

Уланов Кирилл Александрович

студент

Югорский государственный университет

**КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К БОРЬБЕ С
АСФАЛЬТОСМОЛОПАРАФИНОВЫМИ ОТЛОЖЕНИЯМИ НА
ЛАЗАРЕВСКОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ**

В работе рассмотрена проблема образования асфальтосмолопарафиновых отложений при добыче высокозастывающих нефтей на Лазаревском месторождении в Ханты-Мансийском автономном округе – Югре. Приведены геолого-промысловая характеристика месторождения и свойства нефти, определяющие повышенную склонность к парафинообразованию в скважинах. Описаны состав и структура асфальтосмолопарафиновых отложений, факторы и основные стадии их формирования на внутрискважинном оборудовании и в трубопроводах. Выполнена систематизация методов предотвращения и удаления отложений, включая ингибиторную обработку, термические, механические, химические и комбинированные технологии, и дана их сравнительная оценка с точки зрения эффективности и экономических показателей. На основе анализа предложен комплексный подход к борьбе с асфальтосмолопарафиновыми отложениями на Лазаревском месторождении с дифференцированным выбором технологий для скважин различной степени осложнённости.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: Асфальтосмолопарафиновые отложения, высокозастывающая нефть, Лазаревское месторождение, ингибиторы парафинообразования, термические методы, механическая очистка, комплексный подход.

Complex approach to combating asphalt–resin–paraffin deposits at the
Lazarevskoe oil field

Ulanov Kirill Aleksandrovich
student
Yugra State University

ABSTRACT

The paper considers the problem of asphalt–resin–paraffin deposits formation during the production of high-pour-point oils at the Lazarevskoe oil field in Khanty-Mansi Autonomous Okrug – Yugra. The geological and field characteristics of the oil field and the properties of the produced oil determining its high wax deposition tendency in wells are presented. The composition and structure of asphalt–resin–paraffin deposits, factors and main stages of their formation on downhole equipment and pipelines are described. The main methods for preventing and removing such deposits, including inhibitor treatment, thermal, mechanical, chemical and combined technologies, are systematized and comparatively evaluated in terms of efficiency and economic indicators. Based on the analysis, a complex approach to combating asphalt–resin–paraffin deposits at the Lazarevskoe oil field is proposed with a differentiated choice of technologies for wells with different complication levels.

KEYWORDS

Asphalt–resin–paraffin deposits, high-pour-point oil, Lazarevskoe oil field, wax deposition inhibitors, thermal methods, mechanical cleaning, complex approach.

Введение (Introduction)

В ряде месторождений Западной Сибири, в том числе в Ханты-Мансийском автономном округе – Югре, одной из наиболее распространённых причин осложнений при эксплуатации скважин является образование асфальтосмолопарафиновых отложений (АСПО) на

внутрискважинном оборудовании и в трубопроводах [1–4]. Для Лазаревского месторождения, разрабатываемого компанией «ЛУКОЙЛ – Западная Сибирь», проблема парафинообразования особенно актуальна из-за высокозастывающего характера нефти и сложных климатических условий региона.

АСПО приводят к снижению пропускной способности лифтовых колонн, росту гидравлического сопротивления, уменьшению дебитов и сокращению межремонтных периодов скважин. Дополнительные затраты связаны с частыми остановками на очистку, применением реагентов, термических и механических методов, что увеличивает себестоимость добычи и снижает надёжность эксплуатации фонда [1, 3, 5–7].

В научной литературе подробно рассматриваются состав и свойства АСПО, механизмы их образования, а также отдельные методы предотвращения и удаления отложений [1, 3–7, 9, 10]. Вместе с тем для конкретных месторождений, имеющих свои геолого-промысловые особенности, требуется разработка комплексных схем борьбы с отложениями с учётом структуры фонда скважин, свойств нефти и доступного технологического оснащения [1–4, 8–10].

Цель настоящей работы – провести комплексный анализ методов борьбы с АСПО, применимых к условиям Лазаревского месторождения, и предложить рекомендации по формированию единой системы профилактики и удаления отложений для скважин различной степени осложнённости [1–4]. Для достижения цели решаются задачи: охарактеризовать геолого-промысловые условия и свойства нефти; описать состав, структуру и механизм образования АСПО; систематизировать методы предотвращения и удаления отложений; выполнить их сравнительную оценку по эффективности и экономическим показателям; предложить дифференцированный комплексный подход для фонда скважин месторождения [1–4, 8–10].

Методы (Methods)

Методологической основой исследования является анализ данных по геолого-промысловым характеристикам Лазаревского месторождения, свойствам добываемой нефти и фонду скважин, представленных в отчётной документации и опубликованных исследованиях. Используется информация о температурно-давленостных условиях в стволах скважин и наземных коммуникациях, составе нефти, вязкостно-температурных свойствах и содержании парафинообразующих компонентов.

