СТРОИТЕЛЬНОЕ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

УДК 691.16+665.775

В.С. Поляков, М.В. Акулова, А.И. Афанасьев
ИвГПУ

МОДИФИКАЦИЯ НЕФТЯНЫХ БИТУМОВ ТЕХНОГЕННЫМИ ОТХОДАМИ ПРОИЗВОДСТВА ТЕРМОПЛАСТОВ

Рассмотрены вопросы применения техногенных отходов производства термопластов в виде органических жидкостей, полученные после высокотемпературной промывки полимеризационного оборудования и содержащие 11...15 % (мас.) растворенных термопластов, продуктов их термохимической деструкции, других олигомерных соединений. Результаты исследований показывают возможность использовать в полном объеме отработанные полимерсодержащие промывочные жидкости в качестве эффективных и недорогих модификаторов нефтяных битумов и защитных покрытий на их основе для производства строительных изделий и конструкций.

Ключевые слова: защитные покрытия, битум, модификаторы, термопласты, полиамид-6, полиолефины, термохимическая деструкция, эмульгирование, дуктильность, адгезия, техногенные отходы

Современное состояние строительной индустрии характеризуется динамикой роста объемов строительно-монтажных работ, их сложностью, повышенными требованиями к безопасности и долговечности возводимых объектов промышленного и гражданского назначения. В связи с этим применяемые в настоящее время строительные материалы должны в полной мере соответствовать жестким требованиям к качеству строительного производства, безопасности возводимых объектов, долговременности срока их эксплуатации.

Применяемые в строительстве битумные и полимербитумные вяжущие остаются широко востребованными материалами. Однако нестабильность их качества обусловливает необходимость создания и применения модифицирующих добавок, улучшающих физико-химические свойства не только битумных вяжущих, но и создаваемых на их основе новых композиционных материалов с повышенными качественными характеристиками [1].

В настоящей работе рассматривается влияние модифицирующих добавок на свойства битумного вяжущего, которое используется для получения защитных эпоксидно-битумных покрытий для бетона и железобетона.

Среди известных защитных композиций следует выделить эпоксидно-битумные смеси на основе диановых эпоксидных смол, нефтяных битумов, аминных отвердителей и различных по назначению минеральных наполнителей [1, 2]. Как правило, их получают расплавлением компонентов или методом растворения известными растворителями: ацетоном, бензином, соляровым маслом, ксилолом [3, 4]. В целях оптимизации использования отходов химических и нефтехимических производств целесообразно применять в качестве

© Поляков В.С., Акулова М.В., Афанасьев А.И., 2015

растворителей нефтяных битумов спиртовую фракцию производства капролактама (СФПК) (ТУ 113-03-105—85), сивушные масла производства этилового спирта (ТУ 6-03-465—79), гексанол, 2-этилгексил. Их использование в составе защитных покрытий является рациональным ввиду доступности по цене, качеству и стабильности поставок, так как они производятся на отечественных предприятиях химической и нефтехимической отраслей [5].

Известно, что на качество битумных и эпоксидно-битумных защитных покрытий оказывают влияние не только нефтяные битумы, растворители, наполнители, но и различные по структуре и свойствам модифицирующие добавки. К одним из основных характеристик добавок-модификаторов для битумов следует отнести диспергирующие и пластифицирующие свойства, которые в значительной мере определяют технологию приготовления, способы нанесения покрытия и срок его действия до начала разрушения. Кроме того, роль добавок заключается в увеличении адгезии битумного покрытия к поверхностям бетона, металлов, нерудных материалов [6, 7].

Существует научное предположение, что модифицирующие добавки наиболее эффективны при условии образования ими химических связей с молекулами веществ, составляющих матрицу битумов и прежде всего с асфальтенами. Это возможно, главным образом, при наличии в молекулах модификаторов активных функциональных групп [8, 9].

