

**Е.А. Емельянычева, А.И. Абдулин, А.А. Воробьева,  
С.А. Сеитова, И.Г. Шайхиев**

Казанский национальный исследовательский технологический университет

## **ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ МОДИФИКАЦИИ НЕФТЯНОГО БИТУМА ПРОДУКТОМ ИНЕРТИЗАЦИИ НЕФТЕШЛАМА ОТХОДАМИ ПОЛИЭТИЛЕНА**

Исследована возможность получения качественного и долговечного дорожного покрытия и направления утилизации нефтесодержащих отходов. В качестве полимерных наполнителей целесообразно использовать измельченные отходы высокомолекулярных соединений в различных соотношениях – пленочные отходы полиэтилена высокого и низкого давления, отходы полипропилена. Модифицированное битумное вяжущее получено при перемешивании битума марки 40/60 и нефтешлама, инертизированного отходами полиэтилена низкого давления (ПНД), с содержанием модифицирующей добавки от 0,5 до 6,5 %. Исследованы показатели теплостойкости битума, температура хрупкости по Фраасу, показатель пенетрации, растяжимость, упругое восстановление, показатель адгезии.

Найдено, что наилучшие физико-механические показатели достигаются у образца нефтешлама, смешанного с отходами ПНД в соотношении 5:1 соответственно. Определена токсичность водных вытяжек из продуктов инертизации нефтешлама отходами ПНД с использованием стандартных тест-объектов *Daphnia magna Straus* и *Paramecium caudatum*. Определено, что кратность разбавления водных вытяжек составляет  $K_p = 35,46$  и  $K_p = 6,92$  соответственно, что соответствует IV классу опасности полученного продукта. Полученный продукт инертизации нефтешлама отходами ПНД исследовался в качестве модифицирующей добавки в составе битумных вяжущих, используемых в дорожном строительстве, в количестве 0,5–6,5 %. Определены показатели теплостойкости, температуры хрупкости, пенетрации, растяжимости, эластичности и адгезии полученных композиций. Найдено, что наилучшие показатели у модифицированного битумного вяжущего достигаются при содержании добавки в количестве 1 и 2,5 %. Сделан вывод, что более целесообразно использовать исследуемую добавку в комплексе с другими модификаторами битума.

**Ключевые слова:** битум, модификация, битумное вяжущее, нефтешлам, отходы полиэтилена.

---

Оценка возможности модификации нефтяного битума продуктом инертизации нефтешлама отходами полиэтилена / Е.А. Емельянычева, А.И. Абдулин, А.А. Воробьева, С.А. Сеитова, И.Г. Шайхиев // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Прикладная экология. Урбанистика. – 2018. – № 4. – С. 5–16. DOI: 10.15593/2409-5125/2018.04.01

Emelyanycheva E., Abdullin A., Vorobyeva A., Seitova S., Shaikhiyev I. Evaluation of opportunities for modification of oil bitumen by product of inertization of oil scraps by polyethylene waste. PNRPU. Applied ecology. Urban development. 2018. No. 4. Pp. 5-16. DOI: 10.15593/2409-5125/2018.04.01

В результате промышленного производства и жизнедеятельности человека растет количество отходов, которые отрицательно воздействуют на окружающую среду. При этом значительная часть отходов может быть превращена во вторичное сырье. Проблема вторичного использования отходов производства позволяет решать не только экологические, но и экономические задачи.

Нефть – один из основных видов энергетического сырья. Потребность индустриально развитых стран в энергии в ближайшие десятилетия по-прежнему будет удовлетворяться за счет продуктов переработки нефти, при этом проблема охраны природы и рационального использования природных ресурсов на нефтяных месторождениях страны и нефтеперерабатывающих комплексах приобретают особую актуальность.

Нефтесодержащие отходы образуются на всех этапах обращения с нефтью. При переработке на нефтеперерабатывающих предприятиях 1000 т нефти образуются тонны нефтяного шлама. Ввиду того что существующие способы по утилизации последнего являются недостаточно эффективными, предприятия вынуждены накапливать нефтешламы и постоянно увеличивать объемы шламонакопителей, что приводит к интенсивному загрязнению почвы, воздуха, грунтовых вод.

Хранение нефтешламов создает экологические проблемы, тогда как их нефтяная часть является ценным органическим сырьем [1]. При всем многообразии известных методов утилизации нефтесодержащих отходов проблема переработки и использования последних остается одной из наиболее актуальных.