В работе применён структурный подход к описанию АСПО как коллоидно-дисперсной системы, включающей кристаллы парафина, асфальтены, смолы и минеральные примеси. На основе литературных данных и результатов промысловых наблюдений рассматриваются стадии образования отложений: перенасыщение раствора парафином при охлаждении, зарождение и рост кристаллов, коагуляция асфальтено-смолистых агрегатов, формирование и уплотнение слоя отложений.

Для систематизации методов борьбы с АСПО используется классификация по функциональному назначению (профилактические и ремонтные) и физической природе воздействия (механические, химические, термические, комбинированные) [1, 3, 5–7, 9, 10]. Сравнительная оценка методов выполняется по качественным показателям: техническая эффективность, длительность межочистного периода, требуемое оборудование, сложность внедрения, уровень эксплуатационных затрат и экологические ограничения [1, 5–7, 9, 10].

При разработке рекомендаций учитывается классификация скважин по интенсивности парафинообразования, основанная на частоте необходимости очистки: малоосложнённые, осложнённые и тяжелоосложнённые. Для каждой категории предлагается перечень приоритетных профилактических и ремонтных мероприятий с указанием возможных комбинаций технологий [1, 3, 5–7].

Использовались данные по Лазаревскому месторождению, включающие сведения о глубинах залегания продуктивных пластов (порядка 1800–2600 м), свойствах добываемой нефти, фонде действующих скважин и доле осложнённых объектов [2–4]. В расчёт принимались статистические данные по частоте возникновения осложнений, характерным межремонтным периодам и применяемым в настоящее время методам профилактики и очистки от асфальтосмолопарафиновых отложений, что позволило оценить практическую применимость различных технологий для конкретных условий месторождения [2–4, 8].

Результаты и обсуждения (Results and discussion)

Геолого-промысловые условия и свойства нефти Лазаревского месторождения

Лазаревское месторождение расположено в пределах Западно-Сибирской платформы и приурочено к отложениям верхнего мела и палеозоя, представленных песчаными и глинистыми породами с прослоями угля и терригенными коллекторами. Коллекторы залегают на глубинах порядка 1800–2600 м и обладают удовлетворительной пористостью и проницаемостью, обеспечивающими приток нефти к добывающим скважинам.

Краткая классификация скважин по интенсивности парафинообразования и рекомендуемым методам борьбы приведена в таблице 1 [1, 3, 5–7]

Таблица 1 Классификация скважин по интенсивности парафинообразования и рекомендуемые методы борьбы с АСПО

Категория скважин	Период осложнения (межочистный интервал)	Характеристика интенсивности парафинообразования	Рекомендуемые методы борьбы с АСПО
Легкоосложнённые	Более 6 месяцев	Невысокая скорость образования отложений, очистка требуется редко	Периодическая прерывистая закачка ингибиторов в умеренных концентрациях, использование покрытых НКТ, эпизодическая механическая очистка
Среднеосложнённые	2–6 месяцев	Умеренная скорость образования АСПО, регулярная необходимость очистки	Непрерывная или комбинированная закачка ингибиторов, периодическое применение растворителей и механических скребков [1, 3, 5–7]
Тяжелоосложнённые	Менее 2 месяцев	Высокая скорость образования и уплотнения отложений, частые простои	Комбинированные схемы: термическая обработка (горячая нефть, пар) + механическая очистка, повышенные дозы ингибиторов и специализированные реагенты

Нефть месторождения относится к высокозастывающим и характеризуется плотностью 870–890 кг/м³ при 20 °С, вязкостью 200–350 мПа·с при 20 °С, содержанием парафина 8–12%, асфальтенов 2–4%, смол 15–20%, температурой застывания от минус 5 до 0 °С и температурой плавления парафина 45–60 °С. Такое сочетание свойств обуславливает повышенную склонность нефти к образованию отложений при снижении температуры и давления в лифтовой колонне и наземных коммуникациях [2–4].

Состав, структура и механизм образования асфальтосмолопарафиновых отложений

Асфальтосмолопарафиновые отложения представляют собой сложную многокомпонентную систему, в которой кристаллы парафина распределены в вязко-пластичной матрице из масел, смол и асфальтенов с включениями минеральных частиц. При движении нефти из пласта к устью происходит снижение температуры ниже точки кристаллизации парафина и падение давления с выделением растворённого газа, что приводит к росту вязкости и выпадению твёрдой фазы.

Формирование отложений включает стадии первичной адсорбции молекул парафина на микронеровностях поверхности труб, рост кристаллов, коагуляцию асфальтено-смолистых агрегатов и последующее уплотнение слоя АСПО. Внутренние слои отложений характеризуются повышенной адгезионной и когезионной прочностью, что существенно осложняет их удаление и требует применения более интенсивных методов очистки.