В ходе исследования способов очистки внутренних поверхностей полимеризационного оборудования на предприятиях по производству полиамида-6, полипропилена, полиэтилена было выявлено, что в зависимости от химической природы и состава используемых технологических промывочных жидкостей образуются композиции, наиболее подходящие в качестве модификаторов нефтяных битумов. При этом становится возможным полностью исключить утилизацию отработанных промывочных технологических жидкостей методом сжигания и, таким образом, возвратить их в технологический оборот в качестве вторичного сырья для потребления в строительном комплексе при производстве дорожных битумов, асфальтобетона, полимербетона [10, 11].

При проведении экспериментов изучали влияние на свойства битумных покрытий добавок отработанных промывочных жидкостей, содержащих растворенные деструктированные термопласты. Для этого использовали битум марки БНД 70/30 и полимерсодержащую жидкость, образующуюся после очистки установки получения полиамида-6. Промывочную жидкость готовили на основе смеси многоатомного алифатического спирта и его производных с синтетическими жирными кислотами (C_5 – C_8). Для очистки внутренних поверхностей оборудования от наростов полимера заполняли весь объем аппаратов промывочной жидкостью и производили ее циркуляцию при температуре 240...270 °С в течение 10 ч по всей технологической схеме установки.

При достижении концентрации полимера (полиамида-6) в промывочной жидкости 11...15 % (мас.) циркуляцию заканчивали и сливали композицию в сборник. После охлаждения ее до комнатной температуры отбирали необходимое количество для приготовления эпоксидно-битумного покрытия для бетона (табл. 1, состав 2).

Далее были приготовлены экспериментальные составы покрытий, для чего использовались следующие компоненты: эпоксидная смола ЭД-20; битум БНД 70/30; полиэтиленполиамин (ПЭПА); отработанная промывочная жидкость, содержащая полиамид-6 и его олигомеры; СФПК; отработанная промывочная жидкость, содержащая полиэтилен низкомолекулярный (НМПЭ) и продукты его деструкции; промывочная жидкость, содержащая деструктированный полипропилен (ППД).

В результате проведенных экспериментов были разработаны защитные покрытия для железобетонных и металлических конструкций. Величину адгезии эпоксидно-битумных покрытий определяли по ГОСТ 28574—2014 по формуле: $R = F/A$, где F — значение величины силы, Н, при которой произошел отрыв покрытия; A — площадь отрыва, мм^2.

Лабораторные испытания проводились на плитах размером 100 × 100 × 50 мм, изготовленных из бетона класса В 30 по прочности при сжатии методом отрыва приклеенного к поверхности покрытия металлического диска.

Экспериментальные составы защитных покрытий (в весовых частях на 1000 г смеси) и величина адгезии к бетонной поверхности (МПа) приведены в табл. 1.

Как видно из экспериментальных данных, наибольшая адгезия наблюдалась у составов 2, 3, 4. Следует отметить характер отрыва покрытия состава 2, который происходил по верхнему слою бетонной плиты, что было подтверждено визуальным осмотром поверхностей отрыва плиты и покрытия. Для состава 1 характерен адгезионный отрыв, для состава 3 — когезионный.

Полученные в ходе испытаний результаты позволяют считать, что адгезия покрытий составов 2, 3, 4 к бетонной подложке выше, чем покрытие без модификаторов (состав 1), а это означает целесообразность их применения для более эффективной защиты бетона.