Основными способами обезвреживания нефтесодержащих отходов, в том числе нефтешламов, являются: термический [1–3], биологический [1, 3, 4–6], химический [1, 3, 7–9], физико-химический [10–12] и др.

Ранее нами показан относительно новый способ утилизации нефтешлама путем его смешивания в определенных пропорциях с отходами высокомолекулярных соединений, такими как полиэтилен (ПЭ) высокого и низкого давления и полипропилен (ПП).

Определено, что наилучшие физико-химические показатели продукта инертизации нефтешлама отходами ПЭ низкого давления достигаются при смешивании последних в соотношении 5:1 соответственно [13, 14]. Определено, что водные вытяжки продукта инертизации нефтешлама отходами полимеров не оказывают токсического действия на проращивание семян кресс-салата, при этом способствуя некоторому увеличению длины зародышевого корешка и побегов образцов растений. Оценена токсичность водных вытяжек из продуктов инертизации нефтешлама отходами ПЭ низкого давления с использованием стандартных тест-объектов

*Daphnia magna* Straus и *Paramecium caudatum* (кратность разбавления водных вытяжек  $K_p = 35,46$  и  $K_p = 6,92$  соответственно, что относит полученный продукт к VI классу опасности) [15].

Целью настоящей работы явилось исследование возможности использования полученного продукта инертизации нефтешлама полимерными добавками в качестве модификатора битумных вяжущих, используемых в дорожном строительстве.

На сегодняшний день одна из острых проблем в дорожном строительстве – получение качественного и долговечного дорожного покрытия. Обычно асфальтобетонные покрытия на основе нефтяного дорожного битума не способны обеспечивать в условиях современного грузонапряженного и интенсивного движения требуемых физико-механических свойств покрытия и его долговечности.

Наиболее эффективным решением данной проблемы является переход к новым материалам и технологиям, модификация битума наполнителями, полимерными добавками, а также отходами нефтяной и нефтехимической промышленности. В качестве модификаторов для производства органических вяжущих типа битумов возможно использование отходов и побочных продуктов нефтепереработки и нефтехимии (кислые гудроны, щелочные отходы, смолы пиролиза и нефтяных фракций, побочные продукты производства синтетического каучука) [16, 17].

Введение отходов нефтеперерабатывающих производств и высокодисперсного кремнезема в битумно-полимерную композицию способствует повышению температуры размягчения, адгезии к бетонным основаниям, а также утилизации вторичных полимеров и нефтешлама. Компонентами битумно-полимерных композиций являются нефтяные строительные битумы, вторичные полимеры и нефтешлам [18, 19]. Показано, что применение нефтешлама в качестве модификатора битума является одним из рациональных способов его использования, так как при этом достигается положительный экологический и экономический эффект [20].

**Экспериментальная часть. Объекты исследования.** Объектом исследования является битум нефтяной дорожный (БНД) марки 40/60 производства ОАО «ТАИФ-НК», исходные характеристики которого представлены ниже:

Показатель	Значение
Температура размягчения по методу «Кольцо и шар», °С	59,35
Температура хрупкости по Фраасу, °С	–22,4
Пенетрация при 0 °С, число пенетрации	12,5
Пенетрация при 25 °С, число пенетрации	40

Показатель	Значение
Дуктильность при 0 °С, см	7,6
Дуктильность при 25 °С, см	24
Эластичность при 0 °С, %	21,05
Эластичность при 25 °С, %	33,3

Используемая добавка в качестве модификатора битума: нефтешлам, инертизированный отходами ПЭ низкого давления в соотношении 5:1 соответственно. Исходные характеристики последнего приведены ниже:

Показатель	Значение
Температура размягчения по методу «Кольцо и шар», °С	111,05
Температура хрупкости по Фраасу, °С	-46
Содержание серы, %	2,56
Коксуемость, %	90,5
Зольность, %	43,96

**Методы исследования.** Модифицированное битумное вяжущее приготавливалось перемешиванием БНД с добавкой продукта инертизации нефтешлама (далее – добавка) с использованием электрической мешалки при температуре 160 °С в течение 1,5 ч и при скорости 468 об/мин.

Было изготовлено 7 образцов битумного вяжущего с содержанием модифицирующей добавки 0,5; 1; 2; 2,5; 3; 5 и 6,5 %.

Приготовленные образцы битумного вяжущего исследовались по следующим показателям: теплостойкость битума по методу «Кольцо и шар», низкотемпературные свойства битума методом определения температуры хрупкости по Фраасу, показатель пенетрации методом определения глубины проникновения иглы, растяжимость методом определения дуктильности, упругое восстановление методом определения эластичности. Адгезия битума оценивалась методом пассивного сцепления битумного вяжущего с минеральным материалом.

