D.Yu., Yashin V. A. Investigation of the influence of technological modes of mixing on the properties of bitumen with the additive "Licomont BS 100" [Issledovanie vliyaniya tekhnologicheskikh rezhimov peremeshivaniya na svoystva bitumov s dobavkoj «Licomont BS 100»]. Kharkiv National Automobile and Road University. Scientific and technical collection. 2009. No. 90. Pp. 238–242. (rus)
13. Pyrig Y.I., Galkin A.V. Comparative assessment of the effect of energy-saving additives on bitumen properties [Sravnitel'naya ocenka vliyaniya energosberegayushchih dobavok na svoystva bituma]. Bulletin of the Kharkiv National Automobile and Road University. 2020. No. 90. Pp. 114–124. doi:10.30977/BUL.2219-5548.2020.90.0.114. (rus)

14. Yadykina, V.V., Kholopov V. S., Mikhailova O.A. Changing the properties of bitumen modified with temperature-reducing additives [Izmenenie svoystv bituma, modifitsirovannogo temperaturoponizhayushchimi dobavkami]. Bulletin of the Donbass National Academy of Construction and Architecture. 2022. No. 3(155). Pp. 100–104.

15. Zhao G. Workability of Sasobit Warm Mixture Asphalt. 2012 International Conference on Future Energy, Environment, and Materials. 2012. No. 16. Pp. 1230–1236. doi:10.1016/j.egypro.2012.01.196.

16. Shekhovtsova S.Y., Vysotskaya M.A., Kholopov V.S. Features of warm asphalt concrete technology [Osobnosti tekhnologii teplogo asfaltobetona]. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2017. No. 2. Pp. 43–48. doi: 10.12737/24131. (rus)

17. Kulikova A.V., Solomentsev A.B. Rheological properties of road bitumen with additives for warm asphalt concrete [Reologicheskie svoystva dorozhnogo bituma s dobavkami dlya teplogo asfaltobetona]. Construction and reconstruction. 2013. No 2(46). Pp. 104–111. (rus)

18. Yadykina V.V., Gridchin A.M., Kholopov V.S., Trautvain A.I. Changing the properties of bitumen and asphalt concrete under the influence of additives for warm asphalt concrete [Izmenenie svoystv bituma i asfaltobetona pod vliyaniem dobavok dlya teplogo asfaltobetona]. Collection of articles of the International Scientific Conference "High-tech technologies and innovations", Belgorod, October 09–10, 2014. Belgorod: Publishing House of BSTU named after V.G. Shukhov, 2014. Pp. 124–128. (rus)

19. Yadykina V.V., Akimov A. E., Trautvain A.I., Kholopov V.S. Influence of DAD-TA temperature-reducing additive on physical and mechanical properties of bitumen and compaction of asphalt concrete. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. 2018. No. 327. Pp. 1–5. doi: 10.1088/1757-899X/327/3/032006.

20. Yadykina V.V., Gridchin A.M., Trautvain A.I., Chistyakov Y.P. The effect of energy-saving additives on the properties of crushed-mastic asphalt concrete on the example of Evotherm, Azol 1007 and Adgezol 3-TD [Vliyanie energosberegayushchih dobavok na svoystva shchebenochno-mastichnogo asfaltobetona na primere Evotherm, Azol 1007 i Adgezol 3-TD]. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2015. No. 6. Pp. 149–153. (rus)

Information about the authors

Yadykina, Valentina V. DSc, Professor. E-mail: vvyva@intbel.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Mikhailova, Olga A. Postgraduate student. E-mail: mihaylovalymar@mail.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Received 06.01.2023

Для цитирования:

Ядыкина В.В. Михайлова О.А. Влияние температуропонижающих добавок на основе синтетических восков на свойства битума // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2023. № 3. С. 8–18. DOI: 10.34031/2071-7318-2022-8-3-8-18

For citation:

Yadykina V.V., Mikhailova O.A. The effect of temperature-reducing additives based on synthetic waxes on the properties of bitumen. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2023. No. 3. Pp. 8–18. DOI: 10.34031/2071-7318-2022-8-3-8-18