Табл. 1. Составы защитных покрытий

Компоненты	Составы защитных покрытий (в весовых частях на 1000 г смеси)			
	1	2	3	4
Смола ЭД-20	100	100	100	100
Битум БН 70/30	700	700	700	700
Промывочная жидкость, содержащая полиамид-6	—	100	—	—
СФПК	100	100	100	100
Промывочная жидкость, содержащая НМПЭ	—	—	100	—
Промывочная жидкость, содержащая ППД	—	—	—	100
ПЭПА	80	—	70	80
Величина адгезии, МПа				
Лабораторные испытания на плитах размером 100 × 100 × 40 мм	1,1	1,6	1,3	1,4

В ходе апробирования экспериментальных составов промывочных жидкостей были установлены интервалы температуры, при которых происходит полная очистка внутренних поверхностей полимеризационного оборудования от наростов полимеров и продуктов их деструкции, при этом твердые частицы полимеров деструктируются и полностью растворяются в промывочной жидкости. Экспериментами было установлено, что температура промывки оборудования для производства полиэтилена и полипропилена составляет 150...230 °С, полиамида-6 — 240...270 °С в зависимости от объемов полимеризационного оборудования и длительности процесса промывки, которая может составлять от 10 до 22 ч.

Деструктированные в результате термохимического воздействия молекулы полимеров представляют собой обрывки цепей с различным числом мономерных звеньев, диспергированные в объеме органической жидкости и обладающие высокой реакционной активностью, в т.ч. способные активно реагировать с асфальтенами битума [12, 13].

Исследуемые отработанные полимерсодержащие промывочные жидкости (ППЖ) представляют собой гомогенные системы от маслоподобной до мазеобразной консистенции, которые являются хорошими эмульгаторами, стабилизаторами полимер-олигомерных композиций, в т.ч. на основе нефтяных битумов, масел, полимерных и нефтеполимерных смол. Одним из важных преимуществ вторичного использования ППЖ является их низкая цена как техногенного отхода производства термопластов.

Следует также отметить, что промывочная жидкость, содержащая полиамид-6 и фрагменты его термохимической деструкции, отверждает эпоксидные смолы значительно медленнее, чем ПЭПА, и тем самым способствует увеличению жизнеспособности готовой эпоксидно-битумной смеси в 2...2,5 раза (до 5–7 дней при хранении в закрытой таре), что весьма важно при ее использовании и получении качественного защитного покрытия [14, 15].

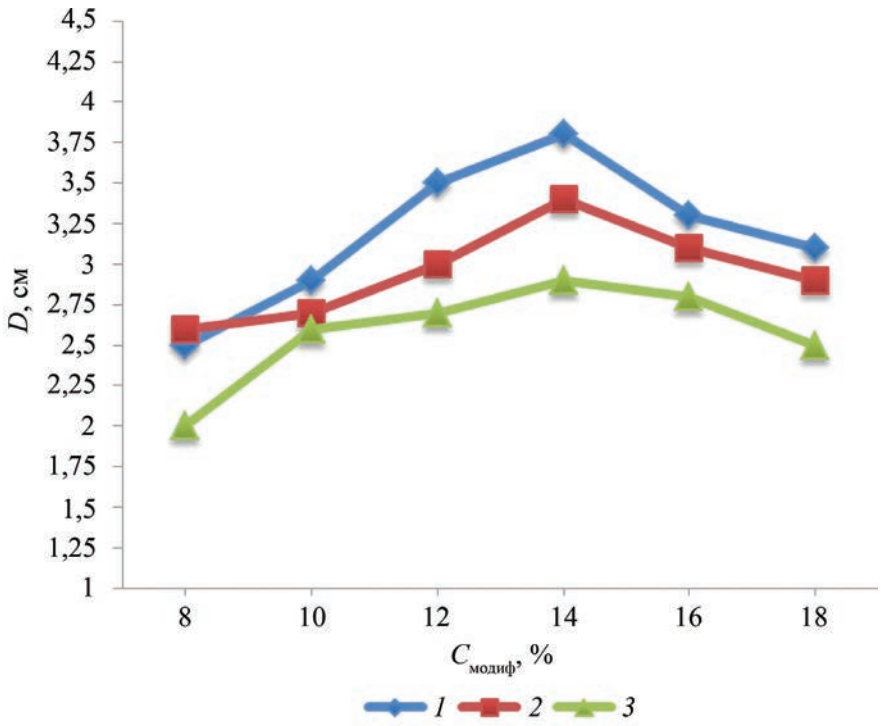
При использовании в качестве модификаторов вышеуказанных ППЖ процесс замедления скорости отверждения битумного или эпоксидно-битумного покрытия способствует активации процессов адсорбции и хемосорбции молекул покрытия к поверхности бетона, черных металлов, нерудных материалов [16, 17].

