

**Азербайджанская Государственная Нефтяная Компания  
Институт «НИПИнефтегаз»**

---

*На правах рукописи*

**АБДУЛГАСАНОВ ФАИК АББАС оглы**

**ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ  
ОСЛОЖНЕНИЙ ПРИ ДОБЫЧЕ ГАЗА  
И ЕГО ПОДГОТОВКЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ  
НОВЫХ ИНГИБИТОРОВ НА МОРСКИХ  
МЕСТОРОЖДЕНИЯХ**

**Специальность 2526.01 - Технология освоения морских  
месторождений полезных ископаемых**

**А В Т О Р Е Ф Е Р А Т**

**диссертации на соискание ученой степени доктора  
философии по технике**

**Баку-2017**

Работа выполнена в Институте «НИПИнефтегаз»

**Научный  
руководитель:** доктор философии по технике  
**Ф.С.Исмаилов**

**Официальные  
оппоненты:** доктор технических наук,  
профессор **Г. М. Панахов**

доктор философии по технике  
**Г.Х. Меликов**

**Ведущая организация:** Институт «Нефти и Газа» НАНА

Защита диссертации состоится « 26 » января 2018 г. в 11<sup>00</sup> часов в ауд. 1213 на заседании Диссертационного Совета Д.02.141 при Азербайджанском Государственном Университете Нефти и Промышленности по адресу: AZ1010, г. Баку, пр. Азадлыг, 34.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Института «НИПИнефтегаз» ГНКАР

Автореферат разослан « 25 » декабря 2017 г.

**Ученый секретарь  
Диссертационного Совета Д.02.141,  
доктор философии по технике**

**А.В.Мамедов**

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы.** Обеспечение высоких темпов развития нефтяной и газовой промышленности и повышение качества добываемого природного газа, подаваемого в магистральный газопровод, требуют разработки и внедрения новых технологических процессов при добыче и промышленной подготовки газа с использованием доступных высокоэффективных и экологически чистых ингибиторов и абсорбентов для осушки газа и предотвращения образования гидратов в системе.

В связи с этим, в последние годы перед нефтегазовой промышленностью возник ряд проблем, связанных со специфическими условиями эксплуатации газоконденсатных месторождений, к числу которых можно отнести создание ингибиторов с синергетическим действием для одновременной осушки газа и предотвращения образования гидратов в системе, упрощения технологии добычи и подготовки газа и обеспечения сохранения экологической чистоты региона.

Применяемые в настоящее время осушители газа и ингибиторы для предотвращения образования гидратов, в основном, водные растворы (гликоли, метанол, ПАВ и др.) являются сильно токсичными, дорогостоящими и дефицитными, закупаются за рубежом и им присущи некоторые технологические недостатки.

Рассматриваемые вопросы имеют большое теоретическое и практическое значение. Решение проблем повышения качества и эффективности добываемого, подготавливаемого и транспортируемого газа во многом зависит от создания и внедрения новых ингибиторов.

Для рационального использования материальных и природных ресурсов Республики, установление норм расхода химических реагентов и разработка научно-технических мероприятий по их уменьшению имеет большое практическое значение.

Таким образом, предлагаемая нами работа в области создания новых абсорбентов и ингибиторов для осушки газа и борьбы с образованием гидратов в системе добычи и промышленной обработки газа является актуальной и направлена на решение важной народно-хозяйственной проблемы.

Рассматриваемые вопросы неоднократно входили в комплексную проблемную тематику и отраслевую научно-техническую программу Государственной Нефтяной Компании Азербайджанской Республики и института «НИПИнефтегаз».

Учитывая вышеизложенное, настоящая работа посвящена разработке и внедрению ряда новых осушителей газа и ингибиторов для предотвращения образования гидратов в системе добычи и промышленной подготовки газа, применительно к различным морским месторождениям со сложными термодинамическими и технологическими характеристиками. С учетом вышеуказанного и на основании критического анализа зарубежной и отечественной литературы поставлены цели и задачи исследования.

**Цель работы.** Опираясь на теоретические и экспериментальные исследования, разработать и внедрить в промышленность новые высокоэффективные, многофункциональные и экологически чистые осушители газа и ингибиторы гидратообразования, коррозии и солеотложения, обладающие эффектом синергизма, а также создать малоотходные технологии с целью повышения качества и эффективности добычи и промышленной обработки газа.

**Задачи исследования.**

- Разработать и внедрить новые осушители газа и ингибиторы с синергетическими свойствами для предотвращения образования гидратов, и солеотложения в системе добычи и промышленной подготовки газа к дальнему транспорту.

- Изучить основные физико-химические свойства нового ингибитора: вязкость, плотность, температура замерзания, температура начала и конца кипения, регенерационные свойства и др.;

- Изучить осушающую способность нового абсорбента и его водных растворов при различных температурах контакта, исследовать возможность

осушки газа в условиях отрицательных температур контакта.

- Определить зависимость равновесного снижения температуры гидратообразования природного газа от изменения температуры замерзания водных растворов новых ингибиторов.

- Выявить и обосновать закономерности появления синергетического эффекта в многофункциональных ингибиторах

при различных термодинамических условиях и соотношениях компонентов.

- Изучить взаимную растворимость компонентов, входящих в состав новой композиции ингибиторов (индивидуальных углеводов, углеводородного конденсата, пластовой воды и неорганических солей), в широком интервале изменения технологических параметров.

- Провести экспериментальные и промышленные исследования многофункционального синергетического ингибитора для промышленной обработки и подготовки природного газа к дальнему транспорту в условиях различных газоконденсатных и нефтяных месторождений и выявить область их применения.

- Разработка и промышленное внедрение новых химреагентов для осушки газа и борьбы с технологическими осложнениями в процессе эксплуатации газлифтных скважин, промышленного сбора, транспорта природных газов с обеспечением охраны окружающей среды.