**Обсуждение результатов.** Первоначально определялось влияние количества введенной добавки на температуру размягчения модифицированного битумного вяжущего. Графическая зависимость изменения названного показателя приведена на рис. 1.

Как следует из приведенных на рис. 1 данных, максимальное значение температуры размягчения по методу «Кольцо и шар» (65,1 °С) достигается у образца битумного вяжущего с содержанием добавки 3 %. Следует отметить, что значения температуры размягчения каждого из опытных образцов выше, чем у исходного битума, что объясняется наличием асфальтенов, содержащихся в нефтешламе.

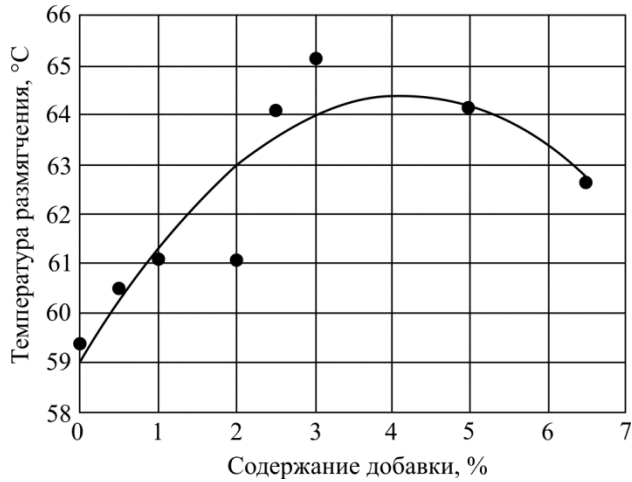


Рис. 1. Изменение температуры размягчения битумного вяжущего в зависимости от количества добавки

Важнейшим показателем низкотемпературных свойств является температура хрупкости. Изменение значений названного показателя в зависимости от содержания модифицирующей добавки в составе битумного вяжущего приведено на рис. 2.

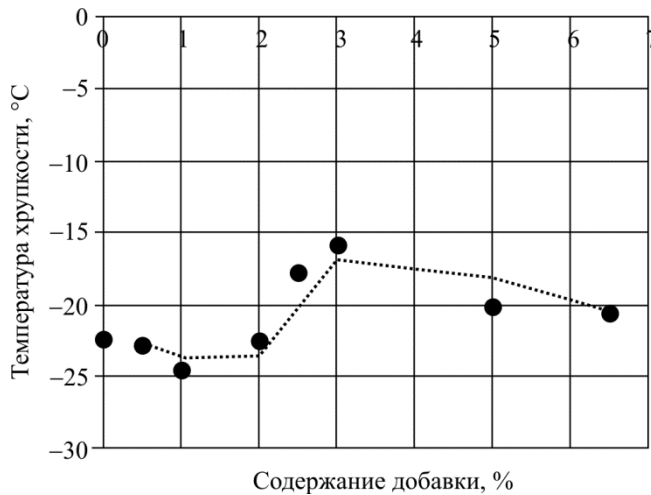


Рис. 2. Изменение температуры хрупкости битума в зависимости от количества добавки

Как следует из приведенной на рис. 2 кривой, первоначально введение малых концентраций модификатора битума способствует снижению искомого показателя. Наименьшее значение температуры хрупкости

( $-24,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) достигается при содержании добавки 1 %. Последующее увеличение содержания модифицирующей добавки до 3 % способствует увеличению названного показателя, дальнейшее повышение количества введенного модификатора – некоторому снижению температуры хрупкости. Тем не менее следует отметить, что введение более 1 % добавки в состав битумного вяжущего способствует повышению температуры хрупкости относительно этого параметра у исходного битума.

В дальнейшем определялись значения пенетрации битумного вяжущего при 0 и  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$  в зависимости от содержания модификатора. Графические зависимости изменения числа пенетрации приведены на рис. 3.

