



УДК 622.276.6

## ТЕРМОБАРОХИМИЧЕСКИЙ МЕТОД ОБРАБОТКИ ПРИЗАБОЙНОЙ ЗОНЫ НЕФТЯНЫХ СКВАЖИН И ЕГО ПЕРСПЕКТИВЫ ДЛЯ НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЗАПАДНОГО КАЗАХСТАНА

**М. М. Аглиуллин**, директор ООО НПФ «ИКЭС-нефть»,  
**В. М. Абдуллин**, к.т.н., гл.инженер ООО НПФ «ИКЭС-нефть»,  
**А. М. Шайхулов**, зам. нач. НГДУ «Киенгоп» ЗАО «Удмуртнефть»,  
г. Уфа, Республика Башкортостан, Россия  
**С. К. Дузбаев**, к.т.н., нач. отдела добычи нефти ПФ «ЭмбаМунайГаз»  
АО «РД КазМунайГаз», г. Атырау, Казахстан  
**А. О. Джандосов**, зам. ген. директора АО «КаражанбасМунай»,  
Мангистауская обл., Казахстан

*Мақалада Батыс Қазақстан кен орындарындағы мұнай ұңғымаларында термобарохимиялық әдіспен жер қойнауының (забой) түпкі аумағына жүргізілген өндірістік тәжірибелердің нәтижелері және оның аймақтағы аз өнім беретін ұңғымалар қоры үшін келешегі қаралған.*

*Технологиялар Өзен кен орындарында және Солтүстік Каспий кен орындарының тұз үсті өнім беруші горизонттарында қолданыстан шығарылған ракеталық отын – баллиститты дәрі (порох) пайдаланыла отырып, олар ақырын тұтану режиміне қайта өңделіп шыққан соң, орындалған. Негізгі қорытынды – Термобарохимиялық өңдеу «ТБХӨ» технологиялары тереңдігі 1500 ... 1700 м құрайтын, жер қойнауының (забой) түпкі аумағы асфальтты-смоламен, парафин және минералды тұнбалармен ластанған Батыс Қазақстан кен орындары үшін келешегі зор болып саналады. Сонымен қатар, ТБХӨ технологиясымен жұмысты кенінен жүргізуге кедергі болып келген бірқатар себептер де көрсетілген. Олар алдымен, дәрі (порох) зарядтары, ракеталық отын қауіпті жүктер қатарына жатқызылуымен байланысты.*

*Мақалада ТБХӨ технологиялары бойынша болашақ жұмыс жүргізуге бағытталған ұсыныстар берілген, атап айтқанда, «ИКЭС-нефть» НПФ ООО-ның (РФ, Уфа қаласы, <http://www.ikesoil.ru/>) хлорлы алюминий негізінде жаңа термохимиялық отын көздерін пайдалану арқылы атқарған зерттеу және тәжірибе жұмыстарының қорытындылары келтірілген. Оның құрамындағы термоқышқылды құрамдар аса қымбат емес, олар жарылғыш материалдар, дәрілер, арнайы мақсатқа арналған отындар класына жатпайды, пайдалануда қауіпсіз және ұңғыма жұмысының технологиясына сай келеді. ТБХӨ технологияларын пайдалану Еділ-Жайық аймақтарының мұнайлы кен орындарында табысты сынақтан өтті және оны Батыс Қазақстан кен орындарында тәжірибелік-өндірістік мақсатта пайдалану үшін ұсынуға негіз бар.*

*В статье рассмотрены результаты опытно-промышленных обработок призабойной зоны пластов нефтяных скважин месторождений Западного Казахстана термобарохимическим методом (ТБХО) и его дальнейшие перспективы для малодобитного фонда скважин региона.*

*Технологии выполнялись на Узенском месторождении и на продуктивных горизонтах надсолевых месторождений Северного Прикаспия с использованием утилизированного ракетного топлива – баллиститных порохов после их переработки на режимы замедленного*





горения. Основной вывод — технологии ТБХО являются перспективными для месторождений Западного Казахстана глубинами до 1500—1700 м с загрязнением призабойной зоны пластов асфальтосмолистыми, парафиновыми и минеральными отложениями. Вместе с тем указаны причины, сдерживающие дальнейшее распространение работ по технологии ТБХО, главным образом связанные с тем, что пороховые заряды, ракетные топлива относятся к опасным грузам.