Схематическое представление механизма образования асфальтосмолопарафиновых отложений в лифтовой колонне скважины приведено на рисунке 1.

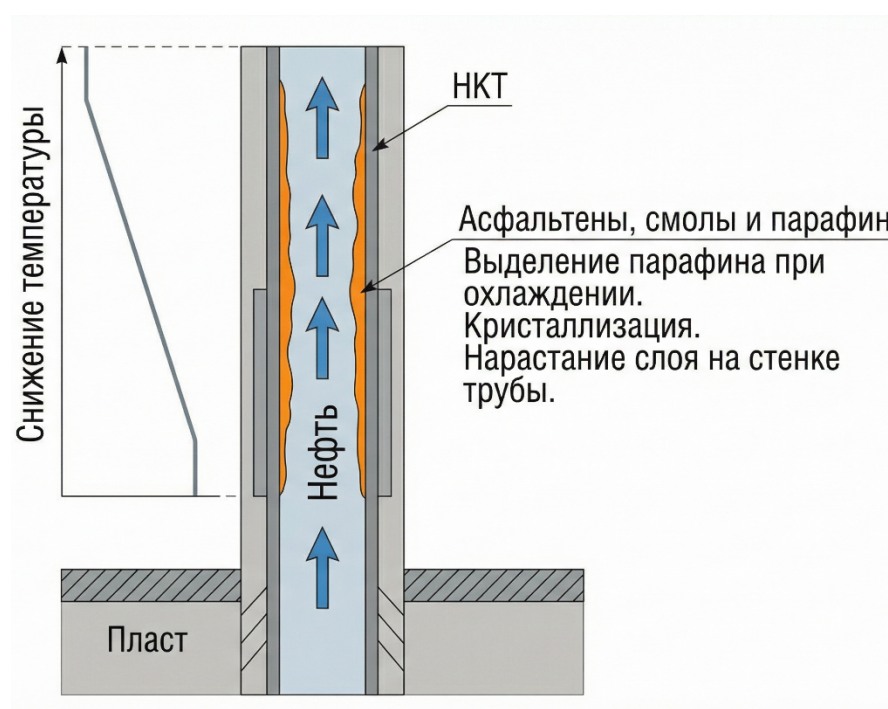


Рисунок 1 Схема образования асфальтосмолопарафиновых отложений
в лифтовой колонне скважины.

Методы предотвращения АСПО

К профилактическим методам относятся ингибиторная обработка, термический контроль температурного режима и модификация поверхности насосно-компрессорных труб [1, 3, 5–7]. Ингибиторы парафинообразования представляют собой реагенты, снижающие скорость кристаллизации парафина, изменяющие морфологию кристаллов и уменьшающие их адгезию к стенкам оборудования. На практике используются прерывистые и непрерывные схемы закачки ингибиторов, выбор которых определяется категорией скважины и интенсивностью парафинообразования.

Термические методы предотвращения АСПО включают подогрев нефти на устье и в стволе скважины с использованием теплообменников, обогреваемых НКТ или электрических кабелей, что позволяет поддерживать температуру выше точки начала кристаллизации парафина на критических участках системы. Модификация внутренней поверхности НКТ полимерными и стеклогранулированными покрытиями снижает адгезию парафина и уменьшает скорость нарастания отложений, особенно на легко- и среднеосложнённых скважинах.

Методы удаления АСПО

К ремонтным методам относятся механическая очистка, химические и термические обработки, а также их комбинации. Механическая очистка осуществляется с помощью скребков различной конструкции, спускаемых на геофизическом кабеле; метод эффективен для удаления мягких и среднежестких отложений, но требует остановки скважины и сопряжён с риском повреждения НКТ.

Химические методы основаны на закачке органических растворителей и специальных композиций, способных растворять парафин и асфальтено-смолистые компоненты. Эффективность обработки определяется температурой, временем контакта, типом и возрастом отложений, а также схемой циркуляции раствора. Термические методы удаления включают промывку горячей нефтью, паром или горячей водой, что приводит к плавлению и выносу отложений потоком, но сопровождается значительными энергозатратами и теплопотерями.

Комбинированные схемы, в которых термическая или химическая обработка сочетается с механической очисткой, обеспечивают более полное удаление АСПО и увеличение межочистных интервалов, особенно на тяжелоосложнённых скважинах.

Сравнительная оценка методов и комплексный подход

Сравнительная оценка методов показала, что профилактические технологии в виде регулярной ингибиторной обработки и применения покрытых НКТ обеспечивают снижение интенсивности образования АСПО при умеренных удельных затратах и экономически оправданы для легко- и среднеосложнённых скважин. Ремонтные методы, такие как механическая очистка, промывка горячей нефтью и применение растворителей, целесообразно использовать для тяжелоосложнённых скважин, где профилактика не обеспечивает требуемой надёжности.

