

УДК 628.387:330.322.5

**Ю. Ю. Юрьев^а, Г. Б. Абуова^б, В. В. Изотов^а, К. А. Полицимако^а, С. С. Захаров^а,
В. В. Севастьянов^а**

^а *Волгоградский государственный технический университет*

^б *Астраханский государственный архитектурно-строительный университет*

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕФТЕОТХОДОВ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ И ДРУГИХ ОТРАСЛЯХ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Рассматриваются результаты исследований по нейтрализации нефтяных разливов с использованием отходов производства присадок, в частности КЕК и ГП2. Эксперименты проводились на полигонах в Волгоградской области в зонах с высоким уровнем загрязнения почвы. Установлено, что применение данных продуктов значительно снижает уровень загрязнения, а также позволяет многократное их использование в процессе очистки. Обсуждается использование ОПП ДФ-11 КЕК для очистки сточных вод и эффективность фильтров, созданных на основе смеси ГП с цементом. Исследования показали, что созданные фильтры обладают высокой эффективностью удаления нефтепродуктов и твердых частиц, а также удовлетворяют санитарно-гигиеническим требованиям. Обосновывается возможность применения отходов производства присадок для различных целей, включая крепление бетона, повышение качества строительных материалов и рекультивацию загрязненных земель.

К л ю ч е в ы е с л о в а: нейтрализация разливов нефти, КЕК, ГП2, утилизация, отходы производства, очистка сточных вод, фильтры, антикоррозионные свойства, рекультивация, бетоны, санитарно-гигиенические характеристики.

Введение

Работа посвящена исследованию компонентного состава, предполагаемых свойств и возможным областям применения в строительстве и других отраслях промышленности отходов производства присадок. По итогам создана eco-friendly технология, которая заключается как в хромировании, при котором используются рассматриваемые отходы, так и в способах утилизации водных стоков, содержащих хром. Технология позволяет провести полную утилизацию, не оставляя отходов.

Использование отходов промышленности, особенно нефтедобывающей и нефтеперерабатывающей, является трендом последних лет [1]. Их использование в производстве строительных материалов позволяет уменьшить издержки и расширяет базу сырья при строительстве автодорог, взлетных полос, гидросооружений, а также жилья.

Строительные материалы, созданные с добавлением производственных отходов, выгодно выделяются невысокой стоимостью при удовлетворительных свойствах [2, 3]. Результаты проведенного исследования показали, что такие отходы имеют потенциал при производстве бетонных смесей, битумов и красок.

Бетонная смесь — сложная многокомпонентная система, включающая в себя вяжущие частицы, появляющиеся при взаимодействии с водой зерен-наполнителей и (если необходимо) воздуха.

Специальными добавками при создании бетонных и железобетонных изделий, а также конструкций с повышенными требованиями по водонепрони-

цаемости и морозостойкости являются такие отходы производства присадок как ЭФО, АФК, ВНИИПИ-370, ДФ-11 (КЕК) [4—6].

В исследовании при изготовлении бетонной смеси использовались стандартные компоненты: портландцемент марки 400 и активностью 42,5 МПа, НГЦТ — 28,2 %, У — 3,11 г/см³. Использовался крупный заполнитель — речной гравий фракций 5...10 мм, мелким заполнитель служил речной песок, фракции которого не превышали 5 мм. Полный состав бетонной смеси приводится в табл. 1.

Бетон получали на уже существующем оборудовании, используя стандартную технологию. В процессе создания ОПП в течение 30 мин. перемешивался в реакторе при 55...65 °С, рН смеси равнялся 7. Изготовленные таким методом добавки смешивали с портландцементом, далее добавляли воду и другие компоненты. Смесь снова перемешивали в течение 3...5 мин. Далее после 3 ч выдержки (в режиме 3+7+2 ч) проводили тепловлажностную обработку при 85 °С. Тестирование физико-химических свойств проводили спустя 28 сут. после затвердения при воздушно-сухих условиях. Свойства полученного бетона представлены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

Свойства полученного бетона

Показатель	Значение
Состав бетона, кг/м ³ :	
портландцемент марки 400	400
крупный заполнитель	1225
мелкий заполнитель	558
вода	160
ОПП	150
Предел прочности при сжатии, МПа	33,5
Число циклов замораживания до –50 °С и оттаивания	12
Водонепроницаемость, МПа	0,3

Пластифицирующей добавкой в данной бетонной смеси служили производственные отходы присадки ЭФО, составившие 0,4...1,2 % от общей массы цемента. До внесения в смесь отходы подвергались нагреванию в течении 30 мин. при 95...100 °С. Это позволило уменьшить расход цемента на 15 % и повысить выносливость бетона в 2,6 раза. Достигнут показатель растяжения при изгибе $5,3 \times 10^6$ циклов. Прочность на сжатие составила 21,6 МПа.