Наиболее вероятным результатом указанных процессов является образование в поверхностных слоях бетона новых кристаллизационных и квазикристаллизационных взаимопроникающих структур с прочными химическими связями [8, 18]. Это также подтверждают результаты исследований адгезионных свойств экспериментальных составов 1—4 (см. табл. 1).

Как показали проведенные исследования, использование ППЖ в качестве модификаторов битума БН 70/30 позволяет повысить адгезию и прочность покрытий на его основе к поверхности бетона (табл. 1, 2). По нашему мнению, это может быть связано с повышением глубины проникновения модифицированного битума в микропоры бетона, что обусловлено повышением смачивающей способности битума за счет действия модификаторов.

Следует отметить, что присутствие модификаторов несколько изменяет температуру размягчения битума БН 70/30 с 75 °С до 73, 74, 77 °С для составов 2, 3, 4, соответственно (см. табл. 1, 2).

Зависимость дуктильности битума от концентрации модифицирующей ППЖ показана на рисунке, из которого видно, что оптимальная концентрация модификатора находится в интервале 14...15 % (мас.). Как показано в табл. 1, 2, при концентрации модификаторов равной 14,28 % (мас.) наблюдаются оптимальные значения адгезии, дуктильности, температуры размягчения при некотором уменьшении потери массы битума БН 70/30 при прогреве.



Зависимость дуктильности битума БН 70/30 от концентрации модификатора: *1* — состав с деструктированным ПА-6; *2* — состав с НМПЭ; *3* — состав с ППД

В результате проведенных экспериментов выявлено, что ППЖ, содержащие деструктированные полиамид-6, полиэтилен, полипропилен, идентично изменяют свойства битума, что связано с близостью их химической природы как с органическими матрицами исходных промывочных жидкостей, так и с битумом, на что также указывают авторы работ [4, 19, 20].

В ходе выполнения настоящей работы экспериментально установлено, что использование отработанных ППЖ в качестве модификаторов битумных и эпоксидно-битумных покрытий является реально осуществимым и целесообразным. Как видно из табл. 1, наибольшая адгезионная прочность покрытия достигается использованием состава 2, содержащего деструктированный полиамид-6 — 1,6 МПа, затем составом 4, содержащим ППД — 1,4 МПа и составом 3, содержащим НМПЭ — 1,3 МПа.

Табл. 2. Основные свойства битума БН 70/30, модифицированного ППЖ

Наименование показателя	Контрольный образец БН 70/30 без модификатора	Образцы БН 70/30, модифицированные ППЖ, содержащие деструктированные полимеры (концентрация модификаторов в битуме — 14,28 %)			Метод испытаний
		ПА-6	НМПЭ	ПП	
Глубина проникновения иглы при 25 °С, × 10^{-1} мм	36	40	38	35	ГОСТ 11501
Температура размягчения по кольцу и шару, °С	75	73	74	77	ГОСТ 11506
Растяжимость (дуктильность) при 25 °С, не менее, см	3,0	3,8	3,4	2,9	ГОСТ 11505
Изменение массы после прогрева, % не более	0,5	0,44	0,49	0,48	ГОСТ 18180

Таким образом, проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы:

• целесообразно и возможно использование ППЖ, образующихся на предприятиях по производству термопластов в качестве модификаторов нефтяных битумов и защитных покрытий на их основе;

• наибольшая адгезионная прочность эпоксидно-битумных покрытий достигается использованием в качестве модификаторов ППЖ при концентрации в них деструктированных термопластов (полиамида-6, полиэтилена, полипропилена) в количестве не более 11...15 % (мас.);

• реализация исследованного способа модификации нефтяных битумов и защитных покрытий на их основе позволит полностью устранить необходимость утилизации ППЖ методом их сжигания на предприятиях по производству термопластов, т.е. значительно снизить объем выброса в атмосферу вредных газов.

