

## РЕЗУЛЬТАТЫ ПРИМЕНЕНИЯ БИОПРЕПАРАТА «ДЕСТРОЙЛ» В ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ПРОЦЕССЕ ЗАЧИСТКИ РЕЗЕРВУАРОВ СКЛАДОВ АВИАЦИОННЫХ ГОРЮЧЕ-СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Кайзер Ю.Ф.<sup>1</sup>, Лысянников А.В.<sup>1</sup>, Желукевич Р.Б.<sup>1</sup>, Лысянникова Н.Н.<sup>1</sup>, Мерко М.А.<sup>1</sup>, Плахотникова М.А.<sup>1</sup>, Колотов А.В.<sup>1</sup>, Митяев А.Е.<sup>1</sup>, Серебrenникова Ю.Г.<sup>1</sup>, Кайзер О.А.<sup>2</sup>, Кузнецов А.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет», Красноярск, Россия (660041, Красноярск, пр. Свободный, 79), e-mail: [av.lysyannikov@mail.ru](mailto:av.lysyannikov@mail.ru), [m.merko@mail.ru](mailto:m.merko@mail.ru)

<sup>2</sup>ФГБОУ ВПО «Красноярский государственный аграрный университет», Красноярск, Россия (660049, Красноярск, пр. Мира, 90), e-mail: [kuznetsov1223@yandex.ru](mailto:kuznetsov1223@yandex.ru)

Проведен анализ состояния рассматриваемой проблемы и статистических данных по добыче и проливам нефти и нефтепродуктов. Определено влияние на состояние почвы и водной акватории проливов нефтепродуктов. Представлены результаты анализа существующих методов зачистки резервуаров и определены их основные недостатки. Выявлены слабые места технологического процесса зачистки, при которых может произойти попадание нефти или нефтепродукта в воду или почву, в результате чего может быть оказано существенное влияние на окружающую среду, и определен способ их устранения. Представлены результаты проведения испытаний взаимодействия биологического препарата «Дестройл» с авиационным топливом ТС-1. На основе проведенных исследований установлено, что применение биопрепарата «Дестройл» при зачистке резервуаров от остатков авиационного топлива ТС-1, позволит повысить эффективность и достичь практически 100 %-й степени их очистки, а также снизит уровень загрязнения окружающей среды.

Ключевые слова: резервуар, авиационное топливо, нефтепродукт, зачистка резервуара, биологический препарат, почвенный покров, водная акватория, нефтеокисляющие свойства.

## THE RESULTS OF THE APPLICATION OF BIOPREPARATION "DESTROIL" IN THE PROCESS OF TANK CLEANING STORAGE AVIATION LUBRICANTS

Kaiser U.F.<sup>1</sup>, Lysyannikov A.V.<sup>1</sup>, Zelykevith R.B.<sup>1</sup>, Lysyannikova N.N.<sup>1</sup>, Merko M.A.<sup>1</sup>, Plahotnikova M.A.<sup>1</sup>, Kolotov A.V.<sup>1</sup>, Mityaev A.Ye.<sup>1</sup>, Serebrennikova U.G.<sup>1</sup>, Kaiser O.A.<sup>2</sup>, Kuznetsov A.V.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет», Красноярск, Россия (660041, Красноярск, пр. Свободный, 79), e-mail: [av.lysyannikov@mail.ru](mailto:av.lysyannikov@mail.ru), [m.merko@mail.ru](mailto:m.merko@mail.ru)

<sup>2</sup>ФГБОУ ВПО «Красноярский государственный аграрный университет», Красноярск, Россия (660049, Красноярск, пр. Мира, 90), e-mail: [kuznetsov1223@yandex.ru](mailto:kuznetsov1223@yandex.ru)

The analysis of the considered problem and statistical information crude oil production and strait oil and oil products. Determined the effect on the soil condition and water area of the straits of oil products. Presents the results of the analysis of existing methods of tank cleaning and identified their main disadvantages. Identified weaknesses of the technological process of cleaning tanks, that may lead to the ingress of oil or oil products in water or soil, which may be provided with a significant impact on the environment, and identify ways to address them. Presents the results of testing the interaction of biopreparation "Destroil" with aviation fuel TS-1. On the basis of the conducted researches it is established that the application of biopreparation "Destroil" when cleaning tanks from the remnants of aviation fuel TS-1, will allow to increase efficiency and achieve almost 100 %level of cleaning, and reduce the level of environmental pollution.