Битумы — коллоидные системы, в которых асфальтены диспергированы в смолах и маслах. Они являются наиболее частыми вяжущими. Их свойства существенно зависят от соотношения веществ, используемых в производстве. При добавлении в состав битума производственных отходов присадок улучшаются такие показатели, как растяжимость и эластичность, которые особенно важны при строительстве и эксплуатации поверхностных слоев автострад, взлетных полос и мостов [5—7].

Созданная композиция включает в себя такие компоненты как битум, этилен-пропилендиеновый каучук, полиолефины и пластификаторы, в качестве которых выступает ОПП ЭФО, его количество в смеси может варьироваться от 3 до 25 %.

Изготовление такой смеси заключается в смешивании гранул этилен-пропилендиенового каучука и полиэтилена. Они высыпаются в смеситель, где содержится предварительно нагретый до 105 °С ОПП. Смешивание происходит в течении 60 мин. при 180 °С до достижения однородного состояния.

Готовая смесь подается в асфальтосмеситель. Там она смешивается с нефтяным битумом БИД 60/90, нагретым до 185 °С. Далее в течение 20 мин. происходит смешивание, по окончании которого смесь выгружается. Состав и свойства получившейся смеси показаны в табл. 2.

Т а б л и ц а 2

Состав и свойства битумной смеси

Показатель	Значение
Состав композиции, масс. ч.:	
битум	70
этилен-пропилендиеновый каучук	5,4
полиэтилен	0,6
ОПП ЭФО	24
Растяжимость при 0 °С, см	30
Эластичность, %	69
Твердость по глубине проникания иглы при 25 °С, дм	98
Температура размягчения, °С	53

Данные табл. 2 показывают, что созданная композиция отличается хорошими физико-механическими свойствами. Также важно отметить, что при создании такой смеси не требуется дополнительной закупки специального оборудования и не обременяется технологическую цепь. Время производства смеси составляет 1,5 ч.

Краска КХ, созданная для защиты от коррозии таких поверхностей, как конструкции и трубы из черных металлов, не требует какой-либо предварительной обработки поверхности. Такие краски как КФВВ и КФВС относят к фасадным. Их характеризуют быстрое высыхание и продолжительная твердость из-за образования многослойных структур. Они совместимы со стандартными растворителями и лаками. Все перечисленные краски прошли сертификацию и рекомендуются для наружных работ.

Производственные отходы присадки ВНИИПИ-360 применяются в производстве кирпичей. Их используют для улучшения свойств конечного продукта, т. к. они повышают прочность изделий. Кроме того, утилизация производственных вязких отходов при использовании названного материала может применяться при рекультивации земель.

Загрязнение почвенного слоя нефтью и нефтепродуктами приводит к нарушению его биологических, физических и химических свойств и процессов. Это негативно сказывается на структуре почв, нарушает водно-воздушный режим. Рекультивация земель, загрязненных нефтепродуктами — актуальная задача в наше время.

При рекультивации загрязненных нефтепродуктами земель в исследовании использовали отходы производства присадки ДФ-11 (КЕК). Необходимое

количество отхода прямо зависит от уровня загрязненности и площади участка. При концентрации нефтепродуктов в почве до 1 мг/кг рекомендуется нанесение производственного отхода слоем 0,5...2 см, а также смешение его с поверхностным слоем почвы (4...10 см). При концентрации 1...15 мг/кг, необходимое соотношение должно составлять 5:0,5...1, т. е. необходимо нанести КЕК слоем 0,5...1 см и смешать с почвой на глубину 5...10 см. При более высокой концентрации соотношение повышается до 1:1...1,5, т. е. КЕК необходимо наносить слоем 1...3 см и смешивать с почвенным покровом на глубину 4...9 см.

Спустя 12 ч после взаимодействия нефтешлама и загрязненной нефтью почвой (ГП2) получившийся продукт снова может служить для очистки загрязненных почв и грунтов. Представленный метод очистки основан на адсорбционном взаимодействии перечисленных компонентов, не дающих распространяться загрязнителю как в вертикальном, так и в горизонтальном направлениях. Это исключает возможность испарения летучих нефтяных фракций и предотвращает попадание загрязнителя в грунтовые подземные воды [8—11].