**Методы исследования.** В диссертационной работе при решении поставленных задач и обработки экспериментальных данных использовался комплексный метод исследований, включающий анализ и научное обобщение научно-технической информации, теоретические и экспериментальные исследования, стендовые и промышленные испытания с последующей апробацией результатов на морских нефтегазодобывающих месторождениях республики.

**Научная новизна.** В диссертационной работе получены следующие научные результаты:

- Впервые создан и защищен на уровне патентов новый осушитель и ингибитор гидратообразования природного газа;

- Создана новая синергетическая композиция ингибитора, исследованы физико-химические свойства и выбраны оптимальные соотношения компонентов, входящих в состав новой композиции;

- Разработан на уровне патента новый многофункциональный комплексный абсорбент с синергетическими свойствами для осушки газа и борьбы с технологическими осложнениями в системе добычи и промышленной подготовки газа;

- Разработана новая композиция комплексной подготовки газа к транспорту применительно к месторождениям, находящимся на последней стадии разработки;

- Экспериментально подтверждены действия ингибитора при осушке газа и борьбе с гидратообразованием, применительно к сложным морским газоконденсатным месторождениям.

**Основные положения, выносимые на защиту.**

- Комплексный абсорбент для осушки и очистки газа;

- Ингибитор предотвращения образования гидратов в системе добычи и промысловой подготовки газа к транспорту;

- Композиция для предотвращения технологических осложнений в системе добычи и промысловой подготовки газа к транспорту; на месторождениях, находящихся на последней стадии разработки;

- Экспериментально обоснованы зависимости равновесного снижения температуры гидратообразования природного газа от температуры замерзания водных растворов новых ингибиторов.

- Обоснована взаимная растворимость компонентов, входящих в новые композиции ингибиторов: индивидуальных углеводородов, углеводородного конденсата, пластовой воды и неорганических солей в широком интервале изменения технологических параметров.

- Оценка экспериментальных и промысловых исследований ингибитора при добыче и подготовке природного газа к дальнему транспорту в условиях различных морских нефтегазодобывающих месторождений и определение области их применения.

**Практическая ценность и реализация результатов работы.** На основе проведенных исследований впервые разработан и внедрен в промышленность новый эффективный нетоксичный осушитель и ингибитор гидратообразования природного газа на основе монопропиленгликоля и изопропилового спирта, используемый при добыче и подготовке газа к дальнему транспорту на морских газоконденсатных месторождениях ПО «Азнефть».

- Внедрение ингибитора гидратообразования на основе изопропилового спирта и водного раствора хлористого кальция на месторождениях Производственного Объединения «Азнефть»

позволяет обеспечить нормальную работу системы добычи и подготовки природного газа к транспорту;

- Промышленное применение и освоение ингибиторов в условиях нефтегазодобывающих объектов позволяет обеспечить рациональный сбор и промысловую обработку природного газа;

- Разработан и внедрен в промышленность новый абсорбент-монопропиленгликоль для осушки газа, который позволяет обеспечить борьбу с технологическими осложнениями в процессе эксплуатации газлифтных скважин, промыслового сбора и транспорта природных газов.

**Апробация результатов работы.** Основные положения диссертационной работы докладывались и обсуждались на:

- “Ekologiya və həyat fəaliyyətinin mühafizəsi” III Beynəlxalq konfransın materialları. Sumqayıt 2000-ci il.

- IV Бакинская международной конференции по нефтехимии, посвященная 100-летию Академика Ю.Г. Мамедалиева. Баку, 2005.

- Respublikada aparılan elmi-tədqiqat işlərinin elmin sahələri üzrə inkişaf tendensiyası, elmi-praktiki seminarının materialları, Bakı, 2006.

- Материалы Международной научно практической конференции «Инновационное развитие нефтегазового комплекса Казахстана», г.Актау, 2013г.

**Публикации.** По теме диссертационной работы опубликовано 22 научных работ, в том числе 15 статей, 3 патента и 4 тезиса докладов.

**Структура и объем диссертации.** Диссертационная работа состоит из введения, трех глав, выводов и рекомендаций и списка литературы. Основное содержание работы изложено на 179 страницах, включая 24 таблицы, 32 рисунков, список литературы и web-ресурса из 121 использованных источников, приложения.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**Во введении** рассмотрены сущность, актуальность и степень решения проблемы

добычи и подготовки газа на время начала настоящей работы; сформулированы цель и методические направления исследования, научная новизна и практическая ценность полученных результатов.

Значительный вклад в развитие теории и практики подготовки природного газа к транспорту внесли ученые: Г.З.Алекперов, Р.А.Багиров, Б.Г.Берго, Т.М.Бекиров, Г.А.Агаев, М.А.Берлин, Э.Б.Бухгалтер, В.П.Гвоздев, А.И.Гриценко, Ч.С.Гусейнов, Л.М.Гухман, Н.В.Кельцев, Ю.П.Коротаев, А.М.Кулиев, Г.С.Лутошкин, А.Х.Мирзаджанзаде, Ю.Ф.Макогон, А.М.Расулов, А.Б.Сулейманов., В.И.Семинов, А.И.Сиротин, Г.С.Степанова, А.Л.Халиф, Н.А.Тривус, В.А.Хорошилов, А.И.Ширковский, А.В.Язык, Н.Л.Ярым-Агаев и другие.

Вместе с тем, в отечественной и зарубежной практике при добыче и подготовке природного газа не нашли широкого рассмотрения вопросы: разработки новых экологически чистых ингибиторов на базе химических продуктов отечественного производства; исследования осушающей и ингибирующей способности для предотвращения образования гидратов и взаимной растворимости многокомпонентных систем (ингибиторы - углеводороды - вода - минеральные соли), а также разработки энергосберегающей технологии утилизации реагентов, решение которых имеет большое народно-хозяйственное значение.