Химические методы, основанные на применении органических растворителей и специальных композиций, отличаются высокой эффективностью при удалении свежих и среднеуплотнённых отложений, а

также возможностью обработки трудно-доступных интервалов ствола скважины. Вместе с тем их применение связано с повышенной стоимостью реагентов, требованиями к безопасности работ и необходимостью утилизации отработанных растворов, что ограничивает частоту использования и требует тщательного выбора схем обработки.

Наиболее высокий эффект достигается при комплексном подходе, сочетающем профилактические и ремонтные технологии с учётом категории скважин [1–3, 5–7, 9, 10]. Для легкоосложнённых скважин приоритетными являются ингибиторы и покрытые НКТ с редкими очистками, для среднеосложнённых – непрерывная или комбинированная закачка ингибиторов с периодическими промывками и механической очисткой, для тяжелоосложнённых – регулярная термическая обработка и комбинированные схемы «растворитель + скребок» [1, 3, 5–7, 9, 10].

Заключение (Conclusion)

Проведённый анализ показал, что проблема асфальтосмолопарафиновых отложений на Лазаревском месторождении обусловлена сочетанием высокозастывающих свойств нефти и специфики термобарических условий эксплуатации скважин и трубопроводов [2–4]. При отсутствии целостной системы профилактики и удаления АСПО осложнения приводят к снижению дебитов, сокращению межремонтных периодов и росту эксплуатационных затрат [1, 3, 5–7].

Систематизация и сравнительная оценка методов борьбы с отложениями подтвердили, что наиболее эффективным является комплексный подход, сочетающий ингибиторную обработку, термическую стабилизацию, модификацию поверхности НКТ и рационально подобранные ремонтные операции для скважин различных категорий осложнённости [1–3, 5–7, 9, 10]. Реализация предложенных рекомендаций позволяет увеличить межремонтные интервалы, повысить коэффициент использования фонда скважин и снизить

удельные затраты на борьбу с осложнениями парафинообразованием на Лазаревском месторождении [1–4, 8–10].

Благодарности (Acknowledgements)

Автор выражает благодарность научному руководителю и сотрудникам Югорского государственного университета за консультации и предоставленные материалы по Лазаревскому месторождению.

ЛИТЕРАТУРА:

1. *Хуснутдинов Р.Х.* Комплексные методы борьбы с асфальтосмолопарафиновыми отложениями при добыче высоkozастывающей нефти: дис. ... канд. техн. наук. Томск: Томский политехнический университет, 2021. 156 с.
2. *ЛУКОЙЛ – Западная Сибирь.* Информация о Лазаревском месторождении и системе электроснабжения [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.lukoil.ru> (дата обращения: 25.11.2025).
3. *Буймов К.С.* Анализ методов борьбы с асфальтосмолопарафиновыми отложениями на месторождениях Западной Сибири: бакалаврская работа. Томск: Томский политехнический университет, 2020. 112 с.
4. *Гребнев А.Н.* Асфальтосмолопарафиновые отложения на внутрискважинном оборудовании: анализ факторов и методов предотвращения: дис. ... канд. техн. наук. Тюмень: Уральский государственный горный университет, 2009. 124 с.
5. *Шикунов Р.А.* Химические технологии защиты нефтепромыслового оборудования от образования асфальтосмолопарафиновых отложений // Нефтегазовое дело. 2020. Т. 8. № 3. С. 234–247.
6. *Денисламов И.З., Имамутдинова А.А.* Технологии удаления асфальтосмолопарафиновых отложений из нефтедобывающих скважин с использованием органических растворителей // Энергетика и рациональное природопользование. 2021. С. 56–68.
7. *Костарев Н.А.* Борьба с асфальтосмолопарафиновыми отложениями при добыче нефти: дис. ... канд. техн. наук. Пермь: Пермский

- национальный исследовательский политехнический университет, 2018.
168 с.
8. *Научно-технический журнал Vankor*. Анализ методов борьбы с осложнениями при добыче нефти // *Научно-технический журнал Vankor*. 2023. Т. 5. С. 124–137.
 9. *ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ БОРЬБЫ С АСФАЛЬТОСМОЛОПАРАФИНОВЫМИ ОТЛОЖЕНИЯМИ* // Нефтегазовое дело [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/problemy-i-metody-borby-s-asfaltosmoloparafinovymi-otlozheniyami> (дата обращения: 03.01.2026).
 10. *Борьба с АСПО* // Нефтесервис / Neftegaz.RU [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://magazine.neftegaz.ru/articles/nefteservis/908435-borba-s-aspo/> (дата обращения: 03.01.2026).