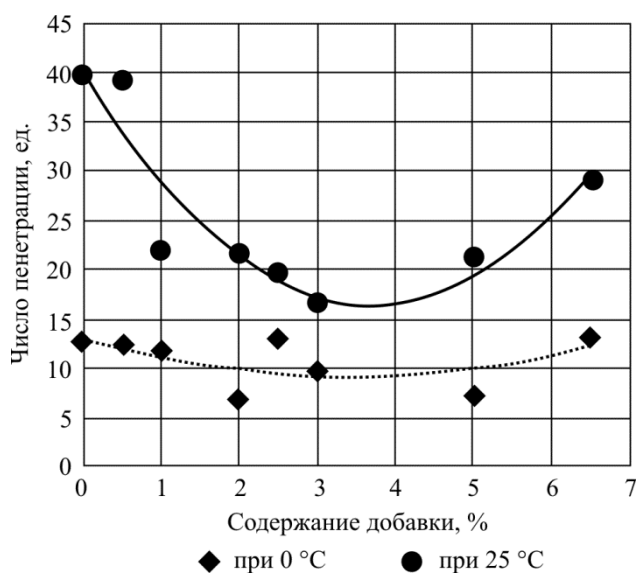


Рис. 3. Изменение числа пенетрации битума при 0 и  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$  в зависимости от количества добавки

Как следует из приведенных на рис. 3 данных, максимальное значение числа пенетрации при  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  достигается у образцов битума, содержащего 2,5 и 6,5 % добавки.

Максимальное значение числа пенетрации при  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$  наблюдается у образца битумного вяжущего, в состав которого входит 0,5 % добавки. Следует отметить, что число пенетрации при  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$  у всех образцов ниже, чем у исходного битума, из-за присутствия нефтешлама, содержащего значительное количество смол и асфальтенов, выполняющих структурирующую функцию и повышающих прочностные свойства системы, что приводит к изменению марки исходного битума [21].

Следующим этапом настоящей работы явилось определение значений дуктильности экспериментального битумного вяжущего в зависимости от содержания модифицирующей добавки при 0 и 25 °С.

Приведенные зависимости приведены на рис. 4. Как следует из графической зависимости, максимальное значение дуктильности при 0 °С достигнуто у образца битума, содержащего 1 % добавки, а при 25 °С – у опытных образцов битумного вяжущего, в состав которого введено 1 и 2 % добавки. Как следует из приведенных на рис. 4 данных, показатель растяжимости у всех опытных образцов ниже, чем у исходного битума, в результате повышения вязкости битумной системы.

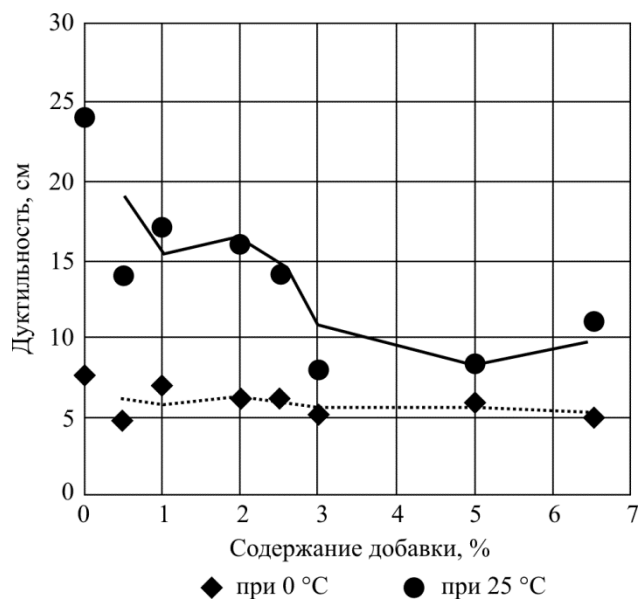


Рис. 4. Изменение дуктильности при 0 и 25 °С в зависимости от количества добавки

В дальнейшем определялись значения эластичности опытных образцов битумного вяжущего, содержащих различные дозировки модифицирующей добавки, при 0 и 25 °С.

Графические зависимости изменения показателя эластичности при различных температурах приведены на рис. 5, из которого следует, что максимальное значение эластичности при 0 °С достигнуто при введении 3 % добавки в состав битума, а при 25 °С – при содержании 0,5 % модификатора. Повышение значения эластичности образцов битумного вяжущего объясняется наличием смол в составе нефтешлама, а также присутствием ПЭ в модифицирующей добавке.