Библиографический список

1. Справочник по клеям и клеящим мастикам в строительстве / под ред. В.Г. Мигульского, О.А. Фиговского. М. : Стройиздат, 1984. 241 с.

2. *Мардиросова И.В., Чан Н.Х., Балабанова О.А.* Модифицированное асфальтовое вяжущее повышенной стойкости к старению // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2011. № 4. С. 15—20.

3. *Бабаев В.И., Королев И.В., Гридчин А.М., Шухов В.И.* Технические ПАВ из вторичных ресурсов в дорожном строительстве. М. : Транспорт, 1991. 320 с.

4. *Лабутин А.Л.* Антикоррозионные и герметизирующие материалы на основе синтетических каучуков. Л. : Химия, 1982. 213 с.

5. *Бедрик Б.Г., Чулков П.В., Калашников С.И.* Растворители и составы для очистки машин и механизмов. М. : Химия, 1989. 174 с.

6. Строительные материалы: Справочник / под ред. А.С. Болдырева, П.П. Золотова. М. : Стройиздат, 1989. 567 с.

7. *Чекулаева Е.И., Радзевич В.Е., Соколов В.А., Черненко В.И.* Защита строительных конструкций и химической аппаратуры от коррозии : 2-е изд., перераб. и доп. М. : Стройиздат, 1989. 205 с. (Повышение мастерства рабочих строительства и промышленности строительных материалов)

8. *Соломатов В.И., Бобрышев А.Н., Химмлер К.Г.* Полимерные композиционные материалы в строительстве / под ред. В.И. Соломатова. М. : Стройиздат, 1988. 308 с.

9. *Беспалов Ю.А., Коноваленко Н.Г.* Многокомпонентные системы на основе полимеров. Л. : Химия, 1981. 88 с.

10. *Пальгунов П.П., Сумароков М.В.* Утилизация промышленных отходов. М. : Химия, 1990. 347 с. (Охрана окружающей природной среды)

11. *Шевердяев О.Н., Крынкина В.Н., Коськин И.Ю., Черник Г.Г., Шевердяева Н.В.* Свойства битумно-полимерных материалов с высокодисперсными кремнеземсодержащими минеральными наполнителями // Строительные материалы. 2007. № 9. С. 72—73.

12. *Шехтер Ю.Н., Крейн С.Э.* Поверхностно-активные вещества из нефтяного сырья. М. : Химия, 1971. 488 с.

13. *Кондакова И.Э., Яушева Л.С., Богатов А.Д., Шишкин В.Н., Ерофеев В.Т.* Эпоксидно-каменноугольные полимербетоны // Строительные материалы. 2006. № 6. С. 99—101.

14. *Кардашов Д.А., Петрова А.П.* Полимерные клеи. Создание и применение. М. : Химия, 1991. 250 с.

15. *Урьев Н.Б.* Физико-химические основы технологии дисперсных систем и материалов. М. : Химия, 1988. 255 с.

16. *Матвеев В.С., Янков В.И., Глуз М.Д., Куличихин В.Г.* Получение и свойства растворов и расплавов полимеров. М. : Химия, 1994. 319 с.

17. *Перцов Н.В., Яковлев В.М.* Роль поверхностных химических взаимодействий в проявлении эффекта Ребиндера при обработке материалов в галогенсодержащих средах // Физика и химия обработки материалов. 1985. № 4. С. 38—46.

18. *Федосов С.В., Акулова М.В., Краснов А.М.* Легкий мелкозернистый бетон повышенной прочности // Ученые записки инженерно-строительного факультета. Иваново, 2008. Вып. 4. С. 17—20.