**В первой главе** приведены особенности добычи и подготовки природного газа и факторы, влияющие на качество и эффективность транспорта газа.

Показано, что неудовлетворительная обработка газа на промыслах происходит из-за отставания темпов обустройства месторождений от темпов их разработки.

Проанализирована отечественная и зарубежная информационная и патентная литература в области добычи промышленной обработки газа и рассмотрена эффективность и качество применяемых в настоящее время химических реагентов для осушки газа и борьбы с гидратообразованием при добыче и подготовке газа к дальнему транспорту.



Показано, что используемые в настоящее время традиционные гликоли и ингибиторы (Этиленгликоль, Диэтиленгликоль, Триэтиленгликоль, Метанол и др.) для борьбы с гидратообразованием и осушки газа при добыче и промышленной подготовке природного газа, дорогие и не экологичные. Применение их на промыслах осложняется необходимостью получения высококонцентрированных гликолей, что связано с большой затратой энергии и рядом других проблем. Кроме того, указанные гликоли в чистом виде замерзают при относительно высоких температурах и наблюдается их разложение в системе регенерации. Во многих случаях при добыче и промышленной подготовке газа требуется использование многофункциональных ингибиторов с синергетическим действием для осушки газа и борьбы с гидратообразованием. В связи с вышеизложенным в работе приведены результаты поиска, разработки и внедрения нового доступного и дешевого ингибитора гидратообразования и осушителя газа на основе отечественного продукта.

**Вторая глава** посвящена разработке новых осушителей и ингибиторов для борьбы с технологическими осложнениями в процессе добычи и промышленной обработки природного газа.

В связи с этим, большой научный и практический интерес представляло провести научно-исследовательские работы в области разработки новых абсорбентов и ингибиторов. С этой целью с Сумгаитского завода «Оргсинтез» и «Синтезкаучук» были доставлены различные образцы химических продуктов.

Образцы этих продуктов были подвергнуты обширному лабораторному исследованию с целью научного и практического решения поставленной задачи и разработки оптимального состава нового абсорбента для применения его в качестве ингибитора гидратообразования и осушителя природного газа.

Результаты предварительных исследований показали, что среди исследуемых химических продуктов более эффективным является реагент по производству окиси пропилена, монопропиленгликоль (МППГ) и изопропиловый спирт (ИС), являющиеся продуктом производства по гидратации пропилена с присутствием серной кислоты.

Следует отметить, что монопропиленгликоль и изопропиловый спирт до наших исследований не нашли своего рационального использования в нефтяной и газовой

промышленности для подготовки природного и нефтяного газа к транспорту. Они впервые исследованы и рекомендованы нами к применению в качестве нового ингибитора гидратообразования и осушителя природного газа.

Как известно, при промысловой обработке природного газа жидкими осушителями, большое значение имеет изучение абсорбционных свойств применяемых абсорбентов.

В связи с этим проводились исследования по определению осушающей способности нового абсорбента - монопропиленгликоля и его водных растворов.

Исследование проводилось на установке по определению точки росы газа зеркальным методом. Результаты многократных опытов по осушке газа, приведенные на рисунке 1 показали, что при использовании монопропиленгликоля достигается относительно низкая точка росы осушаемого газа и максимальная депрессия, а также снижение температуры гидратообразования, что позволяет повысить эффективность процесса подготовки природного газа к транспорту.

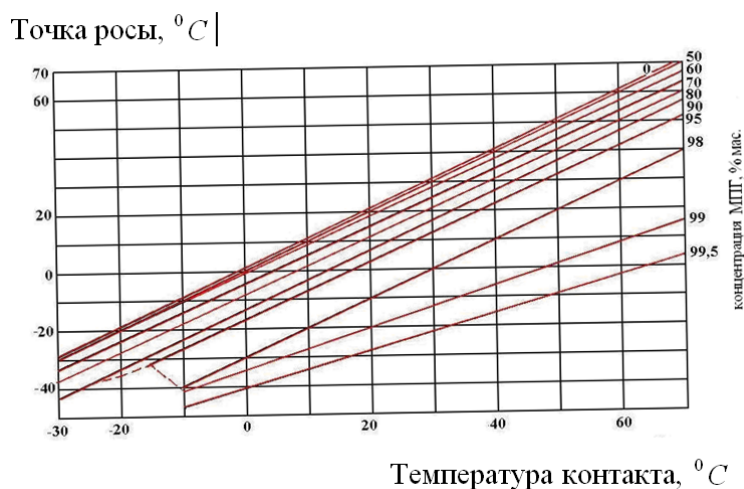


Рис.1. Зависимость точки росы осушаемого газа при различных температурах контакта водных растворов МПГ

Из результатов эксперимента видно, что МПГ обладает хорошими абсорбционными свойствами по парам влаги и,

благодаря этому, при температуре контакта с газом  $20^{\circ}\text{C}$  и концентрации монопропиленгликоля 99,5 % вес. точка росы осушенного газа по влаге составляет минус  $25^{\circ}\text{C}$ , что полностью отвечает требованиям существующего отраслевого стандарта этого показателя.

Результаты экспериментов дали возможность выбрать оптимальную температуру контакта системы газ + абсорбент и нужную концентрацию монопропиленгликоля в процессе осушки газа в зависимости от условий промышленной обработки.

Одними из основных показателей применяемых ингибиторов газа являются: эффективность понижения равновесной температуры гидратообразования; растворимость в воде; температура замерзания их водных растворов; вязкость; упругость паров; взаимная растворимость с газом; возможность регенерации, а также экономичность.

С целью выявления возможности применения водных растворов изопропилового спирта (ИС) в качестве ингибиторов гидратообразования был проведен ряд исследований.