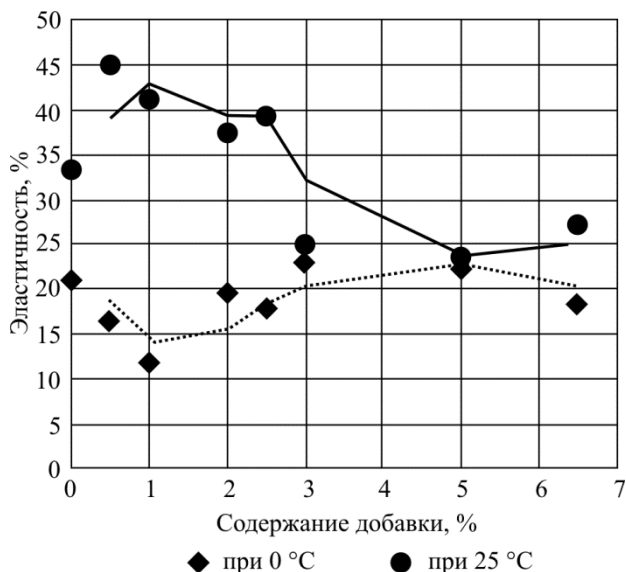


Рис. 5. Изменение эластичности при 0 и 25 °C в зависимости от количества добавки

Также был использован метод определения адгезии «пассивное сцепление» у двух выбранных образцов битумного вяжущего по наиболее оптимальным значениям всех показателей. Таковыми признаны два опытных образца битумного вяжущего, содержащего в своем составе 1 и 2,5 % добавки. Проведенными экспериментами определено, что адгезия экспериментальных образцов битума соответствует адгезии опытного образца. Выбранные опытные образцы битумного вяжущего прошли испытание на сцепление с минеральным материалом.

**Выводы.** Согласно полученным результатам, наиболее оптимальным является применение исследуемого модификатора с 1 и 2,5 % добавки.

Введение модифицирующей добавки в виде нефтешлама совместно с отходами производства ПЭ позволяет улучшить показатель теплостойкости битумного вяжущего, а также низкотемпературные свойства и показатель эластичности при определенных соотношениях битумного вяжущего и модификатора, но в то же время ухудшает показатели пенетрации и растяжимости. Вследствие этого, более целесообразно использовать данную добавку в комплексе с другими модификаторами битума.

#### Библиографический список

1. Ахметов А.Ф., Гайсина А.Р., Мустафин И.А. Методы утилизации нефтешламов различного происхождения // Нефтегазовое дело. – 2009. – Т. 9, № 3. – С. 98–101.



2. Бахонина Е.И. Современные технологии переработки и утилизации углеводородсодержащих отходов. Сообщение 1. Термические методы утилизации и обезвреживания углеводородсодержащих отходов // Башкирский химический журнал. – 2015. – Т. 22, № 1. – С. 20–29.
3. Красногорская Н.Н., Магид А.Б., Трифонова Н.А. Утилизация нефтяных шламов // Нефтегазовое дело. – 2004. – Т. 2, № 1. – С. 217–222.
4. Тимофеев С.С., Медведева С.А. Биотехнологическая утилизация нефтешламов и буровых растворов // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2010. – № 1 (41). – С. 158–163.
5. Соловьянов А.А. Переработка нефтешламов с использованием химических и биологических методов // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. – 2012. – № 5. – С. 30–39.
6. Ахмадиев М.В. Применение аборигенных штаммов углеводородоксилирующих микроорганизмов при биоремедиации нефтезагрязненных почв и грунтов // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Прикладная экология. Урбанистика. – 2014. – № 2. – С. 119–130.
7. Воробьева С.Ю., Шпинькова М.С., Мерициди И.А. Переработка нефтешламов, буровых шламов, нефтезагрязненных грунтов методом реагентного капсулирования // Территория Нефтегаз. – 2011. – № 2. – С. 68–71.
8. Исследование возможности получения дорожного битума окислением нефтешлама / О.В. Черных, П.П. Пурьгин, С.В. Котов, И.Ф. Шаталаев, С.Х. Шарипова, З.Р. Мадумарова // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2009. – Т. 11, № 1 (2). – С. 234–237.
9. Cui B. Oxidation of oily sludge in supercritical water / B. Cui, F. Cui, G. Jing, S. Xu, W. Huo, S. Liu // Journal of Hazardous Materials. – 2009. – Vol. 165. – P. 511–517.
10. Petroleum cuts as solvent extractor for oil recovery from petroleum sludge / A.Y. El Naggar, E.A. Saad, A.T. Kandil, H.O. Elmoher // Journal of Petroleum Technology. Alternative Fuels. – 2010. – Vol. 1. – P. 10–19.
11. Taiwo E.A., Otolorin J.A. Oil recovery from petroleum sludge by solvent extraction // Petroleum Science and Technology. – 2009. – Vol. 27. – P. 836–844.
12. Fisher J.A., Scarlett M.J., Stott A.D. Accelerated solvent extraction: an evaluation for screening of soils for selected U.S. EPA semivolatile organic priority pollutants // Environmental Science and Technology. – 1997. – Vol. 31. – P. 1120–1127.
13. Совместная утилизация нефтесодержащих и полимерных отходов / С.В. Золотокопова, С.А. Сеитова, И.А. Палагина, З.Г. Литвинова // Безопасность жизнедеятельности. – 2011. – № 8 (128). – С. 33–35.
14. Новая технология утилизации нефтешламов / С.В. Золотокопова, С.А. Сеитова, Р.А. Дойников, Э.Г. Альбикова // Геология, география и глобальная энергия. – 2014. – № 3 (54). – С. 100–103.
15. Определение токсичности продуктов инертизации нефтешламов отходами полимеров / С.А. Сеитова, Ф.А. Фаляхова, И.Г. Шайхиев, Х.Г. Тухбиев // Вестник Технологического университета. – 2018. – Т. 21, № 1. – С. 181–185.
16. Кемалов А.Ф. Использование отходов нефтехимических производств для интенсификации процесса получения нефтяных битумов: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Казан. гос. техн. ун-т. – Казань, 1995. – 16 с.
17. Дошлов О.И., Спешилов Е.Г. Полимерно-битумное вяжущее – высокотехнологичная основа для асфальта нового поколения [Электронный ресурс]. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/polimerno-bitumnoe-vyazhushee-vysokotehnologichnaya-osnova-dlya-asfalta-novogo-pokoleniya> (дата обращения: 10.09.2018).
18. Бондаренко А.В. Использование отходов полимеров и нефтешлама в разработке современных битумно-полимерных композиций [Электронный ресурс]. – URL: <http://localhost:8080/xmlui/handle/123456789/2474> (дата обращения: 10.09.2018).
19. Кузьмина Р.И., Широков И.П. Влияние нефтешламового наполнителя на физико-химические свойства битумных композиционных материалов // Известия Саратовского университета. Сер. Химия. Биология. Экология. – 2013. – Т. 13, № 1. – С. 32–36.

