

DOI:10.33942/sit1373

УДК: 662.8

## ПЕРЕКАЧКА ВЫСОКОВЯЗКОЙ И ВЫСОКОЗАСТЫВАЮЩЕЙ НЕФТИ В КЫРГЫЗСТАНЕ

Салабаева З.А.<sup>1</sup>, Исраилова Г.М.<sup>2</sup>, Алиматова В.К.<sup>3</sup>

<sup>(1)</sup> ОшТУ им. М.М. Адышева, старший преподаватель, E-mail: zinnathansalabaeva@gmail.com

<sup>(2)</sup> ОшТУ им. М.М. Адышева, преподаватель, E-mail: israilovagulnura55@gmail.com

<sup>(3)</sup> ОшТУ им. М.М. Адышева, преподаватель

**Аннотация:** В данной статье рассматриваются актуальные проблемы, связанные с транспортировкой высоковязкой и высокозастывающей нефти в условиях Кыргызской Республики. Сырье подобного типа характеризуется повышенной плотностью, высокой температурой застывания и сложной структурой, что значительно затрудняет его перекачку по трубопроводам, особенно в горной и резко континентальной климатической зоне, присущей Кыргызстану. Анализируются основные физико-химические свойства подобной нефти и их влияние на эффективность транспортировки. Освещаются современные методы понижения вязкости и застывания нефти, включая предварительный подогрев, введение растворителей, использование депрессорных присадок и механическое перемешивание. Рассматриваются примеры международного опыта, а также особенности внедрения этих технологий в кыргызском контексте с учётом местной инфраструктуры и энергетических возможностей. Особое внимание уделено необходимости разработки новых, более энергоэффективных и экологически безопасных решений. Статья может быть полезна для специалистов нефтегазовой отрасли, инженеров, а также исследователей, занимающихся вопросами энергообеспечения и транспорта углеводородов.

**Ключевые слова:** высоковязкая нефть, транспортировка нефти, перекачка, снижение вязкости, экология.

## КЫРГЫЗСТАНДА ЖОГОРКУ ИЛЕКТЕШИЛГЕН ЖАНА ЖОГОРКУ СИЛИЛГЕН НЕФТИ СОРУ

Салабаева З.А.<sup>1</sup>, Исраилова Г.М.<sup>2</sup>, Алиматова В.К.<sup>3</sup>

<sup>(1)</sup> М.М. Адышев атындагы ОшТУ, ага окутуучу, E-mail: zinnathansalabaeva@gmail.com

<sup>(2)</sup> М.М. Адышев атындагы ОшТУ, окутуучу, E-mail: israilovagulnura55@gmail.com

<sup>(3)</sup> М.М. Адышев атындагы ОшТУ, ага окутуучу

**Аннотация:** Бул макалада Кыргыз Республикасынын шарттарында жогорку илешектүү жана жогорку муздама температурасындагы мунайды ташуу менен байланышкан актуалдуу маселелер каралат. Нефть сыяктуу чийки зат жогорку тыгыздык, жогорку катып калуу температурасы жана татаал түзүлүшү менен мүнөздөлөт, бул өз кезегинде аны куур аркылуу ташууну бир топ татаалдатат, айрыкча Кыргызстандын тоолуу жана кескин континенттик климаттык шарттарында. Мындай мунайдын негизги физика-химиялык касиеттери жана алар ташуу эффективдүүлүгүнө тийгизген таасири талданат. Илешектүүлүктү жана катып калууну төмөндөтүүнүн заманбап ыкмалары — алдын ала жылытуу, эриткичтерди кошуу, депрессордук кошулмаларды колдонуу жана механикалык аралаштыруу — каралат. Эл аралык тажрыйбанын мисалдары жана бул технологияларды Кыргызстандын инфраструктуралык жана энергетикалык мүмкүнчүлүктөрүнө ылайык ишке ашыруу өзгөчөлүктөрү баяндалат. Натыйжалуу жана

экологиялык жактан коопсуз чечимдерди иштеп чыгуунун зарылдыгына өзгөчө көңүл бурулат. Бул макала мунай-газ тармагындагы адистерге, инженерлерге жана углеводороддорду ташуу жана энергетикалык камсыздоо маселелерин изилдеген илимпоздорго пайдалуу болушу мүмкүн.