На лабораторной установке определялась зависимость степени понижения равновесной температуры гидратообразования природного газа от концентрации водных растворов изопропилового спирта. Результаты экспериментов, которые приведены на рисунке 2 показали, что с повышением концентрации водных растворов изопропилового спирта значительно понижается температура гидратообразования газа и он, в качестве антигидратного ингибитора, является более эффективным, экологически чистым и является продуктом нефтехимического синтеза отечественного производства.

Исследованы регенерационные свойства осушителей и ингибиторов при различных температурах и их концентрациях. Результаты опытов показали, что при применении для обработки газа МПГ и ИС упрощается система регенерации, т.е. не требуется применения вакуумной установки и высокой температуры.

Исследованы взаимные растворимости и фазовое состояние системы монопропиленгликоль -изопропиловый спирт - углеводородный конденсат –вода -минеральные соли.

Результаты растворимости монопропиленгликоля в конденсатах различных газоконденсатных месторождений

показали, что с уменьшением концентрации гликоля и понижением температуры растворимость монопропиленгликоля в углеводородном конденсате уменьшается.



Рис. 2. Зависимости снижения температуры гидратообразования газа от концентрации водных ингибиторов.  
1-метанол; 2-изопропиловый спирт

Например, если при температуре  $20^{\circ}\text{C}$  и концентрации МПГ 99,5 % масс. растворимость гликоля в конденсате составляет 0,22 % масс., то при  $10^{\circ}\text{C}$  и концентрации 80 % масс. растворимость его снижается и составляет 0,00025 % масс. т.е. снижается до незначительного количества. Это связано с ухудшением эффективного массообмена между гликолем и конденсатом при низких температурах.

При исследовании выявлено, что наибольшей растворимостью в МПГ, ИС и их водных растворах обладают углеводороды ароматического ряда, а наименьшей - углеводороды парафинового ряда. Наилучшей растворимости углеводородов в МПГ и ИС способствует наличие в их структуре дополнительной связи.

При промышленной обработке природного газа большой научный и практический интерес представляет изучение взаимной

растворимости систем гликоль+углеводородный конденсат, что необходимо для определения потерь гликоля с углеводородным конденсатом и углеводородного конденсата с гликолями. Кроме того, можно определить влияние углеводородного конденсата и индивидуальных углеводородов на осушающую способность гликоля и на его эффективность при борьбе с гидратообразованием. В связи с этим, были проведены исследования взаимной растворимости вышеуказанных систем.

Растворимость индивидуальных углеводородов в гликолях определялась методом изотермического титрования. Раствор гликоля заливали в пробирку с притертой пробкой и помещали в термостат, где поддерживалась температура с точностью  $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ . При непрерывном перемешивании содержимого в пробирку из бюретки по каплям добавляли углеводороды. Концом титрования считали помутнение раствора гликоля или образование второй жидкой фазы. Опыты проводились при концентрации гликоля 80 и 99,5% вес. и температуре контакта минус 10, +20, +40, +60 $^{\circ}\text{C}$ .

При исследовании были использованы олигомеры пропиленгликоля (ОПГ) которые применяются в качестве осушителя природного газа и взяты индивидуальные углеводороды различного строения: ароматические, нафтеновые и парафиновые.

Результаты эксперимента показали, что ароматические и нафтеновые углеводороды растворяются в олигомере пропиленгликоля лучше парафиновых, чему, видимо, способствует наличие в их структуре бензольного кольца и дополнительных углеродных связей.

При проведении опытов было установлено, что при температуре минус 10 $^{\circ}\text{C}$  и ниже индивидуальные углеводороды практически не растворимы в ОПГ, что объясняется резким увеличением вязкости гликоля.

Были проведены опыты по изучению растворимости олигомеров пропиленгликоля в углеводородном конденсате. Исследования проводились при концентрациях гликоля 80 и 99,5%вес. и температурах контакта минус 10, +20, +40, +60 $^{\circ}\text{C}$ .

Для опытов были использованы индивидуальные углеводороды и углеводородные конденсаты с температурой н.к. 64 $^{\circ}\text{C}$  и температурой к.к. 340 $^{\circ}\text{C}$ . Результаты растворимости ОПГ

в конденсатах различных месторождений показали, что с уменьшением концентрации гликоля и понижением температуры, растворимость олигомеров пропиленгликоля в углеводородном конденсате уменьшается. Например, если при температуре 20 °С и концентрации ОПГ 99,5 % вес. растворимость гликоля в конденсате составляет 0,22 % вес., то при 10°С и концентрации 80% вес. растворимость его снижается и составляет 0,00025 % вес., т.е. снижается до незначительного количества. Это связано с ухудшением эффективного массообмена между гликолем и конденсатом при понижении температуры. На основании вышеперечисленных исследований получена возможность определить потери гликоля с углеводородным конденсатом в системе промышленной обработки газа, а также выбрать оптимальную концентрацию его с целью избежания потерь.