Keywords: tank, aviation fuel, oil, oil products, cleaning tank, biopreparation, soil, water area.

Защита окружающей среды в настоящее время является актуальной задачей любой отрасли промышленного производства мирового пространства. Одной из серьезных глобальных проблем является загрязнение почвенного покрова и водных акваторий нефтью и нефтепродуктами. Разработка новых и совершенствование существующих технологий восстановления (очистки) нефтезагрязненных почв [10] и водных акваторий относится к

числу приоритетных задач, как РФ, так и других стран. Ежегодно в мире добывается свыше 4 млрд. тонн сырой нефти. В процессе добычи, хранения, транспортировки и переработки нефти на поверхности земли оказывается около 50 млн. тонн нефти и нефтепродуктов, которые затем попадают в грунт и воду, а также накапливаются в нефтеловушках и отстойниках [9]. При этом, из разряда ценных природных энергоресурсов они переходят в группу токсичных загрязнителей окружающей среды (рис. 1).



*Рис. 1 Загрязненные нефтью почва и водная акватория*

Нефть и нефтепродукты, попадая в почву, вызывают значительные, а порой необратимые изменения ее свойств, выражающиеся в образовании битуминозных солончаков, гудронизации или цементации [9]. Подобные изменения почвы влекут за собой ухудшение состояния растительности, снижение биопродуктивности, активности окислительно-восстановительных и гидролитических ферментов, обеспеченность почвы подвижными формами азота и фосфора. В результате разрушения почвенного покрова и растительности усиливается эрозия почв, деградация, криогенез. Загрязнение нефтью и нефтепродуктами оказывает отрицательное воздействие на химические, физические и биологические свойства почв. Наличие нефтепродуктов в воде ухудшает экологическое равновесие в водоемах, снижает их биологическую продуктивность, что в свою очередь отражается на здоровье людей и приводит к экологическому ущербу [3, 4, 7, 8].

Для решения рассмотренной выше проблемы необходимо проводить обезвреживание нефтяных загрязнений или их захоронение на специально выделенных полигонах. Обезвреживание нефтяных загрязнений значительно дешевле захоронения, но требует применения специальных технологий: механические, сорбционные, химические и биологические. Комплексное применение технологий очистки различных групп позволяют

проводить ликвидацию загрязнений нефти и нефтепродуктов любого характера и уровня сложности без ущерба для окружающей среды.

**Настоящее исследование проводится с целью** усовершенствования способа зачистки резервуаров предприятий авиатопливо- и нефтепродуктообеспечения и сокращения уровня отрицательного влияния проливов нефти и нефтепродуктов на окружающую среду.

**Методы исследования**, применяемые в настоящей работе, основаны на принципах анализа и синтеза патентно-информационных и литературных источников и научно-исследовательских разработок в области нейтрализации проливов нефти и нефтепродуктов при помощи биопрепаратов.

Одной из основных задач при эксплуатации резервуаров является зачистка резервуаров. Для обеспечения эксплуатационной надежности резервуаров с нефтепродуктом необходимо соблюдение правил их технической эксплуатации, контроля, выявления и устранения дефектов. Необходимым условием выполнения этих работ является своевременный ремонт резервуаров с предварительной зачисткой от остатков нефтепродуктов и их отложений.

Периодичность зачистки резервуаров устанавливается согласно ГОСТ 1510-84 [1], резервуары из-под нефти зачищаются при необходимости (освобождение от высоковязких отложений, при проведении диагностики резервуара). Зачистка резервуаров от остатков нефти и нефтепродуктов является неотъемлемой частью технологического процесса нефтепродуктообеспечения. Данная процедура необходима для повышения безопасности, надёжности эксплуатации резервуаров и обеспечения качества хранимой нефти и нефтепродуктов. В настоящее время существуют следующие способы зачистки резервуаров: механический, гидродинамический, физико-химический и пароконденсатный.