**Негизги сөздөр:** жогорку илешкектүү мунай, мунай ташуу, кууруп өткөрүү, илешкектүүлүктү төмөндөтүү, экология.

## PUMPING OF HIGH-VISCOSITY AND HIGH-POUR-POINT CRUDE OIL IN KYRGYZSTAN

Salabaeva Z.A.<sup>1</sup>, Israilova G.M.<sup>2</sup>, Alimatova V.K.<sup>3</sup>

<sup>(1)</sup> OshTU named after M.Adyshev, Senior teacher, E-mail: zinnathansalabaeva@gmail.com

<sup>(2)</sup> OshTU named after M.Adyshev, Teacher, E-mail: israilovagulnura55@gmail.com

<sup>(3)</sup> OshTU named after M.Adyshev, Teacher

**Abstract:** This article addresses the pressing challenges associated with the transportation of highly viscous and high-pour-point crude oil under the conditions of the Kyrgyz Republic. Such oil is characterized by high density, elevated pour point, and complex structure, which significantly complicates its pipeline transportation, especially in the mountainous terrain and sharply continental climate typical of Kyrgyzstan. The study analyzes the main physicochemical properties of these types of crude oil and their impact on transportation efficiency. Modern methods for reducing oil viscosity and pour point are discussed, including preheating, the addition of solvents, the use of depressant additives, and mechanical stirring. The article reviews international practices and explores the specific features of implementing these technologies in Kyrgyzstan, taking into account local infrastructure and energy capacity. Special attention is given to the need for the development of more energy-efficient and environmentally friendly solutions. This article may be of interest to professionals in the oil and gas industry, engineers, and researchers involved in hydrocarbon transportation and energy supply.

**Keywords:** high-viscosity oil, oil transportation, pumping, viscosity reduction, ecology.

**Введение.** В современных условиях энергетической безопасности и устойчивого развития особое внимание уделяется эффективной транспортировке углеводородного сырья, включая высоковязкую и высокозастывающую нефть. Кыргызстан, обладая определёнными запасами нефти и сталкиваясь с необходимостью её транспортировки в условиях горной местности и резко континентального климата, испытывает ряд технических и организационных трудностей. Повышенная вязкость и высокая температура застывания нефти обуславливают значительные затраты на перекачку, требуют использования специализированных технологий и влияют на экономическую эффективность нефтетранспортных систем. В связи с этим изучение и адаптация современных методов транспортировки высоковязкой нефти в кыргызском контексте является актуальной научной и практической задачей.

Целью настоящего исследования является анализ особенностей перекачки высоковязкой и высокозастывающей нефти в условиях Кыргызской Республики, а также выявление эффективных технологических решений, способствующих оптимизации данного процесса.

Высоковязкая нефть отличается повышенным сопротивлением течению, что обусловлено высоким содержанием тяжёлых углеводородов, смол, асфальтенов и парафинов. Её кинематическая вязкость может превышать 200 мм<sup>2</sup>/с при температуре 20 °С, а плотность составляет более 900 кг/м<sup>3</sup>. Высокозастывающая нефть, в свою очередь, характеризуется высокой температурой застывания — от +25 до +40 °С и выше, что создаёт значительные проблемы при транспортировке и хранении в условиях пониженных температур. Такие нефти имеют темный цвет, густую, смолистую консистенцию и склонность к образованию парафиновых отложений на внутренних стенках трубопроводов. Их высокая вязкость требует дополнительных энергетических затрат на перекачку, а также применения специализированного оборудования и технологий.

В зависимости от вязкости, плотности и температуры застывания, высоковязкие нефти подразделяются на:

- тяжёлые нефти (вязкость 200–1000 мм<sup>2</sup>/с, плотность 900–950 кг/м<sup>3</sup>);
- экстра-тяжёлые нефти (вязкость более 1000 мм<sup>2</sup>/с, плотность более 950 кг/м<sup>3</sup>);
- битуминозные нефти, близкие по свойствам к природным битумам.

По температуре застывания выделяют:

- умеренно застывающие нефти (до +25 °С);
- высокозастывающие нефти (от +25 до +40 °С);
- крайне высокозастывающие нефти (выше +40 °С).