При добыче природного газа наблюдается вынос пластовой воды, содержащей различные минеральные соли, состав которых зависит от условий залегания газовых и газоконденсатных месторождений. Опыт эксплуатации установки осушки показал, что при поглощении водяных паров и природного газа гликолями в них происходит накопление минеральных солей, содержащихся в пластовой воде. При контакте солей с гликолями происходит их засоление, что в свою очередь приводит к снижению осушающей способности гликолей. Кроме того, при достижении определенной концентрации солей в гликолях происходит их выделение и осаждение на тарелках и контактных устройствах, что резко снижает пропускную способность установки. Были проведены исследования по изучению влияния солей NaCl и CaCl<sub>2</sub> на осушающую способность монопропиленгликоля и диэтиленгликоля. Опыты проводились при температуре контакта гликолей с газом 20 °С и при концентрации гликоля 99,9; 95,0; 90,0 и 80 % вес. с содержанием солей 1, 2 и 3 % вес. Результаты опытов показали, что содержание солей NaCl и CaCl<sub>2</sub> до 1 % вес. в МПГ различной концентрации не влияет на его осушающие свойства, а при содержании более чем 2% вес. осушающая способность монопропиленгликоля несколько ухудшается. Наличие солей в гликоле 3-4 % вес. и более даже способствует повышению точки росы осушенного газа 99,5 % вес. гликоля на 4-7 °С. Следует отметить, что сильно засоленные гликоли после многократного

цикла использования в системе промышленной подготовки газа постепенно теряют свои физико-химические свойства. Поэтому необходим четкий контроль засоленности гликолей и борьба с отложениями солей в гликолях.

**Третья глава** посвящена проведению промышленных испытаний нового абсорбента и ингибитора гидратообразования по предотвращению технологических осложнений в процессе добычи, подготовки и транспорта природного газа, на морских месторождениях ПО «Азнефть». Для проведения опытно-промышленных испытаний нового осушителя и ингибитора гидратообразования были выбраны установки комплексной подготовки осушки газа, действующие в НГДУ «28 Мая», Н. Нариманова и Карадакского подземного хранилища газа.

Нами проводились испытания монопропиленгликоля и комплексного абсорбента в промышленных условиях в качестве осушителя природного газа, подаваемого в газлифтную систему. Испытания проводились на промышленной установке, действующей в НГДУ «28 Мая». Технологическая схема промышленной установки осушки газа показана на рисунке 3.

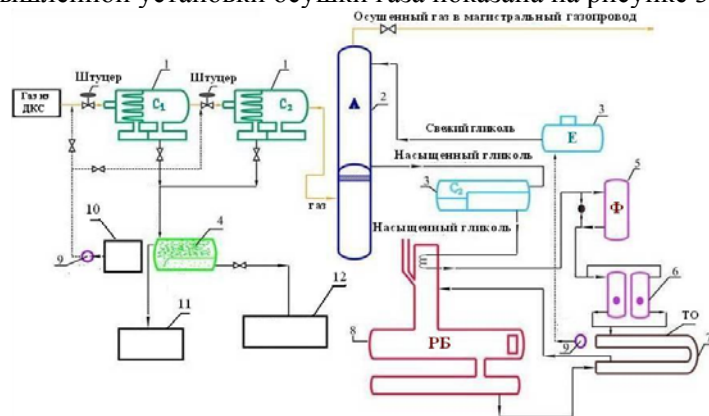


Рис.3. Технологическая схема установки осушки газа в НГДУ «28 Мая».

- 1-фильтр сепаратора; 2-абсорбер; 3-емкость для гликоля;
- 4- разделитель; 5,6- фильтр сепараторов; 7-теплообменник;
- 8- блок регенерации; 9-насос; 10-ёмкость для гликоля;
- 11-ёмкость для насыщенного гликоля; 12- ёмкость для конденсата

Охлажденный газ поступает в абсорбер (А), где производится окончательная осушка газа. Для осушки газа на верхней части абсорбера с помощью дозаторного насоса под давлением 4,5 МПа подается монопропиленгликоль.

После контакта с газом, насыщенный влагой МПГ собирается в емкость, откуда с помощью насоса подается в блок регенерации (БР), после чего регенерированный абсорбент повторно подается в абсорбер и процесс повторяется по замкнутой схеме. Осушенный газ под давлением 3,6-6,7 МПа направляется в газовый коллектор и далее по прямому назначению. В ходе испытания были определены следующие параметры: давление, температура процесса осушки, производительность установки по газу, температура регенерации, количество абсорбента, впрыскиваемого в газовый поток, концентрация регенерированного и насыщенного водяными парами абсорбента и др. Данные опытных испытаний монопропиленгликоля на действующей установке НГДУ им. Н.Нариманова приведены в таблице. Общие потери МПГ во всех режимах работы установки составили 30-40г /1000м<sup>3</sup> газа. На основании опытно-промышленных испытаний МПГ на установке осушки газа в НГДУ «28 Мая» был выбран следующий технологический режим:

Концентрация регенерированного абсорбента, % (масс.) - 98-99

Концентрация абсорбента, насыщенного водяными парами, % (масс.) - 94-96;

Температура регенерации абсорбента:

- В зимнее время - 145-150°C;

- В летнее время - 135- 145°C;

Температура контакта газ-абсорбент - 20-35°C;

Количества впрыскиваемого в поток газа абсорбента -15-18 кг/1000м<sup>3</sup>;

Общие потери абсорбента в системе, по газу - 30-40 г/1000м<sup>3</sup>.

Результаты проводимых опытно-промышленных испытаний также показали, что монопропиленгликоль является экономичным, эффективным, экологически чистым абсорбентом и не создает трудностей в технологии установки осушки газа. На основе положительных результатов испытаний монопропиленгликоль,



как новый абсорбент для осушки газа, рекомендован для широкого внедрения на нефтегазодобывающих промыслах Производственного Объединения «Азнефть».

Далее были проведены опытно-промышленные испытания изопропилового спирта в условиях газоконденсатного месторождения «Булла-дениз» НГДУ им. Нариманова.