20. Экология нефтегазового комплекса: в 2 т. Т. 1 / под ред. А.И. Владимирова, В.В. Ремизова. – М.: Нефть и газ, 2013. – 416 с.

21. Самсонов М.В. Модификация свойств дорожных вяжущих материалов полимерами: дис. ... канд. техн. наук. – М., 2015. – 130 с.

### References

1. Akhmetov A.F., Gaisina A.R., Mustafin I.A. Metody utilizatsii nefteshlamov razlichnogo proiskhozhdeniya [Methods of disposal of sludge of various origin]. *Neftegazovoye delo*. 2009, vol. 9, no. 3, pp. 98-101.

2. Bakhonina E.I. Sovremennye tekhnologii pererabotki i utilizatsii uglevodorodosoderzhashchikh otkhodov. [State-of-the-art technologies of processing and disposal of hydrocarbon-containing wastes. Report 1. Thermal methods of hydrocarbon-containing wastes disposal and neutralization]. *Bashkirski khimicheskiy zhurnal*. – 2015, vol. 22, no. 1, pp. 20-29.

3. Krasnogorskaya N.N., Magid A.B., Trifonova N.A. Utilizatsiya neftyanikh shlamov [Oil sludge disposal]. *Neftegazovoye delo*. 2004, vol. 2, no. 1, pp. 217-222.

4. Timofeev S.S., Timofeeva S.S., Medvedeva S.A. Biotekhnologicheskaya utilizatsiya nefteshlamov i burovikh rastvorov [Biotechnological disposal of oil sludge and drilling muds]. *Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*. 2010, no. 1(41), pp. 158-163.

5. Solovyanov A.A. Pererabotka nefteshlamov s ispolzovaniem khimicheskikh i biologicheskikh metodov [Oil sludge processing using chemical and biological methods]. *Zashchita okruzhayushchei sredi v neftegazovom komplekse*. 2012, no. 5, pp. 30-39.

6. Akhmadiev M.V. Primenenie aborigennykh shtammov uglevodorodokislyayushchikh mikroorganizmov pri bioremediatsii neftezagryaznyonnykh pochv i gruntov [Using of aboriginal hydrocarbon-oxidizing microorganisms in bioremediation of oil-contaminated soils]. *PNIPU. Applied ecology. Urban development*. 2014, no. 2, pp. 119-130.

7. Vorobyeva S.Yu., Shpinkova M.S., Meritsidi I.A. Pererabotka nefteshlamov, burovyykh shlamov, neftezagryaznyonnykh gruntov metodom reagentnogo kapsulirovaniya. [Processing of oil sludge, drill cuttings, oil-contaminated soils by the method of reagent encapsulation]. *Territoriya Neftegaz*. 2011, no. 2, pp. 68-71.