Статья содержит рекомендации по дальнейшему направлению работ по технологиям ТБХО, в частности, приводятся результаты исследовательских и опытных работ, выполненных ООО НПФ «ИКЭС-нефть» (РФ, г.Уфа, <http://www.ikesoil.ru/>) с использованием новых видов термохимических источников на основе хлористого алюминия. Термокислотные составы на его основе имеют относительно невысокую стоимость, не относятся к классу взрывчатых материалов, порохов, топлив спецназначения, обеспечивают безопасность в эксплуатации и высокую технологичность скважинных работ. Технологии ТБХО с их использованием прошли успешную апробацию на нефтяных месторождениях Волго-Уральского региона и могут быть рекомендованы для опытно-промышленного использования на месторождениях Западного Казахстана.

*In this article the results of experimental-industrial processing, using the Thermobarochemical method of oil-well zone layers in the Western Kazakhstan oil-fields were considered as well as its further perspectives for the low-yield well stock of the region.*

*The technological process was completed in Uzen oil-field and also in the productive horizon of persalt field in Northern Caspian area where utilizable rocket propellant – ballistic gunpowder - after its processing to the delayed –combustion procedure – was used.*

*The main idea of the article is that Thermobarochemical technologies are considered as prospective for the oil field of Western Kazakhstan with the depth of up to 1500 – 1700 meters, and where the pollution with the asphalt–sludgy-paraffin residue of the oil- well zone takes place.*

*Alongside with that, there were indicated the reasons why the restriction of Thermobarochemical technology application sometimes happens. The main reason is that gunpowder shell and rocket propellant are referred to the category of hazardous cargo.*

*The article contains recommendations to further application of Thermobarochemical technology. The results of research and experimental work, made by LLP “IKES-oil” (Russian Federation, Ufa city, <http://www.ikesoil.ru/>) are given. In its work there used the new types of thermo chemical sources, that are made on the basis of chlorine aluminium as its thermo acid composition has relatively low cost, it doesn't refer to the categories of explosives, gunpowder, special function fuels, it is safe in exploitation and displays high technological result of borehole work.*

*Thermobarochemical technologies have had successful approbation in the oil-field Volga-Ural region and can be recommended for experimental-industrial use in the territory of Western Kazakhstan.*

Одна из проблем эксплуатации нефтяных месторождений Западного Казахстана состоит в снижении продуктивности добывающих скважин вследствие закупорки призабойной зоны пласта (ПЗП) различными отложениями из добываемой продукции. В основном этому подвержены малодобитный фонд скважин, эксплуатирующий надсолевые горизонты Северного Прикаспия, а также юрские горизонты месторождений Узень, Карамандыбас и др. Поскольку на этих месторождениях добывается значительное количество нефти, обеспечение высокой пропускной способности ПЗП скважин является важной задачей для поддержания объема добычи нефти в республике.





Главные причины образования отложений в ПЗП– высокое содержание в нефти асфальтосмолистых веществ и парафинов (АСПО), снижение давления и температуры на забое скважин в процессе эксплуатации, закачка холодной морской воды, ухудшающей температурный режим нефтяного пласта и образующей при смешении с пластовой водой нерастворимые осадки, и другие факторы.

Для борьбы с этим применяются различные методы обработки призабойной зоны скважин – горячими теплоносителями, растворителями АСПО, кислотами, ПАВ, ингибиторами, горюче-окислительными составами и др. Каждый метод эффективен в определенном диапазоне геолого-технических условий. В условиях же разнообразия причин снижения производительности скважин, трудности их диагностики в Западном Казахстане зачастую от используемого метода трудно добиться высокой эффективности и успешности работ.

По мнению многих авторов, высокое качество обработки может быть достигнуто путем комплексирования видов воздействия [1,2]. Это позволяет максимально использовать положительные стороны каждого вида воздействия за счет синергетического эффекта – увеличения суммарного воздействия за счет взаимного влияния воздействующих факторов и обеспечить высокую успешность обработок.

Разнообразие методов можно свести к трем видам воздействия – тепловому, гидромеханическому и химическому, т.е. термобарохимической обработке скважины (ТБХО). Наиболее апробированным в Казахстане и эффективным комплексным методом с тепловым воздействием является метод термогазохимического воздействия (ТГХВ) с использованием пороховых зарядов АДС [3]. При горении пороховых зарядов образуется до 1 м<sup>3</sup>/кг пороховых газов с выделением до 3800 кДж/кг тепла. Призабойная зона скважины подвергается тепловому, ударно-механическому и сернисто-кислотному комплексному воздействию.