Исследование по нейтрализации нефтяных разливов с применением КЕК и ГП2 происходило на полигонах 1 и 2, которые расположены на территории Волгоградской области. Это зоны с высокой вероятностью загрязнения почвы: склады ГСМ, шламовые амбары-накопители и резервуары с нефтью. Отход наносили в радиусе 5 м от источника загрязнения слоем 1 см. Проводилось смешение отхода с верхними слоями почвы на глубину до 6 см. Проведен хроматографический анализ токсичности почвы до и после нейтрализации, результаты анализа приведены в табл. 3 и 4.

Таблица 3

Результаты экспериментального исследования состава почвы, загрязненной нефтью, на территории полигона 1

Пробы	Компонентный состав, % об., $\times 10^{-4}$								
	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₂ H ₄	C ₃ H ₈	C ₃ H ₆	<i>i</i> -C ₄ H ₁₀	<i>n</i> -C ₄ H ₁₀	C ₄ H ₈	<i>i</i> -C ₅ H ₁₂
Фоновая	6,8	0,8	9,1	0,7	5,7	—	—	—	—
Почва + 0,01 % нефти	2,6	0,4	5,8	1,0	7,0	сл.	сл.	6,4	сл.
Почва + 0,03 % нефти	2,6	0,6	6,1	1,5	9,2	сл.	сл.	11,8	сл.
Почва + 0,05 % нефти	9,5	2	12	3,3	18,9	0,7	2,0	27,1	сл.
Почва + 0,5 % нефти	12,5	2,4	16	3,8	39,2	1,0	2,0	126,6	1,5
Почва+1 % нефти	7,7	0,6	8,2	2,1	13,2	0,4	0,8	118,8	2,5
Почва+5 % нефти	78	8,4	41,4	20,2	173,4	23,8	9,6	357,2	14,5
Почва + 0,5 % нефти + 0,075 % ГП2	2,5	0,1	4,1	0,6	6,2	сл.	сл.	10,8	—

Результаты экспериментального исследования состава почвы, загрязненной нефтью, на территории полигона 2

Пробы	Компонентный состав, % об., $\times 10^{-4}$								
	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₂ H ₄	C ₃ H ₈	C ₃ H ₆	<i>i</i> -C ₄ H ₁₀	<i>n</i> -C ₄ H ₁₀	C ₄ H ₈	<i>i</i> -C ₅ H ₁₂
Фоновая	6,5	сл.	4,64	1,03	7,47	—	—	9,0	—
Почва + 0,5 % нефти	7,1	0,22	4,95	1,2	11,1	—	—	122,67	—
Почва + 5 % нефти	38,1	2,51	12,3	3,8	40,03	3,95	0,4	189,63	1,27
Почва + 0,5 % нефти + + 5 % ГП2	0,6	сл.	0,1	сл.	0,78	—	сл.	12,1	—
Почва + 5 % нефти + + 65 % ГП2	7	0,27	1,1	0,61	8,01	8,2	—	29,0	—

Проанализировав полученные данные, можно сделать вывод, что введение продуктов утилизации КЕК и ГП2 заметно снижает концентрацию загрязняющих веществ [12—14]. Имеется возможность использовать такие средства до 4 раз в процессе очистки, т. к. спустя 12 ч весь нейтрализованный слой может использоваться заново.

Продукт утилизации ДФ-11 также применяется в процессе очистки загрязненных водных стоков [15]. Для этого он смешивается с цементом в соотношении 0,7...1,1 % от общей массы. Из смеси формируют специальные брикеты-фильтры, которые подвергаются прокаливанию при 100...115 °С в течение 60 мин.

В результате экспериментальных исследований установлено, что минеральная фаза фильтрующей массы содержит в себе такие элементы, как алюминий, кальций, цинк, магний, их количество варьируется от 47 до 72 %. Также обнаружены глинистые минералы (остатки перлита). Разработанные фильтры показывают высокую эффективность, удаляя до 78 % нефтепродуктов. Удаление твердых частиц достигает 86 %. При этом фильтр обладает низким гидравлическим сопротивлением (0,5 Н/см²) [14]. В исследовании сопротивление фильтра составило 22 % за 5 месяцев работы. Живое сечение фильтра при обработке загрязненных сточных вод за исследуемый период составило 40 %.