19. *Кучма М.И.* Поверхностно-активные вещества в дорожном строительстве. М. : Транспорт, 1980. 191 с.

20. *Берлин А.А., Вольфсон С.А., Ошмян Н.С., Ениколопов Н.С.* Принципы создания полимерных композиционных материалов. М. : Химия, 1990. 238 с.

21. Промышленные полимерные композиционные материалы / под ред. М. Ричардсона ; пер с англ. П.Г. Бабаевского, А.А. Грабильникова, С.Г. Кулика. М. : Химия, 1980. 472 с.

Поступила в редакцию в декабре 2015 г.

Об авторах: **Поляков Вячеслав Сергеевич —** кандидат технических наук, докторант кафедры строительного материаловедения, специальных технологий и технологических комплексов, **Ивановский государственный политехнический университет (ИВГПУ)**, 153037, г. Иваново, ул. 8 Марта, д. 20, vs_polyakov@mail.ru;

Акулова Марина Владимировна — доктор технических наук, профессор, заведующая кафедрой строительного материаловедения, специальных технологий и технологических комплексов, **Ивановский государственный политехнический университет (ИвГПУ)**, 153037, г. Иваново, ул. 8 Марта, д. 20, Akylova@yandex.ru;

Афанасьев Андрей Игоревич — аспирант кафедр строительного материаловедения, специальных технологий и технологических комплексов, **Ивановский государственный политехнический университет (ИвГПУ)**, 153037, г. Иваново, ул. 8 Марта, д. 20, anduxa37@mail.ru.

Для цитирования: *Поляков В.С., Акулова М.В., Афанасьев А.И.* Модификация нефтяных битумов техногенными отходами производства термопластов // Вестник МГСУ. 2016. № 7. С. 57—66.

V.S. Polyakov, M.V. Akulova, A.I. Afanas'ev

MODIFICATION OF OIL BITUMEN BY TECHNOGENIC WASTE OF THERMOPLASTICS PRODUCTION

In the article the author considers the questions of secondary use of organic liquid products, which are formed during the high temperature cleaning of the equipment for producing thermoplastic polymer polyamide 6, polyethylene, polypropylene. On chemical and petrochemical plants producing or processing thermoplastics, the recycling waste, including drilling fluids are quite a current issue. The authors of the article conducted a research on the possibility of applying flush fluids used for the modification of petroleum bitumen and as a basis of protective coatings for concrete, reinforced concrete. During the research it was found out that washing liquid can be used for modification of petroleum bitumens.

The organic phase of drilling fluids and dissolved thermoplastics and products of their thermo-chemical destruction are similar in chemical nature and represent a stable dispersed system with surface-active properties. The experiments have shown their compatibility with oily carbonic acids, alcohols, their esters, as well as oil, vegetable, synthetic oils, organic solvents, synthetic resins and bitumen.

The main purpose of the study is to reveal the effect of additives to polymers-containing drilling fluids on the properties of epoxy-bitumen coating for concrete and reinforced concrete. The results showed that the test fluids are effective modifiers of oil and bitumen, epoxy-bitumen coatings, improve their physical and mechanical properties and above all increase the adhesion strength of the coating with the concrete.

The studies revealed the feasibility of the secondary usage of waste of polymer-containing liquids as modifying additives for petroleum asphalts and coatings on their basis.