На месторождениях Казахстана в прошлом столетии методом ТГХВ было выполнено большое количество скважино-операций. За счет его применения был достигнут значительный геологический и технико-экономический эффект. В 1990-е гг. использование метода ТГХВ в республике было сведено к минимуму. Аналогичная ситуация сложилась в российских нефтедобывающих компаниях. Основная причина заключалась в трудностях организационного, экономического характера при изготовлении, транспортировке и хранении пороховых изделий, относящихся к опасным грузам. Взрывной характер горения пороха в условиях высокой обводненности продукции устаревшего фонда скважин вынуждал геологическую службу применять более безопасные методы — промывку забоя скважин растворителями, горячей нефтью, водой и др.

С началом нового столетия на месторождениях Западного Казахстана были возобновлены работы по применению метода ТГХВ и его аналогов. Работы проводили ООО НПФ «ИКЭС-нефть» (РФ, г. Уфа) с использованием пороховых зарядов с замедлителями горения АДС-5, ТОО «Мунайэкология» (РК, г. Алматы) с пороховыми зарядами ПГДБК, ТОО «НПК Мунайгеосервис» (РК, г. Уральск) с горюче-окислительными составами на основе аммиачной селитры и другие предприятия.

ООО НПФ «ИКЭС-нефть» выполняла работы на месторождениях ПФ «Узеньмунайгаз и «Эмбамунайгаз» по усовершенствованному термобарохимическому методу





ТБХО. Использованию ракетного топлива в качестве термохимического источника для воздействия на ПЗП способствовало то, что в этот период на военных складах РФ накопилось большое количество утилизированного ракетного пороха, требовавшего уничтожения, что было сопряжено с серьезными экологическими проблемами. И одним из путей утилизации являлось их использование в нефтедобыче.

Особенности метода ТБХО с использованием пороховых изделий следующие [4,5]:

1. Отсутствует неконтролируемое ударное механическое воздействие на пласт, поскольку используется топливо АДС-5 с замедлителем горения. Например, сборка из пороховых шашек длиной 4,5 м при давлении на забое скважины 14 МПа и температуре 65°C сгорает в течение 7,5 мин.

2. Исключается опасность фонтанирования скважины (выброса жидкости) при горении заряда. Это достигается установкой вместо перфораторной задвижки малогабаритного превентора с плашками под геофизический кабель, герметично закрывающего устье скважины.

3. Полный долив жидкости в скважину позволяет создать противодействие на пласт при горении заряда, продавку в пласт горячей газожидкостной смеси и тем самым обеспечить более глубокий радиальный прогрев призабойной зоны пласта.

4. Термогазовое воздействие при ТБХО усилено химическим воздействием химреагента, доставляемого в одном контейнере с топливом, нагреваемого и вытесняемого в пласт при горении заряда.

5. После термогазохимического воздействия на пласт открывается депрессионная камера и создается дополнительное депрессионное воздействие на пласт. При этом растворившиеся органические твердые и неорганические отложения выносятся через перфорационные каналы в скважину и частично попадают в депрессионную камеру.

6. Исключается опасность забивания клапанов и выхода из строя глубинно-насосного оборудования после проведения ТБХО. Это достигается соответствующим выбором химреагентов, которые исключают повторное затвердевание АСПО, извлеченных из пласта и оставшихся в стволе скважины.

Технология ТБХО на кабеле включает подъем глубинно-насосного оборудования из скважин, шаблонирование ствола для обеспечения проходимости компоновки ТБХО, сборку и спуск на кабеле в обрабатываемый интервал компоновки и термобарохимическую обработку пласта. Компоновка содержит два контейнера из 89 мм НКТ: верхний, термогазохимический, с пороховым зарядом и химреагентом, нижний – имплозионная камера, заполненная воздухом при атмосферном давлении. В корпусах контейнеров размещены клапанные узлы и автономный манотермометр для регистрации техпроцесса. Общая длина компоновки не более 9 м.