8. Chernykh O.V., Purygin P.P., Kotov S.V., Shatalaev I.F., Sharipova S.Kh., Madumarova Z.R. Issledovanie vozmozhnosti polucheniya dorozhnogo bituma okisleniem nefteshlama [Studying the possibility of obtaining road bitumen by oil sludge oxidation]. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk*. 2009, vol. 11, no. 1(2), pp. 234-237.

9. Cui B. Oxidation of oily sludge in supercritical water / B. Cui, F. Cui, G. Jing, S. Xu, W. Huo, S. Liu // *Journal of Hazardous Materials*. 2009, vol. 165, pp. 511-517.

10. El Naggat A.Y., Saad E.A., Kandil A.T., Elmoher H.O. Petroleum cuts as solvent extractor for oil recovery from petroleum sludge. *Journal of Petroleum Technology. Alternative Fuels*, 2010, vol. 1, pp. 10-19.

11. Taiwo E.A. Oil recovery from petroleum sludge by solvent extraction / E.A. Taiwo, J.A. Otolorin. *Petroleum Science and Technology*, 2009, vol. 27, pp. 836-844.

12. Fisher J.A. Accelerated solvent extraction: an evaluation for screening of soils for selected U.S. EPA semivolatile organic priority pollutants / J.A. Fisher, M.J. Scarlett, A.D. Stott. *Environmental Science and Technology*. 1997, vol. 31, pp. 1120-1127.

13. Zolotokopova S.V., Seitova S.A., Palagina I.A., Litvinova Z.G. Sovmestnaya utilizatsiya neftesoderzhashchikh i polimernyykh otkhodov [Combined disposal of oil-containing and polymer wastes]. *Bezopasnost zhiznedeyatelnosti*. 2011, no. 8 (128), pp. 33-35.

14. Zolotokopova S.V., Seitova S.A., Doinikov R.A., Albikova E.G. Novaya tekhnologiya utilizatsii nefteshlamov [New technology sludge disposal]. *Geology, geography and global energy*. 2014, no. 3 (54), pp. 100-103.

15. Seitova S.A., Falyakhova F.A., Shaikhiyev I.G., Tukhbiyev Kh.G. Opredelenie toksichnosti produktov inertizatsii nefteshlamov otkhodami polimerov [Determination of toxicity of oil sludge

inertization products by polymer wastes]. *Vestnik tekhnologicheskogo universiteta*. 2018, vol. 21, no. 1, pp. 181-185.

16. Kemalov A.F. Ispolzovanie otkhodov neftekhimicheskikh proizvodstv dlya intensivatsii protsessa polucheniya neftyanykh bitumov [Use of petrochemical wastes to intensify the process of obtaining oil bitumen] synopsis of thesis... Ph.D. in Technical Sciences, Kazan: KGTU, 1995. – 16 p.

17. Doshlov O.I., Speshilov E.G. Polimerno-bitumnoe vyazhushcheye-vysokotekhnologichnaya osnova dlya asfalta novogo pokoleniya [Polymer-bitumen binder is a high-tech base for a new generation asphalt]. – Access mode: <https://cyberleninka.ru/article/v/polimerno-bitumnoe-vyazhushchee-vysokotekhnologichnaya-osnova-dlya-asfalta-novogo-pokoleniya>. (accessed 01 January 2018).

18. Bondarenko A.V. Ispolzovanie otkhodov polimerov i nefreshlama v razrabotke sovremennykh bitumno-polimernykh kompozitsiy [Use polymer and oil sludge wastes in the development of state-of-the-art bitumen-polymer compositions]. – Access mode: <http://localhost:8080/xmlui/handle/123456789/2474> (accessed 10 September 2018).

19. Kuzmina R.I., Shirokov I.P. Vliyanie nefteshlamovogo napolnitelya na fiziko-khimicheskie svoystva bitumnykh kompozitsionnykh materialov [Effect of oil sludge filler on physical and chemical properties of bitumen composite materials]. *Izvestiya Saratovskogo universiteta. Seriya Khimiya. Biologiya. Ekologiya*. 2013, vol. 13, no. 1, pp. 32-36.

20. Vladimirov A.I., Remizov V.V. Ekologiya neftegazovogo kompleksa [Ecology of oil and gas complex]. Moscow, 2008, vol. 1, 321 p.

21. Samsonov M.V. Modifikatsiya svoystv dorozhnykh vyazhushchikh materialov polimerami [Modification of the properties of road binders by polymers], thesis ... Ph.D. in Technical Sciences, Moscow, 2015, 130 p.