Key words: protective coatings, bitumen, modifiers, thermoplastics, polyamide 6, polyolefin, thermochemical destruction, emulsification, ductility, adhesion, technogenic waste

References

1. Migul'skiy V.G., Figovskiy O.A., editors. *Spravochnik po kleyam i kleyashchim mastikam v stroitel'stve* [Reference Book on Glues and Adhesive Mastics in Construction]. Moscow, Stroyizdat Publ., 1984, 241 p. (In Russian)

2. Mardirosova I.V., Chan N.Kh., Balabanova O.A. Modifitsirovannoe asfal'tovoe vyazhushchee povyshennoy stoykosti k stareniyu [Modified Asphalt Binder with Increased Ageing Resistance]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Stroitel'stvo* [News of Higher Educational Institutions. Construction]. 2011, no. 4, pp. 15—20. (In Russian)

3. Babaev V.I., Korolev I.V., Gridchin A.M., Shukhov V.I. *Tekhnicheskie PAV iz vtorichnykh resursov v dorozhnom stroitel'stve* [Technical Surface-Active Agents of Secondary Resources in Road Construction]. Moscow, Transport Publ., 1991, 320 p. (In Russian)

4. Labutin A.L. *Antikorrozionnye i germetiziruyushchie materialy na osnove sinteticheskikh kauchukov* [Corrosion-Resistant and Sealing Materials Based on Synthetic Rubber]. Leningrad, Khimiya Publ., 1982, 213 p. (In Russian)

5. Bedrik B.G., Chulkov P.V., Kalashnikov S.I. *Rastvoriteli i sostavy dlya ochistki mashin i mekhanizmov* [Solvents and Compositions for Cleaning Machines and Mechanisms]. Moscow, Khimiya Publ., 1989, 174 p. (In Russian)

6. Boldyrev A.S., Zolotov P.P., editors. *Stroitel'nye materialy: Spravochnik* [Construction Materials: Reference Book]. Moscow, Stroyizdat Publ., 1989, 567 p. (In Russian)

7. Chekulaeva E.I., Radzevich V.E., Sokolov V.A., Chernenko V.I. *Zashchita stroitel'nykh konstruktsiy i khimicheskoy apparatury ot korrozii* [Protection of Building Structures and Chemical Apparatus against Corrosion]. 2nd edition, revised and enlarged. Moscow, Stroyizdat Publ., 1989, 205 p. (Povyshenie masterstva rabochikh stroitel'stva i promyshlennosti stroitel'nykh materialov [Increasing the Skills of Construction and Construction Materials Industry Workers]) (In Russian)

8. Solomatov V.I., Bobryshev A.N., Khimmler K.G. *Polimernye kompozitsionnye materialy v stroitel'stve* [Polymer Composite Materials in Construction]. Moscow, Stroyizdat Publ., 1988, 308 p. (In Russian)

9. Bespalov Yu.A., Konovalenko N.G. *Mnogokomponentnye sistemy na osnove polimerov* [Multicomponent Systems Based on Polymers]. Leningrad, Khimiya Publ., 1981, 88 p. (In Russian)

10. Pal'gunov P.P., Sumarokov M.V. *Utilizatsiya promyshlennykh otkhodov* [Utilization of Industrial Waste]. Moscow, Khimiya Publ., 1990, 347 p. (Okhrana okruzhayushchey prirodnoy sredy [Natural Environment Protection]) (In Russian)

11. Sheverdyaev O.N., Krynkina V.N., Kos'kin I.Yu., Chernik G.G., Sheverdyaeva N.V. Svoystva bitumno-polimernykh materialov s vysokodispersnymi kremnezemsoderzhashchimi mineral'nymi napolnitelyami [Properties of Bitumen Polymer Materials with Finely-Dispersed Silica-Containing Mineral Fillers]. *Stroitel'nye materialy* [Construction Materials]. 2007, no. 9, pp. 72—73. (In Russian)

12. Shekhter Yu.N., Kreyn S.E. *Poverkhnostno-aktivnye veshchestva iz neftyanogo syr'ya* [Surface-Active Agents Made of Oil Raw Materials]. Moscow, Khimiya Publ., 1971, 488 p. (In Russian)

13. Kondakova I.E., Yausheva L.S., Bogatov A.D., Shishkin V.N., Erofeev V.T. Epoksidno-kamennougol'nye polimerbetony [Epoxy Coal Polymer Concretes]. *Stroitel'nye materialy* [Construction Materials]. 2006, no. 6, pp. 99—101. (In Russian)