Ключевыми параметрами, определяющими технологические особенности их добычи и транспортировки, являются вязкость, плотность, температура вспышки, содержание парафинов и серы, а также индекс текучести. Добыча высоковязкой нефти сопровождается рядом сложностей, таких как низкий дебит скважин, необходимость предварительного разогрева пласта, быстрое изнашивание насосного оборудования и снижение КПД традиционных методов эксплуатации. Для повышения текучести часто используются методы термического воздействия, паротепловая обработка, а также инъекции растворителей или горячей воды. Хранение высокозастывающей нефти требует поддержания стабильной температуры выше точки застывания, что влечет за собой значительные энергетические и финансовые затраты. Используются подогреваемые резервуары и системы термоизоляции, предотвращающие загустевание и выпадение твёрдых фракций.

На территории Кыргызской Республики известны месторождения, содержащие нефть с повышенной вязкостью и температурой застывания. В частности, Майлуу-Сууйское, и Кочкор-Атинское месторождения характеризуются наличием тяжёлых и высокопарафиновых нефтей. Геологические условия и глубины залегания таких залежей создают дополнительные технические барьеры для их эффективного освоения и транспортировки. При этом потенциал разработки подобных ресурсов в стране остаётся значительным, особенно при условии внедрения современных технологий и подходов к добыче и перекачке нефти. Кыргызстан характеризуется резко континентальным климатом с большими сезонными колебаниями температур. Зимой температура воздуха в отдельных регионах может опускаться до –30 °С, что значительно осложняет транспортировку высоковязкой и высокозастывающей нефти. При таких условиях нефть может густеть или полностью застывать в трубопроводах, создавая риски аварий и остановки перекачки. Кроме того, значительная часть территории

страны покрыта горными массивами, что затрудняет строительство и эксплуатацию магистральных трубопроводов. Рельеф требует значительных затрат на прокладку трубопроводов, особенно при необходимости пересечения перевалов и ущелий. Это не только увеличивает стоимость проекта, но и снижает надёжность системы из-за сложностей с доступом для ремонта и технического обслуживания.

На сегодняшний день нефтетранспортная инфраструктура Кыргызстана находится на стадии развития и модернизации. Значительная часть оборудования устарела. Отсутствие централизованных систем подогрева нефти, тепловой изоляции и автоматизированного управления процессами ограничивает возможности по транспортировке тяжёлых нефтей. Кроме того, в стране отсутствует разветвлённая система магистральных нефтепроводов, что делает транспортировку возможной только на короткие расстояния либо с использованием автомобильного и железнодорожного транспорта. Отсутствие специализированных резервуаров для хранения высоковязкой нефти также ограничивает операционные возможности нефтяных компаний. Использование неадаптированной техники приводит к частым сбоям в работе, увеличивает износ оборудования и снижает общую эффективность процесса.

Транспортировка вязкой нефти требует значительно больших энергозатрат по сравнению с лёгкими сортами. Насосное оборудование работает в более тяжёлых условиях, с увеличенной нагрузкой, что приводит к его быстрому изнашиванию. Часто требуется установка мощных подогревателей и циркуляционных насосов, что увеличивает потребление электроэнергии и эксплуатационные расходы. Кроме этого наблюдается ускоренное загрязнение внутренней поверхности труб парафиновыми и смолистыми отложениями, что снижает пропускную способность и требует регулярной очистки. Всё это повышает себестоимость транспортировки и делает её экономически менее привлекательной без применения современных технологий.

В таких странах, как Россия и Канада, где климатические условия также являются суровыми, выработаны эффективные технологии и подходы к транспортировке тяжёлых нефтей. Например, в Западной Сибири и на севере Альберты активно применяются системы предварительного подогрева нефти на выходе из скважин, использование депрессорных присадок и трубопроводы с двойной изоляцией [8]. В отличие от Кыргызстана, в этих странах хорошо развита трубопроводная сеть, обеспечена надёжная энергетическая база и существует государственная поддержка в сфере внедрения инновационных технологий. Этот опыт может служить ориентиром при адаптации аналогичных решений в кыргызском контексте, с учётом местных особенностей.

Существующие способы трубопроводного транспорта высоковязких нефтей можно раз-делить на несколько групп [2].