Компоновка устанавливается в обрабатываемом интервале скважины, проводится долив скважины до устья, устье герметизируется и электрическим током запускается воспламенитель топлива. При горении топлива в течение 10 — 20 мин в закрытой скважине происходит процесс термобарохимического воздействия. По завершении горения срабатывает депрессионная камера и осуществляется имплозионное воздействие. Открывается устьевая задвижка. Пороховые газы, поднимаясь вверх, вытесняют в подсоединенную линию для откачки нефти жидкость из скважины, обычно





20 — 25 % объема скважины. При достаточно высоком пластовом давлении снижение уровня приводит к созданию депрессии на пласт и вызову притока. Поток жидкости из пласта выносятся оставшиеся отложения, разогретые до текучего состояния. Уровень в скважине восстанавливается до выравнивания с пластовым давлением. Оборудование ТБХО извлекается из скважины, спускается насосное оборудование и скважина сдается в эксплуатацию.

В 2001 — 2006 гг. в АО «Разведка—Добыча КазМунайГаз» НК «КазМунайГаз» методом ТБХО обработано около 100 скважин. Результаты по первым 38 скважинам Узенского месторождения (ПФ «Узенмунайгаз») таковы:

- прирост дебита по нефти 3,57 т/сут при среднем дебите до ОПЗ 4,53 т/сут;
- дополнительная добыча на одну скважину за год 1286 т нефти.

Результаты ТБХО по скважинам ПФ «Эмбаунайгаз» несколько ниже, но достаточно рентабельны для малодобитного фонда скважин региона. По 16 скважинам месторождений Алтыколь, Ботахан (2004 — 2005 гг.) в среднем дополнительная добыча на одну скважину за год составила 1128 т нефти. По 10 скважинам месторождений Алтыколь, Карсак, обработанным в 2006 г., в среднем дополнительная добыча на одну скважину за четыре месяца после ТБХО составила 2198 т нефти. Длительность эффекта более одного года.

Следует отметить, что при выполнении работ с использованием пороховых зарядов АДС-5 с замедлителями горения не наблюдалось ни одного случая нарушения колонны, заколонного цемента и обводнения скважин.

Таким образом, опытно-промышленными работами подтверждены достаточно высокая технологическая эффективность, успешность и геолого-технологическая безопасность комплексных термобарохимических технологий для малодобитных скважин Западного Казахстана.

*Дальнейшей задачей для целей промышленного применения комплексных термобарохимических технологий ОПЗ нефтяных скважин является упрощение и удешевление технологических операций обработок. Поисковые работы в этом направлении, по мнению авторов, должны быть нацелены на следующее:*

1. *Разработка химических композиций и изделий на их основе, обеспечивающих комплексное термохимическое воздействие на ПЗП, низких по стоимости, доступных для массового использования, безопасных при хранении, транспортировке и проведении скважинных операций.*

2. *Разработка малозатратных технологий ОПЗ скважин с применением новых композиций химреагентов, позволяющих выполнять работы, например, без дорогостоящего геофизического сопровождения, без подъема глубинно-насосного оборудования, с минимальным использованием спецтехники.*

В частности, в 2005 — 2008 гг. в ООО НПФ «ИКЭС-нефть» проводились научно-исследовательские работы в этом направлении (<http://www.ikesoil.ru/>). В результате получены новые термохимические источники для воздействия на призабойную зону пласта – термокислотные составы (ТКС) [6], характеристики которых приведены в табл.1. Компоненты термокислотного состава имеют доступную сырьевую базу, не относятся к классу взрывчатых материалов, порохов, топлив спецназначения и безопасны при хранении, транспортировке и проведении скважинных работ.





Основной компонент термокислотных составов — *алюминий хлористый безводный технический*  $AlCl_3$  представляет собой порошок в виде твердых частиц удельным весом  $2,44 \text{ г/см}^3$ . Хлористый алюминий в композиции с углеводородным растворителем и другими компонентами доставляется на забой скважины и вводится в контакт с забойной водой. При реагировании выделяется газообразный хлористый водород, обладающий высокой растворимостью в воде с образованием соляной кислоты в количестве 8 — 10 л на 1 кг хлористого алюминия в пересчете на 10%-ный раствор. Реакция проходит без повышения давления в скважине с обильным тепловыделением — 2500 кДж на 1 кг хлористого алюминия (для сравнения – калорийность баллистического пороха составляет 3800 кДж/кг). Хлористый алюминий безводный относится к группе опасности по ГОСТу 19433-88 к 8-му классу, подклассу 8.3 («разные едкие и(или) коррозионные вещества»).

Термокислотные составы ТКС-01,02 успешно апробировались на месторождениях Волго-Уральского региона в различных вариантах технологий ТБХО (табл. 2).

Предварительные результаты показывают, что составы ТКС являются высокоэффективным средством для разрушения большинства типов органических и неорганических отложений, осадков и эмульсий в пласте и в скважине, безопасны при хранении, транспортировке и проведении скважинных операций.

Общими признаками технологий ТБХО с термокислотными составами ТКС-01, ТКС-02 является последовательность следующих операций [7]:

1. Генерирование в обрабатываемом интервале скважины горячей смеси соляной кислоты и углеводородного растворителя с температурой до  $65\text{--}100^\circ\text{C}$  с одновременной его продавкой в призабойную зону пласта. При этом происходит разрушение и растворение АСПО и различных осадков неорганических солей и сульфида железа в перфорационных и поровых каналах призабойной зоны продуктивного пласта.
2. Создание серии импульсов давления с высокой крутизной фронта, обеспечивающих гидромеханическое разрушение твердых отложений в ПЗП.
3. Создание депрессии на пласт и вызов притока для удаления продуктов реакции из пласта и скважины.

Все это приводит к очистке призабойной зоны пласта от загрязнений и повышению производительности скважины. Необходимо подчеркнуть, что технологиями ТБХО обеспечивается щадящее воздействие на пласт, что важно для ОПЗ старого фонда скважин. Использование термокислотного состава значительно снижает затраты на обработку скважины вследствие исключения геофизических услуг и в некоторых случаях позволяет выполнять работы без подъема глубинного оборудования из скважины.

Термокислотный состав марки ТКС-03 изготавливается в виде водорастворимых капсул с конструкцией, обеспечивающей доставку на забой под собственным весом. Их использование при текущем подземном ремонте скважин позволит с минимальными затратами осуществлять термокислотное воздействие на призабойную зону скважины и поддерживать ее высокую пропускную способность. Это представляется важным в условиях небольших месторождений Западного Казахстана, особенно Северного Прикаспия, удаленных от ремонтных баз. В настоящее время термокислотные составы ТКС-03 находятся на стадии испытаний и освоения производства.





**Таблица 1.** Характеристика термокислотных составов ТКС (термокислотные составы)

Параметры	Марка, тип термокислотного состава		
	ТКС-01	ТКС-02	ТКС-03
Компоненты	Гидрореагирующие вещества с экзотермической реакцией растворения в воде, растворитель АСПО, присадки		
Агрегатное состояние	Суспензия	Жидкость	Твердое вещество
Удельный вес, г/см <sup>3</sup>	2,1–2,3	1,07–1,1	2,0
Время реагирования с водой, час	0,1–0,2	0,1–0,2	0,5–2,0
Теплота растворения в воде, кДж/кг	2000	1700	2000
Количество 10%-ного раствора соляной кислоты на 1 кг ТКС, л	7,0	5,0	7,0
Форма поставки	В п/э бочках, ПЭТ-капсулах	Металл. бочки емк. 200 л	Капсулы водорастворимые
Технологии ОПЗ	С контейнерной доставкой на забой	Закачкой по трубам	Сбрасыванием в скважину

**Таблица 2.** Результаты ОПЗ с термокислотными составами ТКС-01, 02 на скважинах малodeбитного фонда Волго-Уральского региона.

№ скв.	Месторождение, тип скважины, коллектора	Технология ТБХО	Режим баровоздействия на пласт	Дата ТБХО	Эффективность
373	Игровское, добывающая, терригенный	Контейнерная с ТКС-01 на трубах	Однократная депрессия с притоком в колонну НКТ	17.09.2005г.	Увеличение дебита с 2,6 до 6,1 т/сут. Длительность эффекта более 2 лет
776	Игровское, добывающая, терригенный	То же на кабеле	Однократная имплозия на кабеле	06.10.2005г.	Увеличение дебита с 2,4 до 2,8 т/сут. Длительность эффекта более 2 лет
1334	Арланское, нагнетательная, терригенный	Закачка ТКС-02	Многоцикловое репрессивное воздействие	15.12.2006г.	Увеличение приемистости с 3,7 до 80 м <sup>3</sup> /сут при давлении 140–150 ат
2504	Мельниковское, нагнетательная, карбонатный	Контейнерная с ТКС-01 на трубах	То же	04.02.2007г.	Увеличение приемистости с 10 до 110 м <sup>3</sup> /сут при давлении 100 ат. Длительность эффекта 11 месяцев
1328	Енорускинское, добывающая, карбонатный	То же на трубах	Однократная депрессия с притоком в колонну НКТ	28.03.2007г	Увеличение дебита с 0,8 до 1,1 т/сут. Длительность эффекта 8 месяцев
352	Киязлинское, добывающая, терригенный	Закачка ТКС-02 по трубам	Свабирование	03.04.2008г.	Увеличение дебита с 0,1 до 1,0 т/сут.
1312	Енорускинское, нагнетательная, карбонатный	Контейнерная с ТКС-01 на трубах	Многоцикловое репрессивное воздействие	15-17.05.2008г	Снижение давления закачки со 115 до 75 ат в режиме закачки 50 м <sup>3</sup> /сут
2152	Степноозерское, добывающая / перевод на нагнетание, терригенный	Контейнерная с ТКС-01 на трубах	То же	16.06.2008г	Увеличение приемистости с 0 до 8 м <sup>3</sup> /сут при Pз=120 ат (вязкость нефти 400 сПз)
		Закачка ТКС-02	Многоцикловое репрессивное воздействие	17.06.2008г	Увеличение приемистости с 8 до 18 м <sup>3</sup> /сут при Pз=120 ат (вязкость нефти 400 сПз). Далее скважина доосвоена с использованием виброволнового метода

Из изложенного можно сделать следующие выводы:

1. При обработке призабойной зоны малodeбитного фонда скважин наиболее эффективными и успешными являются комплексные методы ОПЗ, в частности технологии термобарохимической обработки скважин.
2. Термобарохимическая обработка скважин малodeбитного фонда скважин Западного Казахстана, в частности с использованием пороховых зарядов с замедли-





телями горения, обеспечивает высокую эффективность и успешность обработок в щадящем режиме воздействия, безопасном для старого фонда скважин и слабосцементированных коллекторов.

3. При обработке призабойной зоны малодебитного фонда скважин наиболее эффективными и успешными являются комплексные методы ОПЗ, в частности технологии термобарохимической обработки скважин.

4. Термобарохимическая обработка скважин малодебитного фонда скважин Западного Казахстана, в частности с использованием пороховых зарядов с замедлителями горения, обеспечивает высокую эффективность и успешность обработок в щадящем режиме воздействия, безопасном для старого фонда скважин и слабосцементированных коллекторов.

5. Для промышленного применения термобарохимических технологий на месторождениях Западного Казахстана необходимы новые виды термохимических источников, имеющих относительно невысокую стоимость, не относящихся к классу взрывчатых материалов, порохов, топлив спецназначения, обеспечивающих безопасность в эксплуатации и высокую технологичность скважинных работ, к примеру гидрореагирующие составы на основе хлористого алюминия.

6. Термобарохимические технологии с новыми видами термохимических источников на основе хлористого алюминия — термокислотные составы (ТКС) прошли успешную апробацию на нефтяных месторождениях Волго-Уральского региона. Технологии могут быть рекомендованы для опытно-промышленного использования на месторождениях Западного Казахстана как в добывающих скважинах с понижающимся дебитом вследствие закупорки пласта сложными отложениями и осадками органического и неорганического характера, так и в нагнетательных скважинах с пониженной приемистостью вследствие загрязнения пласта различными примесями в закачиваемой воде.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Орлов Г.А., Мусабиров М.Х., Ишкаев Р.К., Грубов А.И., Челпик С.К. Комплексные физико-химические технологии обработки призабойной зоны нефтяных пластов. Ижевск: ООО «Печать-Сервис», 1999. С. 74-80.

2. Кудинов В.И., Сучков Б.М. Методы повышения производительности скважин. Самара, 1996. С.250-277.

3. Мальцев Н.А., Чазов Г.А. и др. Термогазохимическое воздействие на малодебитные и осложненные скважины. М.: Недра, 1986.

4. Патент на изобретение в РГКП НИИС Республики Казахстан №17779 от 15.07.2006г. «Способ термобарохимической обработки призабойной зоны пласта и устройство для его осуществления». Оpubл. 15.09.2006 г. Бюл.№9.

5. Патент на изобретение РФ №2240425 «Устройство для термобарохимической обработки призабойной зоны скважины». Оpubл. 20.11.2004 г. Бюл. №32.

6. Патент РФ на изобретение №2320862 «Способ термохимической обработки призабойной зоны нефтяных скважин». Оpubл. 27.03.2008. Бюл. №9.

7. Патент РФ на изобретение №2331764 «Способ обработки призабойной зоны пластов нефтедобывающих скважин и устройство для его осуществления». Оpubл. 20.08.2008 г. Бюл. №23.