Получено 10.09.2018

**E. Emelyanycheva, A. Abdullin, A. Vorobyeva,  
S. Seitova, I. Shaikhiev**

## **EVALUATION OF OPPORTUNITIES FOR MODIFICATION OF OIL BITUMEN BY PRODUCT OF INERTISIZATION OF OIL SLUDGE BY POLYETHYLENE WASTE**

The possibility of oil sludge utilization with the use of inertisation by mixing with wastes of high-molecular compounds in various ratios was investigated. Crushed film wastes of high and low pressure polyethylene and polypropylene were used as the polymeric fillers. It was determined that the best physical-mechanical characteristics are achieved for a sludge sample mixed with low pressure polyethylene (LPP) waste in a ratio of 5:1, respectively. The toxicity of aqueous extracts from the products of sludge inertisation with the wastes of low-pressure polyethylene was determined using standard test objects: *Daphnia magna* Straus and *Paramecium caudatum*. It was identified that reciprocal dilution of aqueous extracts was  $RD = 35.46$  and  $RD = 6.92$ , respectively, which corresponds to the fourth hazard class of the obtained product. The resulting product of sludge inertisation by LPP waste was investigated as a modifying additive in the composition of bituminous binders used in road construction, in the amount of 0.5–6.5 %. The heat resistance, brittleness temperature, penetration, extensibility, elasticity and adhesion parameters of the obtained compositions were determined. It was found that the best performance of the modified bituminous binder was achieved when the additive content was 1 and 2.5 %. It was concluded that it is more expedient to use the tested additive in combination with other bitumen modifiers.

**Keywords:** bitumen, modification, bitumen binder, oil sludge, polyethylene waste.

**Емельянычева Елена Анатольевна** (Казань, Россия) – канд. техн. наук, доцент кафедры «Химическая технология переработки нефти и газа», Казанский национальный исследовательский технологический университет (420015, г. Казань, ул. К. Маркса, 68, e-mail: emelyanycheva@gmail.com).

**Абдуллин Аяз Илнурович** (Казань, Россия) – канд. техн. наук, доцент кафедры «Химическая технология переработки нефти и газа», Казанский национальный исследовательский технологический университет (420015, г. Казань, ул. К. Маркса, 68, e-mail: ayaz.abdullin@gmail.com).

**Воробьева Арина Алексеевна** (Казань, Россия) – магистрант кафедры «Химическая технология переработки нефти и газа», Казанский национальный исследовательский технологический университет (420015, г. Казань, ул. К. Маркса, 68, e-mail: arinavorobeva007@gmail.com).

**Сейтова Сабина Анатольевна** (Казань, Россия) – соискатель кафедры «Инженерная экология», Казанский национальный исследовательский технологический университет (420015, г. Казань, ул. К. Маркса, 68, e-mail: sabina-seitova@mail.ru).

**Шайхиев Ильдар Гильманович** (Казань, Россия) – д-р техн. наук, заведующий кафедрой «Инженерная экология», Казанский национальный исследовательский технологический университет (420015, г. Казань, ул. К. Маркса, 68, e-mail: ildars@inbox.ru).

**Emelyanycheva Elena** (Kazan, Russian Federation) – Ph.D. in Technical Sciences, Department of Chemical technology of oil and gas processing, Kazan National Research Technological University (420015, Kazan, K. Marksa st., 68, e-mail: emelyanycheva@gmail.com).

**Abdullin Ayaz** (Kazan, Russian Federation) – Ph.D. in Technical Sciences, Department of Chemical technology of oil and gas processing, Kazan National Research Technological University (420015, Kazan, K. Marksa st., 68, e-mail: ayaz.abdullin@gmail.com).

**Vorobyeva Arina** (Kazan, Russian Federation) – Undergraduate student, Department of Chemical technology of oil and gas processing, Kazan National Research technological University (420015, Kazan, K. Marksa st., 68, e-mail: arinavorobeva007@gmail.com).

**Seitova Sabina** (Kazan, Russian Federation) – Applicant for a Degree, Department of Engineering ecology, Kazan National Research Technological University (420015, Kazan, K. Marx st., 68, e-mail: sabina-seitova@mail.ru).

**Shaikhiiev Idar** (Kazan, Russian Federation) – Doctor of Technical sciences, Head of Engineering Ecology Department, Kazan National Research Technological University (420015, Kazan, K. Marx st., 68, e-mail: ildars@inbox.ru).