14. Kardashov D.A., Petrova A.P. *Polimernye klei. Sozdanie i primenenie* [Polymer Glues. Construction and Application]. Moscow, Khimiya Publ., 1991, 250 p. (In Russian)

15. Ur'ev N.B. *Fiziko-khimicheskie osnovy tekhnologii dispersnykh sistem i materialov* [Physical and Chemical Bases of Dispersed Systems and Materials Technology]. Moscow, Khimiya Publ., 1988, 255 p. (In Russian)

16. Matveev V.S., Yankov V.I., Gluz M.D., Kulichikhin V.G. *Poluchenie i svoystva rastvorov i rasplavov polimerov* [Manufacturing and Properties of Polymer Solutions and Melts]. Moscow, Khimiya Publ., 1994, 319 p. (In Russian)

17. Pertsov N.V., Yakovlev V.M. Rol' poverkhnostnykh khimicheskikh vzaimodeystviy v proyavlenii effekta Rebindera pri obrabotke materialov v galogensoderzhashchikh sredakh [The Role of Surface Chemical Interactions in the Rehbinder Effect when Processing Materials in Halogenous Media]. *Fizika i khimiya obrabotki materialov* [Physics and Chemistry of Materials Proccessing]. 1985, no. 4, pp. 38—46. (In Russian)

18. Fedosov S.V., Akulova M.V., Krasnov A.M. Legkiy melkozernistyy beton povyshennoy prochnosti [Lightweight Fine-Grained Concrete with Increased Strength]. *Uchenye zapiski inzhenerno-stroitel'nogo fakul'teta* [Scientific Notes of Engineering and Construction Department]. Ivanovo, 2008, no. 4, pp. 17—20. (In Russian)

19. Kuchma M.I. *Poverkhnostno-aktivnye veshchestva v dorozhnom stroitel'stve* [Surface-Active Matters in Road Construction]. Moscow, Transport Publ., 1980, 191 p. (In Russian)

20. Berlin A.A., Vol'fson S.A., Oshmyan N.S., Enikolopov N.S. *Printsipy sozdaniya polimernykh kompozitsionnykh materialov* [Principles of Creating Polymer Composite Materials]. Moscow, Khimiya Publ., 1990, 238 p. (In Russian)

21. Richardson M.O.W., editor. Polymer Engineering Composites. Elsevier Science & Technology, 1977, 585 p.

About the authors: **Polyakov Vyacheslav Sergeevich** — Candidate of Technical Sciences, Doctoral Student, Department of Construction Materials Science, Special Technologies and Technological Facilities, **Ivanovo State Polytechnic University (IVGPU)**, 20 8th Marta street, Ivanovo, 153037, Russian Federation; vs_polyakov@mail.ru;

Akulova Marina Vladimirovna — Doctor of Technical Sciences, Professor, head, Department of Construction Materials Science, Special Technologies and Technological Facilities, **Ivanovo State Polytechnic University (IVGPU)**, 20 8th Marta street, Ivanovo, 153037, Russian Federation; Akylova@yandex.ru;

Afanas'ev Andrey Igorevich — postgraduate student, Department of Construction Materials Science, Special Technologies and Technological Facilities, **Ivanovo State Polytechnic University (IVGPU)**, 20 8th Marta street, Ivanovo, 153037, Russian Federation; anduxa37@mail.ru.

For citation: Polyakov V.S., Akulova M.V., Afanas'ev A.I. Modifikatsiya neftyanykh bitumov tekhnogennymi otkhodami proizvodstva termoplastov [Modification of Oil Bitumen by Technogenic Waste of Thermoplastics Production]. *Vestnik MGSU* [Proceedings of Moscow State University of Civil Engineering]. 2016, no. 7, pp. 57—66. (In Russian)