При механическом методе, удаление парафиновых и смольных отложений обеспечивается с помощью скребков, щеток и ветоши, данный метод не обеспечивает требуемый уровень очистки, в результате чего на стенках резервуара остается тонкий слой нефти и нефтепродуктов.

Гидродинамический метод основан на использовании струи воды под давлением, недостатком данного метода является то, что водная среда и низкая температура процессов не позволяет полностью удалить загрязнения нефти и нефтепродуктов.

При физико-химическом методе используются водные растворы поверхностно-активных веществ (ПАВ) и ионогенных, которые позволяют удалить только тонкие слои загрязнений, при удалении парафиновых отложений возникают трудности.

При пароконденсатном методе используются пары органических и неорганических веществ, что позволяет полностью удалить загрязнения нефти и нефтепродуктов.

В зависимости от используемого метода зачистки резервуара могут образовываться следующие продукты:

- смесь разогретого и разжиженного остатка продукта зачистки в резервуаре;
- водонефтяная эмульсия, образовавшаяся при размыве остатка нефтепродукта горячей водой, подаваемой через моечные машинки, или при водозеркальном подогреве;
- промывочная вода, содержащая эмульгированный нефтепродукт от 600 до 1500 мг/л;
- промывочная вода, содержащая растворенный нефтепродукт от 110 до 340 мг/л;
- техническое моющее средство (ТМС), содержащее от 25 до 100 г/л эмульгированного нефтепродукта;
- твердые продукты, такие как ил, ржавчина, песок, содержащие высокомолекулярные углеводороды, (парафин, асфальто-смолистые вещества).

Общим недостатком существующих способов зачистки является то, что в процессе зачистки образуются нефтеэмульсионные составы, требующие последующей очистки от нефтепродуктов перед их повторным применением или сбросом в окружающую среду. Очистка нефтеэмульсии от нефти или нефтепродукта осуществляется следующим образом: нефтеэмульсия разделяется на две фазы: нефтепродукт и воду, путем отстаивания в специально выделенном резервуаре, с последующим термоотстаиванием обводненного нефтепродукта, и оценкой содержащейся влаги и механических примесей. В зависимости от их количества получаемый продукт утилизируется или смешивается с котельным товарным топливом в пределах имеющегося запаса качества и сжигается в энергетических установках.

В тоже время отделенная вода откачивается в специально отведенный резервуар для очистки, при замкнутом цикле мойки техническое моющее средство насыщается нефтепродуктом, теряет моющую способность и становится непригодным для последующей мойки при содержании 1200-1500 мг/л эмульгированного нефтепродукта. Очистка воды осуществляется на очистных сооружениях посредством отстоя в каскадном отстойнике с напорной флотацией, встроенной в каскадный отстойник или другие очистные сооружения, а водный раствор ТМС нейтрализуется. Перед сливом в канализацию отработанный раствор необходимо подогреть водяным паром до температуры 60-80°C и нейтрализовать серноокислым алюминием или хлорной известью из расчета 2-3 кг/м<sup>3</sup>. Раствор ТМС с коагулянтом в виде серноокислого алюминия или хлорной извести, тщательно перемешивается. После отстоя нейтрализованного раствора технического моющего средства в течение 12 часов производится его слив в канализацию с разбавлением водой в 15 раз [2].

Несовершенство технологических операций по нейтрализации полученных нефтеэмульсий может нанести значительный экологический ущерб окружающей среде и экономический организации эксплуатанту, т. к. штрафы составляют значительные суммы.