1. Одним из наиболее распространённых и технически доступных способов снижения вязкости высоковязкой нефти является её термический разогрев. Повышение температуры сырья до 60–90 °С значительно снижает внутреннее трение между молекулами углеводородов, облегчая его транспортировку по трубопроводам. В промышленной практике применяются электроподогреватели, парогенераторы и системы циркуляционного подогрева на стадии добычи, хранения и транспортировки. В условиях резко континентального климата Кыргызстана особое значение имеет тепловая изоляция трубопроводов, которая позволяет

снизить теплопотери и избежать резкого остывания нефти в зимний период. Используются материалы с низкой теплопроводностью, такие как пенополиуретан, вспененные каучуки, а также многослойные оболочки из металла и пластика. Эти меры позволяют увеличить время текучести нефти в трубе и повысить общую надёжность транспортной системы.

2. Химические методы направлены на изменение молекулярной структуры нефти или растворение тяжёлых компонентов с целью уменьшения вязкости и температуры застывания. Растворители, такие как керосин, бензин или легкие углеводородные фракции, разбавляют тяжёлую нефть и улучшают её текучесть [7]. Однако при этом возрастает риск испарения лёгких компонентов и необходимость их утилизации или рекуперации. Другой подход — введение депрессорных присадок, которые влияют на процесс кристаллизации парафинов, предотвращая образование кристаллической решетки, повышающей вязкость. Применение таких добавок позволяет понизить температуру застывания нефти на 5–15 °С без значительного изменения её состава. Кроме того, используются модификаторы реологической структуры, замедляющие рост асфальтено-смолистых агломератов.

3. Механические методы включают физическое воздействие на нефть в процессе её транспортировки. Один из приёмов — перемешивание нефти с горячей водой, создающее эмульсию с пониженной вязкостью. Этот способ требует постоянного поддержания температуры и давления, а также оборудования для последующего разделения воды и нефти на приёмной станции.

К тому же используется сопровождение нефти водой в виде водяной оболочки («гидрооболочка»), при котором высоковязкая нефть движется внутри трубы, окружённая водяным кольцом. Такой подход позволяет значительно уменьшить трение между нефтью и стенками трубы, хотя требует высокой точности в регулировании режимов подачи и давления [2, 4, 5, 6]. На практике чаще всего применяется комбинация нескольких методов — например, предварительный подогрев нефти в сочетании с введением растворителей и использованием изолированных трубопроводов. Такой комплексный подход обеспечивает более устойчивую работу системы и позволяет адаптировать технологию под конкретные условия региона. Комбинированные методы особенно перспективны для применения в Кыргызстане, где ограничены энергетические ресурсы и важна экономическая эффективность. Выбор оптимального варианта зависит от состава нефти, протяжённости маршрута, доступных энергетических источников и климатических условий на трассе трубопровода.

Рассмотренные методы снижения вязкости и застывания нефти обладают высоким потенциалом применения в условиях Кыргызской Республики. Термические и комбинированные методы наиболее реалистичны для внедрения на начальных этапах, поскольку требуют наименьших изменений в существующей инфраструктуре. Использование подогрева и теплоизоляции труб может быть реализовано в короткие сроки на основе доступных технических решений. Химические методы, особенно применение депрессорных присадок и растворителей, также представляют интерес, однако требуют строгого контроля дозировок и экологических последствий. В условиях ограниченного технического оснащения необходимо учитывать риски химического загрязнения и сложности в логистике реагентов.

Механические методы, такие как сопровождение водой или перемешивание, требуют значительных затрат на дополнительное оборудование и сложной регулировки

технологических режимов, но могут быть перспективны для крупных и стабильных месторождений. Экономическая эффективность внедрения технологий напрямую зависит от масштаба добычи и объёма транспортируемого сырья. Термоподогрев и теплоизоляция труб позволяют существенно снизить эксплуатационные издержки, связанные с аварийными остановками и ремонтом. Химические методы требуют начальных инвестиций, однако окупаются за счёт снижения вязкости и повышения производительности систем. С экологической точки зрения комбинированные и механические методы обладают преимуществом за счёт минимизации выбросов и повышения энергоэффективности. Внедрение экологически безопасных технологий транспортировки нефти может способствовать улучшению имиджа отрасли и привлечению иностранных инвестиций.