До проведения испытания были определены состав, давление, температура и влагосодержание газа. Также установлены термодинамические условия образования гидратов в скважинах и обследован технологический режим работы установки подготовки газа к транспорту на морском нефтегазосборном пункте (МНГСП-1) месторождения «Булла - дениз». По данной технологической схеме газоконденсатная смесь из скважин дросселировалась и под давлением 7,0 МПа и при температуре 20 °С поступала в технологические блоки для выделения из газовой фазы жидкости и мехпримесей. Далее газ под давлением 4,0 МПа и при температуре 7 °С, что соответствует условиям образования гидратов, поступал на сепарацию в газозамерные установки МНГСП. Затем газ распределялся между шестью коллекторами под давлением 3,8 МПа и поступал на береговые сепарационные установки. Для предотвращения гидратообразования в системе ингибитор впрыскивался в газовый поток перед МНГСП. В ходе испытаний определяли оптимальные условия применения ингибитора и его удельный расход, который во всех режимах работы скважины установки составлял 1,6 кг/1000 м<sup>3</sup> газа.

В результате испытаний установлено, что изопропиловый спирт является хорошим ингибитором и при применении его в качестве ингибитора гидратообразования обеспечивается нормальная работа системы газлифта, а также промысловой обработки газа на месторождении «Булла-дениз». За период с использованием изопропилового спирта обработано 350 млн. м<sup>3</sup> газа.

Экономический эффект от внедрения монопропиленгликоля и изопропилового спирта в НГДУ ПО «Азнефть» составил свыше 341624 манат.

Таблица

**Результаты внедрения нового абсорбента- монопропиленгликоля для осушки газа  
на установке осушки НГДУ им. Н. Нариманова**

| Дата         | Производительность установки по газу, млн.м <sup>3</sup> /сут | Давление газа на входе в абсорбер, МПа | Давление газа на выходе из абсорбера, МПа | Температура насыщенного газа, °С | Температура регенерации абсорбента, °С | Концентрация абсорбента, %  |                   | Температура точки росы осушенного газа, °С | Количество абсорбента впрыскиваемого в поток газа, кг/ 1000м <sup>3</sup> |
|--------------|---|--|---|----------------------------------|--|-----------------------------|-------------------|--|---|
|              |   |  |   |                                  |  | Насыщенного водяными парами | Регенерированного |  |   |
| 01-10. 01.14 | 0,88-0,92   | 3,9                                    | 3,8                                       | 28                               | 150                                    | 96,5                        | 99,0              | -18  | 15  |
| 10-20.01.14  | 0,88-0,90   | 3,9                                    | 3,8                                       | 27                               | 150                                    | 96,0                        | 99,5              | -20  | 15  |
| 20-31.01.14  | 0,88-0,92   | 3,8                                    | 3,7                                       | 27                               | 150                                    | 96,0                        | 99,2              | -20  | 15  |
| 01-10.02.14  | 0,90-0,94   | 3,7                                    | 3,6                                       | 25                               | 150                                    | 96,0                        | 99,5              | -20  | 15  |
| 10-20.02.14  | 0,90-0,94   | 3,8                                    | 3,7                                       | 25                               | 150                                    | 96,7                        | 99,5              | -20  | 15  |
| 20-29.02.14  | 0,90-0,94   | 3,9                                    | 3,8                                       | 26                               | 150                                    | 96,5                        | 98,5              | -17  | 15  |
| 01-10.03.14  | 0,88-0,92   | 3,9                                    | 3,8                                       | 26                               | 150                                    | 96,0                        | 98,5              | -16  | 15  |
| 10-20.03.14  | 0,88-0,92   | 3,9                                    | 3,8                                       | 27                               | 150                                    | 96,0                        | 98,0              | -15  | 15  |
| 20-31.03.14  | 0,88-0,92   | 3,9                                    | 3,8                                       | 28                               | 150                                    | 96,0                        | 98,5              | -16  | 15  |
| 01-10.04.14  | 0,88-0,92   | 3,9                                    | 3,8                                       | 28                               | 150                                    | 96,5                        | 98,5              | -18  | 15  |
| 10-20.04.14  | 0,88-0,92   | 3,9                                    | 3,8                                       | 29                               | 150                                    | 96,0                        | 98,0              | -16  | 15  |
| 20-30.04.14  | 0,88-0,92   | 3,9                                    | 3,8                                       | 29                               | 150                                    | 96,0                        | 98,0              | -16  | 15  |
| 01-10.05.14  | 0,88-0,92   | 3,9                                    | 3,8                                       | 32                               | 145                                    | 96,0                        | 98,0              | -16  | 15  |
| 10-20.05.14  | 0,88-0,92   | 3,9                                    | 3,8                                       | 32                               | 145                                    | 96,0                        | 99,5              | -20  | 15  |
| 20-31.05.14  | 0,88- 0,92  | 3,9                                    | 3,8                                       | 32                               | 145                                    | 96,0                        | 99,0              | -18  | 15  |

## ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ ПО РАБОТЕ

1. На основании проведенных экспериментальных исследований впервые разработаны, испытаны и внедрены новые многофункциональные ингибиторы гидратообразования и осушители природного газа на основе монопропиленгликоля.

2. Установлено, что разработанный осушитель обладает высокой абсорбционной способностью и не уступает другим гликолям по точке росы осушенного газа (минус 15-20°C при температуре контакта 20°C).

3. По результатам комплекса экспериментальных исследований разработан ряд различных по составу новых экологически чистых композиций ингибитора для осушки газа и предотвращения образования гидратов в системе промысловой подготовки газа к транспорту.

4. Исследовано фазовое равновесие многокомпонентной системы: гликоль- углеводородный конденсат -пластовая вода при различных соотношениях компонентов в широких интервалах давления и температур. Изучена взаимная растворимость ингибитора и углеводородного конденсата. Получена графическая зависимость распределения ингибитора в газовой и жидкой фазах, установлено ее количество, необходимое для предотвращения гидратообразования при промысловой обработке природного газа.

5. Установлено, что, что содержание солей NaCl и CaCl<sub>2</sub> до 1 % мас. в ОПГ различной концентрации не влияет на его осушающие свойства, а при содержании более чем 2 % мас. осушающая способность олигомеров пропиленгликоля несколько ухудшается. Наличие солей в гликоле 3-4 % мас. и более даже способствует повышению точки росы осушенного газа 99,5 % вес. гликоля на 4-7 оС.