Данную проблему можно решить применением биологических препаратов, обладающих высоко выраженной окисляющей активностью микробной культуры (в качестве источников питания используются углеводороды и минеральные соли) в отношении углеводородов нефти и нефтепродуктов, которые переводят их в экологически нейтральные соединения и способствуют ускорению рекультивации почвы. Нефтеокисляющие бактерии разрушают практически все углеводороды, от метана до самых тяжелых остатков. Одним из таких биопрепаратов является «Дестройл», который относится к группе бактериальных препаратов, используемых для очистки загрязненной воды и почвы от нефти и нефтепродуктов. Данный биопрепарат разработан на Бердском заводе биологических препаратов в РФ. «Дестройл» не оказывает разрушающего воздействия на краски, каучук, пластмассы и совместим со многими конструкционными материалами [5-6]. Биологическая очистка имеет природный характер и протекает одинаково как в водоемах, в почве, так и в резервуарах. Использование биопрепарата «Дестройл» для нейтрализации продуктов зачистки резервуаров складов горюче-смазочных материалов предприятий авиатопливо- и нефтепродуктообеспечения, является эффективным экологически чистым методом.

С целью изучения нефтеокисляющих свойств биопрепарата «Дестройл», проведены исследования, предусматривающие выполнение следующих этапов:

- моделирование процесса загрязнения лабораторной ёмкости авиационным топливом марки ТС-1;
- приготовление рабочей суспензии биопрепарата «Дестройл» в зависимости от степени загрязнения;
- взаимодействие рабочей суспензии с поверхностью стенок лабораторной ёмкости (в течение 72 часов);
- удаление образовавшегося продукта из лабораторной ёмкости;
- экстракция нефтепродукта, оставшегося на стенках, ёмкости четырёххлористым углеродом ( $CCl_4$ );
- взвешивание подготовленной (чистой) ёмкости для определения массы остатка авиационного топлива ТС-1;
- фильтрация смеси четырёххлористого углерода ( $CCl_4$ ) с остатками нефтепродукта в подготовленную ёмкость;
- испарение четырёххлористого углерода ( $CCl_4$ ) из смеси при помощи водоструйного насоса;
- взвешивание лабораторной ёмкости с остатками авиационного топлива ТС-1;
- обработка результатов исследования.

С целью повышения эффективности проводимых исследований, направленных на

изучение нефтеокисляющего действия биологического препарата было исследовано девять проб с различной степенью загрязнения авиационным топливом ТС-1 и разной концентрацией биопрепарата «Дестройл»: 1,5; 1,75 и 2 г/кг (табл. 1).

**Таблица 1. Расход биопрепарата «Дестройл»**

Остаток авиационного топлива марки ТС-1, кг	Концентрация биопрепарата «Дестройл», г/кг		
	1,5	1,75	2
$0,4 \cdot 10^{-3}$	0,6	0,7	0,8
$0,56 \cdot 10^{-3}$	0,84	0,98	1,12
$0,64 \cdot 10^{-3}$	0,96	1,12	1,28

Условия проведения экспериментальных исследований: температура проб поддерживалась посредством водяной бани на уровне  $28 \pm 1^\circ\text{C}$ ; температура окружающего воздуха составляла  $25 \pm 1^\circ\text{C}$ ; влажность окружающего воздуха  $50 \pm 5\%$ ; для исключения интенсивного испарения, емкости с пробами были закрыты, с учетом доступа кислорода; продолжительность исследований составляла 72 часа. Результаты экспериментальных исследований представлены в табл. 2.

**Таблица 2. Результаты экспериментальных исследований**

№ пробы	Концентрация «Дестройла», г/кг	Масса авиационного топлива марки ТС-1, г		Убыль авиационного топлива марки ТС-1, мг	Степень очистки, в %
		до исследования	после исследования		
1	1,5	0,4	0,05156	0,34844	87,11
2	1,75	0,4	0,04436	0,35564	88,91
3	2	0,4	0,04364	0,35636	89,09
4	1,5	0,56	0,07174	0,48826	87,19
5	1,75	0,56	0,06238	0,49762	88,86
6	2	0,56	0,06120	0,4988	89,07
7	1,5	0,64	0,08186	0,5581	87,21
8	1,75	0,64	0,07078	0,56922	88,94
9	2	0,64	0,06969	0,57031	89,11

В результате анализа данных табл. 2 установлено, что с увеличением концентрации биологического препарата «Дестройл» от 1,5 до 2 г сухого препарата на 1 кг авиационного топлива ТС-1, степень очистки ёмкости повышается.

**Заключение.** Применение биологического препарата «Дестройл», обладающего высоко выраженной окисляющей активностью микробной культуры в отношении углеводородов нефти и нефтепродуктов в сочетании с существующим комплектом оборудования для химико-механизированной зачистки резервуаров от остатков нефтепродуктов в несколько этапов позволит добиться практически 100-й степени очистки. Биологический препарат позволяет трансформировать нефтепродукты в экологически нейтральные соединения, не нанося при этом вред окружающей среде, способствует ускорению рекультивации почвы и сокращает время очистки сточных вод.

### Список литературы

1. ГОСТ 1510-84 Нефть и нефтепродукты. Маркировка, упаковка, транспортирование и хранение.
2. Инструкция по зачистке резервуаров от остатков нефтепродуктов. – Введ. приказом № 9 от 28.01.2004. – ОАО «НК «РОСНЕФТЬ», 2014. – Режим доступа: <http://www.gosthelp.ru/text/InstpukciyaInstrukciyapoz2.html>.
3. Кайзер Ю.Ф. Влияние легколетучих фракций нефти на свойства рабочей жидкости и резиновых уплотнений гидрофицированных машин: дис. канд. техн. наук: 05.02.02. Красноярск, 2000. 125 с.
4. Кайзер Ю.Ф. Влияние легколетучих фракций нефти на свойства рабочей жидкости и резиновых уплотнений гидрофицированных машин: автореф. дис. канд. техн. наук. Красноярск, 2000. 24 с.
5. Кайзер Ю.Ф., Подвезенный В.Н. Зачистка резервуаров складов ГСМ с применением биопрепаратов // Транспортные средства Сибири: межвуз. сб. науч. тр. с междун. уч. Вып. 8. КГТУ. Красноярск, 2002. С. 375-378.
6. Кайзер Ю.Ф., Подвезенный В.Н. Исследование процесса рекультивации нефтезагрязненной почвы биопрепаратом "Дестройл" // Вестник Красноярского государственного технического университета. Вып. 20. Транспорт / Под ред. В. И. Пантелеева. Красноярск: КГТУ, 2000. С. 127–129.
7. Кайзер Ю.Ф., Лысянников А.В., Желукевич Р.Б., Малышева Н.Н., Мерко М.А., Кузнецов А.В., Катаргин С.Н., Меснянкин М.В., Колотов А.В. Автомобиль газо-водяного тушения // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 5; URL: [www.science-education.ru/119-14841](http://www.science-education.ru/119-14841).



8. Кайзер Ю.Ф., Лысянников А.В., Малышева Н.Н., Желукевич Р.Б., Мерко М.А., Меснянкин М.В., Селиванов Н.И., Кузнецов А.В., Катаргин С.Н. Результаты исследования степени набухания резино-технических изделий систем гидропривода в смесях рабочей жидкости с легкими фракциями нефти // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 4; URL: [www.science-education.ru/118-13903](http://www.science-education.ru/118-13903).

9. ООО Производственно-коммерческая фирма «N&D-EcoSystems» – Режим доступа: <http://ndecosystems.ru>.

10. Селиванов Н.И., Кузнецов А.В., Кайзер Ю.Ф., Лысянников А.В., Малышева Н.Н., Желукевич Р.Б., Мерко М.А., Митяев А.Е. Эксплуатационные параметры колесных тракторов для зональных технологий почвообработки // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 3; URL: [www.science-education.ru/117-13781](http://www.science-education.ru/117-13781).

**Рецензенты:**

Петровский Э.А., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой технологических машин и оборудования нефтегазового комплекса, ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет», г. Красноярск;

Минеев А.В., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой бурения нефтяных и газовых скважин, ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет», г. Красноярск.