При предварительной оценке гигиенических свойств фильтров уровень микропримесей элементов, несущих токсическую опасность, не превышал допустимых значений. Для улучшений эксплуатационных свойств предлагается увеличение количества цемента в изначальном составе до 10 %. После завершения работы фильтры могут быть утилизированы с помощью высокотемпературного сжигания. Основные направления применения рассматриваемых ОПП представлены на рисунке.

В результате проведенного исследования определены ключевые направления использования отходов производства присадок. Изученные материалы демонстрируют многофункциональность и возможность применения в нескольких отраслях [16]. Такие отходы могут быть специализированными добавками, например, при производстве бетонных и железобетонных изделий, в т. ч. при производстве материалов, к которым предъявляются повышенные требования по морозостойкости и водонепроницаемости в современных

строительных технологиях, где высокие эксплуатационные свойства материала имеют решающее значение для безопасности и долговечности конструкций.



Основные направления применения ОПП

Эти отходы могут использоваться в качестве пластифицирующих компонентов в бетонных смесях, улучшая их технологические свойства, повышая их растяжимость и эластичность, делая более устойчивыми. Это позволяет их активно использовать при сложном специализированном строительстве. Внедрение в состав красок, также позволяет использовать указанные отходы в строительной отрасли.

Использование изученных материалов при рекультивации земель позволяет эффективнее вести экологическую политику и восстанавливать почвенные покровы. Это является важной задачей при защите и восстановлении окружающей среды

Таким образом, отходы производства присадок представляют собой перспективный ресурс, способный существенно улучшить качество строительных материалов, внести вклад в экологическую устойчивость и санитарное восстановление загрязненных территорий. Их комплексное использование в различных сферах демонстрирует важность продолжения исследований и разработки новых методик, направленных на эффективное применение этих материалов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сироткина Е. Е., Новоселова Л. Ю. Материалы для адсорбционной очистки воды от нефти и нефтепродуктов // Химия в интересах устойчивого развития. 2005. № 3. С. 359—377.
2. Собгайда Н. А., Ольшанская Л. Н., Макарова Ю. А. Фильтры из отходов для очистки сточных вод // Экология производства. 2012. № 3. С. 68—71.

3. Москвичева Е. В. Использование нефтеотхода в технологии очистки сточных вод // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Технические науки. 2006. Вып. 6(20). С. 133—136.
4. Kulkarni S. J. Biological treatment of petroleum wastewater: A review on research and studies // Int. J. Petrol. Petrochem. Eng. 2016. Vol. 2. Pp. 17—21.
5. Очистка промышленных сточных вод с использованием многоцелевых инженерно-технических устройств / Д. О. Игнаткина, Е. В. Москвичева, Ю. Ю. Юрьев, И. М. Шевцова, В. С. Телятникова // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2021. Вып. 3(84). С. 61—72.
6. Воронов Ю. В. Водоотведение и очистка сточных вод: учеб. изд. М. : АСВ, 2016. 734 с.
7. Мазлова Е. А., Мецераков С. В., Климова Л. З. Реагентное разделение заводских нефтесодержащих шламов и осадков // Химия и технология топлив и масел. 2000. № 6. С. 46—47.
8. Лагутенко М. А., Литвинова Т. А., Косулина Т. П. Разработка способа обезвреживания нефтешламов и нефтегрунтов термическим методом с получением продуктов для промышленного строительства // Экологический вестник научных центров черноморского экономического сотрудничества. 2014. № 1. С.52—58.
9. Oil removal from aqueous state by natural fibrous sorbent: An overview / L. A.Chuah, T. Shean, Y. Choong, Z. Ngaini, M. Nourouzi // Separat. Purificat. Technology. 2013. Vol. 113. Pp. 51—63.
10. Incardona J. P. Aryl hydrocarbon receptor-independent toxicity of weathered crude oil during fish development // Environ. Health Perspect. 2005. Vol. 113. Pp. 1755—1762.
11. Treatment of oil-in-water emulsions: performance of a sawdust bed filter / B. Cambiella, E. Ortea, G. Rhos, J. M. Benito, C. Pazos, J. Coca // J. Hazard. Materials. 2006. Vol. 131. Iss. 1—3. Pp. 195—199.
12. Kaushik C. P., Sangwan P., Haritash A. K. Association of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) with different sizes of atmospheric particulate in Hisar city and its health aspects // Polycycl. Aromat. Comp. 2012. Vol. 32. Pp. 626—642.
13. Fikai D., Fikai A., Andronescu E. Recent advances in using magnetic materials for environmental applications // Water Purification, Academic Press, 2017. Pp. 1—32.
14. Changes in Venezuelan Orinoco belt crude after different biotechnological approaches / A. Strubinger, U. Ehrmann, V. León, A. DeSisto, M. J. González // Petrol. Sci. Eng. 2015. Vol. 127. Pp. 421—432.
15. Nanotechnology for water purification: applications of nanotechnology methods in wastewater treatment / K. R. Kunduru, M. Nazarkovsky, Sh. Farah, R. P. Pawar, A. Basu, A. J. Domb. Water Purification, Academic Press, 2017.
16. Chen Z. Hydroponic root mats for wastewater treatment // Environ. Sci. Pollut. Res. 2016. Vol. 23. Pp. 15911—15928.