6. Проведено математическое описание процессов осушки газа с применением монопропиленгликоля для борьбы с технологическими осложнениями в системе промысловой обработки газа.

7. Разработан новый эффективный ингибитор на основе изопропилового спирта, внедренный на

нефтегазодобывающих объектах ПО «Азнефть», обеспечивающий бесперебойную оптимальную работу системы сбора, подготовки и транспорта природного газа.

8. Разработаны оптимальные нормы расхода ингибитора в зависимости от давления, температуры и состава газа по Производственному Объединению «Азнефть».

9. В результате успешного внедрения разработанных составов для комплексной подготовки газа в НГДУ «Гум Адасы» объёмом 248 млн. м<sup>3</sup>, в НГДУ Н. Нариманова объёмом 700 млн.м<sup>3</sup> и Карадагского подземного хранилища газа объёмом 300 млн. м<sup>3</sup> газа экономический эффект составил, соответственно, 61425,0, 47199,51 и 152000,5 манат.

10. Общий экономический эффект от внедрения разработок на морских газодобывающих объектах ПО «Азнефть» составляет 341624,0 манат, в том числе долевое участие автора – 70000 манат. С помощью разработанных абсорбентов и ингибиторов подготовлено 1,248 млрд.м<sup>3</sup> газа.

**Основное содержание диссертации отражены в  
следующих работах:**

1. Гумбатов Г.Г., Абдулгасанов.А.З., Мурсалова М.А., Абдулгасанов Ф.А. Патент АР №а2000 0169 Композиция ингибитора для предотвращения гидратообразования и солеотложения углеводородных газов, «Промышленной собственности» №2, Баку, с.9
2. Гумбатов Г.Г., Абдулгасанов.А.З., Мурсалова М.А., Абдулгасанов Ф.А. Патент АР №а2000 0170 Абсорбент для осушки и очистки углеводородных газова, «Промышленной собственности» №2, Баку, с.9
3. Абдулгасанов А.З., Абдулгасанов Ф.А. Исследование фазового состояния системы изопропиловый спирт –конденсат-пластовая вода при подготовке газа к транспорту.// Азербайджанское Нефтяное Хозяйство, № 11, 2001, с. 61-64.
4. Гумбатов Г.Г., Абдулгасанов Ф.А. Результаты промышленного внедрения новых ингибиторов при подготовке газа на морских месторождениях ГНКАР.// Азербайджанское Нефтяное Хозяйство, № 7, 2002, с. 21-24.
5. Qurbanov Ə.N., Əbdülhəsənov F.A.,Bağırov Ə.N. Günəşli yatağında təbii və səmt qazlarının nəqlə hazırlanması və onların qazlift sistemində işlədilməsi texnologiyasının səmərəliliyinin artırılması. //Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyasının Xəbərləri. Yer Elmləri, №3, 2006, s.84-88.
6. Абдулгасанов Ф.А. Выбор нового состава ингибитора для подготовки газа к транспорту на последней стадии разработки месторождений.// Азербайджанское Нефтяное Хозяйство, № 5, 2006, с.50-54.
7. А.М.Рəsulov., А.İ.Əliyeva., F.A.Əbdülhəsənov. Təbii qazların nəqləhazırlanması və sənayedə istifadəsinin müasir vəziyyəti və perspektivləri.// ANT №4-5, 2007, s. 35-39.
8. Абдулгасанов А.З., Керимов Ф.Н., Алиева А.И., Абдулгасанов Ф.А. Расчет технологического процесса осушки газа с применением монопропиленгликоля. Azərbaycan Neft Təsərrüfatı, № 10, 2008, s.45-48

9.A.M.Rəsulov., A.İ.Əliyeva., F.A.Əbdülhəsənov. Dəniz yataqlarında təbii və səmt qazlarının nəqlə hazırlanması texnologiyasının müasir vəziyyəti. ARDNŞ-nin “NEFTQAZLAYIHƏ” institutunun “ELMI ƏSƏRLƏRI”, 2008 (24),S.113-121.

10. Багиров.А.Н., Керимов Ф.Н., Алиева А.И., Абдулгасанов Ф.А. Результаты промышленных испытаний монопропиленгликоля для осушки газа на морских нефтегазодобывающих промыслах ГНКАР. М., ВНИИОЭНГ, Нефтепромысловое дело, №12, 2008, с 52-55

11. Абдулгасанов А.З., Алиева А.И., Багиров А.Н., Наджафкулиев Н.Б., Абдулгасанов Ф.А. Промышленные испытания олигомеров пропиленгликоля в качестве осушителя природного газа. М., ВНИИОЭНГ, Оборудование и технологии для нефтегазового комплекса, № 3, 2010, с. 27-30.

12. Алиева А.И.Исаев Р.Ж., Абдулгасанов Ф.А. Математическая модель процессов гидратообразования, коррозии и солеотложения с применением

многофункционального ингибитора. Материалы Международной научно практической конференции «Инновационное развитие нефтегазового комплекса Казахстана», г. Актау, 25-26 апреля 2013г., с. 501-506.

13. Ф.С.Исмаилов., Ф.А. Абдулгасанов., Р.Ж.Исаев. Повышение эффективности подготовки газа к транспорту на морском газоконденсатном месторождении. SOCAR, Журнал «PROCEEDINGS» Научные Труды, № 2, 2014, с. 57-61.

14.Karbohidrogen qazlarının nəqlə hazırlanması üçün kompleks absorbent № a 2014 0060. “

15.Исмаилов Ф.С., Абдулгасанов Ф.А., Джомардов А.Я. Технологии повышения подготовки газа и газового конденсата на морских месторождениях ГНКАР, Международный Научный Институт «EDUCATIO», ежемесячный научный журнал № 6/2014, с.160-163.