Проблема транспортировки высоковязкой и высокозастывающей нефти в условиях Кыргызской Республики является актуальной и требует комплексного подхода к её решению. Учитывая суровые климатические условия, сложный рельеф и ограниченность существующей инфраструктуры, эффективная перекачка подобного типа нефти возможна только при условии внедрения современных технических и технологических решений. Анализ показал, что наиболее применимыми для Кыргызстана являются термические и комбинированные методы, способные повысить надёжность и рентабельность нефтетранспортных систем. В краткосрочной перспективе рекомендуется сосредоточить усилия на модернизации трубопроводов путём установки систем подогрева и теплоизоляции. На объектах с высокой вязкостью нефти целесообразно внедрение химических присадок, с обязательной экологической экспертизой. Следует развивать локальные исследовательские и инженеринговые центры, способные адаптировать международные технологии под условия Кыргызстана. Государству следует рассмотреть возможность введения программ поддержки внедрения энергоэффективных решений в нефтегазовом секторе. Разработка экономически обоснованных моделей оценки эффективности внедрения различных методов транспортировки вязкой нефти в Кыргызстане. Изучение возможностей применения возобновляемых источников энергии (например, геотермальной и солнечной) для обеспечения тепловой поддержки трубопроводов. Создание и испытание местных депрессорных добавок с учётом химического состава нефти в конкретных кыргызских месторождениях. Исследование возможностей цифровизации и автоматизации процессов контроля и управления транспортировкой тяжёлой нефти в условиях горной местности. В целом, системный подход, сочетающий научные разработки, практическое внедрение технологий и государственную поддержку, может существенно повысить эффективность и устойчивость нефтетранспортной системы Кыргызстана.

**Вывод:** Кыргызстан обладает потенциалом для локализации и адаптации существующих международных практик. С учётом специфики горного рельефа и сезонных колебаний температуры, особенно актуальны технологии теплоизоляции и локального подогрева, работающие на возобновляемых источниках энергии, например, солнечных панелях. Местные научно-исследовательские учреждения могут сыграть ключевую роль в доработке и адаптации технологий, разработке собственных депрессорных добавок, а также в создании интеллектуальных систем управления транспортировкой нефти. Это создаст предпосылки для развития отечественного инженеринга и сервисных компаний. Развитие транспортной инфраструктуры для высоковязкой нефти требует стратегического подхода и

государственной поддержки. Это включает в себя налоговые стимулы, гранты на НИОКР, льготное кредитование модернизации производств, а также создание нормативной базы, регулирующей применение новых технологий. Кроме того, потенциальное участие Кыргызстана в региональных энергетических проектах, включая экспорт нефти и переработку сырья внутри страны, открывает дополнительные возможности для роста отрасли. Развитие нефтетранспортной системы может стать важным шагом к усилению энергетической независимости и экономической устойчивости республики.

#### **Список использованных источников**

1. Абдуллаев, А.З. Описание процесса электрохимической очистки нефтезагрязненных грунтов с применением математических методов / А. З. Абдуллаев // Наука и инновационные технологии. – 2023. – № 2(27). – С. 11-15. – DOI 10.33942/sit042289. – EDN ONEURN.
2. Башкирцева Н.Ю., Сладовская О. Ю. Особенности транспортировки высоковязких нефтяных дисперсных систем // Вестник Казанского технологического университета. 2014. №14.
3. А.с. 465501 СССР, МКИ F17 D 1/16. Способ трубопроводного транспорта высокопарафинистой нефти.
4. А.с. 1642189 СССР, МКИ F17 D 1/16. Способ транспортировки по трубопроводу вязких нефтей и нефтепродуктов.
5. А.с. 485277 СССР, МКИ F17 D 1/16. Способ транспортировки вязкой нефти.
6. А.с. 1260632 СССР, МКИ F17 D 1/17. Способ транспортирования высоковязких нефтей.
7. А.с. 145434 СССР, МКИ F17 D 1/17. Способ подготовки и транспортировки по трубопроводу высоковязких нефтей и нефтепродуктов.
8. Патент РФ 2042876, МКИ F17 D 1/16. Способ снижения температуры застывания высокопарафинистых нефтей
9. Шаммазов А.М. Исследование влияния оптимальных концентраций асфальтосмолистых веществ и парафина на реологические характеристики высоковязких нефтей при транспорте по магистральным трубопроводам // Инженерно-физич. журн. -1984, - Т.46, №6. –с.984-986.