© Юрьев Ю. Ю., Абуова Г. Б., Изотов В. В., Полицимако К. А.,
Захаров С. С., Севастьянов В. В., 2024

Поступила в редакцию
в сентябре 2024 г.

Ссылка для цитирования:

Использование нефтеотходов в строительстве и других отраслях промышленности / Ю. Ю. Юрьев, Г. Б. Абуова, В. В. Изотов, К. А. Полицимако, С. С. Захаров, В. В. Севастьянов // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2024. Вып. 4(97). С. 264—271. DOI: 10.35211/18154360_2024_4_264.

Об авторах:

Юрьев Юрий Юрьевич — канд. техн. наук, доц., зав. каф. водоснабжения и водоотведения, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1; viv_vgasu@mail.ru

Абуова Галина Бекмуратовна — канд. техн. наук, доц., декан факультета инженерных систем и пожарной безопасности, Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Российская Федерация, 414056, г. Астрахань, ул. Татищева, 18

Изотов Владислав Владимирович — аспирант, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1

Полицимако Кирилл Ангарович — аспирант, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1

Захаров Сергей Сергеевич — магистрант каф. водоснабжения и водоотведения, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1

Севастьянов Вадим Викторович — магистрант, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1

**Yurii Yu. Yur'ev^a, Galina B. Abuova^b, Vladislav V. Izotov^a, Kirill A. Politsimako^a,
Sergey S. Zakharov^a, Vadim V. Sevastyanov^a**

^a *Volgograd State Technical University*

^b *Astrakhan State University of Architecture and Civil Engineering*

THE USE OF OIL WASTE IN CONSTRUCTION AND OTHER INDUSTRIES

The results of studies on the neutralization of oil spills using waste from the production of additives, in particular KEC and GP2, are considered. The experiments were conducted at landfills in the Volgograd region in areas with high levels of soil pollution. It has been established that the use of these products significantly reduces the level of contamination, as well as facilitates their repeated use in the cleaning process. The use of OPP DF-11 KEK for wastewater treatment and the effectiveness of filters based on a mixture of GP and cement are discussed. Studies have shown that the filters created have high efficiency in removing petroleum products and solid particles, and also meet sanitary and hygienic requirements. The possibility of using waste from the production of additives for various purposes, including fixing concrete, improving the quality of building materials and reclamation of polluted lands, is substantiated.

Key words: neutralization of oil spills, CAK, GP2, recycling, industrial waste, wastewater treatment, filters, anticorrosive properties, reclamation, concretes, sanitary and hygienic characteristics.

For citation:

Yur'ev Yu. Yu., Abuova G. B., Izotov V. V., Politsimako K. A., Zakharov S. S., Sevastyanov V. V. [The use of oil waste in construction and other industries]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2024, iss. 4, pp. 264—271. DOI: 10.35211/18154360_2024_4_264.

About authors:

Yurii Yu. Yur'ev — Candidate of Engineering Sciences, Docent, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation; viv_vgasu@mail.ru

Galina B. Abuova — Candidate of Engineering Sciences, Docent, Astrakhan State University of Architecture and Civil Engineering. 18, Tatischeva st., Astrakhan, 414056, Russian Federation

Vladislav V. Izotov — Postgraduate student, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation

Kirill A. Politsimako — Postgraduate student, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation

Sergey S. Zakharov — Master's Degree student, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation

Vadim V. Sevastyanov — Master's Degree student, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation