

сократить номенклатуру применяемых материалов и упростить систему технического обслуживания парка машин.

**Благодарность.** Выражаю признательность научному руководителю Невзоровой А.Б. (д.т.н., профессор) за консультацию и помощь при анализе результатов и подготовке данной работы.

#### **Литература**

1. Соболев Д., Колесниченко Д. Смазочные материалы для современной карьерной, горной и внедорожной техники. – Территория Нефтегаз. – 2011. – № 10. – 55 с.

2. Кудина. Е. Ф., Приходько И.В. Современные смазочные материалы: Тенденции развития и перспективы рециклинга. – Горная механика и машиностроение. – 2021. – № 1. – 86 с.

3. Невзорова, А. Б. Оценка несущей способности составных деревянных шпал, уложенных в путь / А. Б. Невзорова, В. В. Романенко // Вестн. Гомел. гос. техн. ун-та им. П. О. Сухого. – 2024. – № 3 (98). – С. 5–12. <https://doi.org/10.62595/1819-5245-2024-3-5-12>

УДК 622.27(07)

### **ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ IN-SITU ДЛЯ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПРИ НЕФТЕДОБЫЧЕ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ**

**Никитина А. Г. (студент, гр. НР-51)**

*Гомельский государственный технический университет им. П.О. Сухого,  
Республика Беларусь*

**Актуальность.** Развитие нефтедобывающей отрасли в Республике Беларусь сопровождается рисками локального загрязнения геологической среды, особенно на поздних стадиях разработки месторождений. Несмотря на относительно небольшие объемы добычи, даже единичные аварийные разливы нефти могут приводить к длительному загрязнению почв и грунтовых вод. Существующие методы рекультивации, основанные на выемке и транспортировке загрязненных грунтов, часто оказываются экономически нецелесообразными и технически сложно реализуемыми в условиях белорусских месторождений. В этой связи актуальной задачей является внедрение современных in-situ технологий, позволяющих проводить очистку непосредственно в зоне загрязнения.

**Цель работы** – повышение эффективности ликвидации последствий загрязнения почв и подземных вод на территории нефтедобывающих месторождений Беларуси за счет применения in-situ методов.

**Анализ полученных результатов.** В условиях Беларуси наибольшую эффективность показывают комбинированные in-situ методы, адаптированные к специфике местных геологических условий:

1. Биоремедиация с питательной стимуляцией – наиболее экономически эффективное решение для белорусских месторождений. Технология основана на инъекции в зону загрязнения питательных растворов (азотных, фосфорных соединений), активизирующих деятельность аборигенных нефтеокисляющих микроорганизмов.

2. Химическое окисление in-situ – применяется для ликвидации локальных загрязнений с высокой концентрацией нефтепродуктов. Использование персульфата натрия и перманганата калия позволяет достичь деструкции 85-90% загрязняющих веществ в течение одного полевого сезона.

3. Насосно-очистные системы – используются для перехвата и очистки пластовых вод с последующей реинжекцией. В белорусских условиях особенно эффективны компактные мобильные установки, позволяющие работать на ограниченных площадях.

Особенностью применения in-situ методов в Беларуси является необходимость учета высокой обводненности территории. Это требует тщательного мониторинга миграции загрязняющих веществ и разработки барьерных систем.

*Таблица 1. Этапы работы методики in-situ окисления на примере толуола*

Исходное состояние	Загрязнитель: Толуол (C <sub>7</sub> H <sub>8</sub> )
Активация реагента	Реагент: Персульфат натрия (Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>8</sub> ) Активатор 1 (Щелочь): Гидроксид натрия (NaOH) $S_2O_8^{2-} + 2H_2O \rightarrow 2SO_4^{2-} + HO_2\cdot + 3H^+$ (медленная реакция, ускоряется в щелочной среде) Активатор 2 (Железо): Соль двухвалентного железа (Fe <sup>2+</sup> ) $S_2O_8^{2-} + Fe^{2+} \rightarrow SO_4^{\cdot-} + SO_4^{2-} + Fe^{3+}$ (Образуется радикал сульфата)
Разрушение углеводорода	Стадия 1: Инициирование (Атака на бензольное кольцо) $C_7H_8 + SO_4^{\cdot-} \rightarrow C_7H_7\cdot + HSO_4^-$ Стадия 2: Разрушение кольца (Окисление и раскрытие цикла)      Стадия 3: Раскрытие бензольного кольца (Диолиз) $C_6H_4O_2$ (Хинон) + [O] → HOOC-(CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> -COOH (Бутандиовая(янтарная) кислота)... → HOOC-COOH (Щавелевая кислота)
Полная минерализация	$HOOC-(CH_2)_2-COOH + 6[O] \rightarrow 4CO_2 + 3H_2O$ $HOOC-COOH + [O] \rightarrow 2CO_2 + H_2O$

Общий баланс	Углеродород + Окислитель → Углекислый газ + Вода + Минеральные соли $C_7H_8 + 18[O] \rightarrow 7CO_2 + 4H_2O$ (Где [O] — это активные формы кислорода, поставляемые персульфатом)
--------------	--

**Заключение.** Применение in-situ методов в условиях Беларуси позволяет: снизить стоимость рекультивационных работ на 40-60% по сравнению с традиционными методами борьбы с углеводородными загрязнениями; сократить сроки ликвидации загрязнений до 1-2 полевых сезонов, а также минимизировать нарушение природных ландшафтов и обеспечить непрерывный мониторинг эффективности очистки

Дальнейшее развитие технологии связано с созданием комбинированных методов, адаптированных к специфике отдельных месторождений Беларуси.

**Благодарность.** *Выражаю признательность и благодарность научному руководителю Невзоровой Алле Брониславовне, д.т.н., профессор, за консультацию и помощь при проведении данного исследования.*

#### **Список литературы**

1. Методы экологической ремедиации нефтезагрязненных территорий / под ред. А.К. Карпюка. – Минск: Беларуская навука, 2020. – 288 с.
2. Невзорова, А. Б. Влияние изменений климата на состояние котлованов-отстойников буровых сточных вод / А. Б. Невзорова // Современные проблемы машиноведения : сборник научных трудов : в 2 ч. Ч. 2 / Министерство образования Республики Беларусь, Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого, ПАО «ОАК» ОКБ Сухого, Таизский университет (Йеменская Республика) ; под общ. ред. А. А. Бойко. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2023. – С. 110-113.
3. Невзорова, А. Б. Разработка концепции управления рисками загрязнения окружающей среды на объектах транспортирования нефти / А. Б. Невзорова, В. В. Невзоров, Сюэ Пэн // Надежность и безопасность транспортирования, хранения и распределения газа, нефти и нефтепродуктов: эл. сб. тез. докл. XI Междунар. науч.-техн. конф., посвященной памяти д-ра техн. наук, проф. Владимира Константиновича Липского, Новополоцк, 27–28 нояб. 2025 г. / Полоц. гос. ун-т им. Евфросинии Полоцкой; редкол.: Г. Г. Васильев (пред.) [и др.]. – Новополоцк, 2025. – С. 138.
4. Невзорова, А. Б. Общие подходы по управлению и планированию очистки пластовой воды / А. Б. Невзорова // Водоснабжение, химия и прикладная экология : материалы Междунар. науч.-практ. конф., Гомель, 20 марта 2025 г. / М-во трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. ; под общ. ред. д-ра техн. наук, профессора Е. Ф. Кудиной. – Гомель : БелГУТ, 2025. – С. 187–190.