16.Исмаилов Ф.С., Ф.А.Абдулгасанов Ф.А., Гамидов Н.Н., Джомардов А.Я. Определение потерь газа при фазовых превращениях системе транспорта газа на морских

месторождений. Национальная ассоциация ученых (НАУ), ежемесячный научный журнал № IV/2014, с.125-131.

17. Исмаилов Ф.С., Абдулгасанов Ф.А., Джомардов А.Я. Исследование взаимной растворимости системы гликоль-углеводородный конденсат при промышленной обработке природного газа АНТ, №5, 2015, с.29-32

#### **Личное участие автора в опубликованных работах в соавторстве:**

[1-2] – постановка задачи, методика исследований по разработке осушителей газа и ингибиторов против гидратообразования выполнена с участием соавторов;

[3] – самостоятельно исследовано фазовое состояние системы изопропиловый спирт – конденсат -пластовая вода при подготовке газа к транспорту и проанализированы полученные результаты;

[5,6,7,12] – совместно с соавторами разработаны и изучены физико-химические свойства новых составов абсорбентов для осушки газа и ингибиторов для предотвращения гидратов;

[8,11] – постановка задачи выполнена совместно с соавтором, расчеты и обобщение результатов выполнены соискателем;

[4,9,10] - промышленные испытания олигомеров пропиленгликоля и изопропилового спирта в качестве осушителя природного газа и ингибитора гидратообразования выполнены соавторами, а обобщение и анализ результатов промышленных испытаний комплексного абсорбента выполнено соискателем.

**FAİQ ABBAS oğlu ƏBDÜLHƏSƏNOV**

**DƏNİZ YATAQLARINDA QAZLARIN NƏQLƏ  
HAZIRLANMASINDA ƏMƏLƏGƏLƏN TEXNOLOJİ  
MÜRƏKKƏBLƏŞMƏLƏRİN QARŞISINI ALMAQ ÜÇÜN  
YENİ İNHİBİTORLARIN TƏTBİQİ**

**XÜLASƏ**

Dissertasiya işi Azərbaycanın dəniz neftqaz və qazkondensat yataqlarından hasil olan qazların nəqlə hazırlanması texnologiyasının səmərəliliyinin artırılmasına həsr olunmuşdur.

Dissertasiya işinin məqsədi qazların çıxarılması, yığılması və nəql hazırlanması prosesində əmələ gələn texnoloji mürəkkəbləşmələrin qarşısını almaq məqsədilə yeni yüksək effektiv, çoxfunksiyalı və ekoloji təmiz absorbent və inhibitorların yaradılmasıdır.

Dissertasiya işi giriş, 3 fəsil, ümumi nəticələr, istifadə olunmuş ədəbiyyat və əlavələrdən ibarətdir.

Girişdə işin məqsədi göstərilmiş, mövzunun aktuallığı və tədqiqatların vacibliyi əsaslandırılmışdır.

Birinci fəsil qazların nəqlə hazırlanması prosesinin əsasları, istifadə olunan absorbentlər, inhibitorlar və nəqlə hazırlanan qazın nəqli prosesin təsir edən amillərin tədqiqinə həsr olunmuşdur. Bu fəsildə qazların nəqlə hazırlanması üsullarının üstün və çatışmayan texniki və texnoloji xüsusiyyətləri tədqiq edilmiş və dissertasiya işinin əsas məsələləri qoyulmuşdur.

Bununla yanaşı, Respublikada və xarici ölkələrdə qazların nəqlə hazırlanması texnologiyası sahəsində aparılan elmi-tədqiqat işlərinin nəticələri haqqında olan informasiya, patent və ədəbiyyat məlumatlarına və qazların dəniz şəraitində qurudulması və nəqli prosesində əmələgələn hidrata qarşı istifadə edilən absorbentlər və inhibitorların səmərəliliyinə baxılmışdır.

Respublikamızın qaz sənayesinin intensiv sürətdə inkişafı və dəniz şəraitində yeni nəhəng qazkondensat yataqlarının istismara verilməsi, çıxarılan və nəqlə hazırlanan qazların keyfiyyət göstəricilərini tələbata uyğun hazırlanması yeni texnoloji proseslərin işlənməsini tələb edir.



İkinci fəsildə dəniz yataqlarından hasil olan qazların keyfiyyət göstəricilərini tələbata uyğun hazırlamaq məqsədilə istifadə ediləcək yeni absorbent və inhibitorların işlənməsi üçün tədqiqat işləri aparılmışdır. Tədqiqat işlərinin nəticələrinə əsasən yeni işlənmiş absorbent və inhibitorların optimal tərkibi və texnoloji göstəriciləri təyin edilmişdir.

Üçüncü fəsildə işlənmiş yeni absorbent və inhibitorların dəniz neftqaz yataqlarından qazların nəqli prosesini maneəsiz təmin etmək məqsədi ilə "Azneft" İB-nin müxtəlif qazkondensat yataqlarında qazların nəqlə hazırlanması prosesində istismar edilən qaz qurğularında sənaye sınaq və tətbiqi işləri həyata keçirilmişdir.

Sənaye sınaqlarını keçirilməsi üçün N.Nərimanov, "28 May", NQÇİ-lərdə və Qaradağ Yeraltı Qazsaxlama Anbarında istismar edilən kompleks qaz qurğuları seçilmişdir.

Aparılan sənaye sınaqlarının nəticələri göstərdi ki, monopropilenqlikol, kompleks absorbent və izopropil spirti qazların qurudulması prosesində və hidratın qarşısını alınmasında effektivdir və kompleks qaz qurğularının işində heç bir texnoloji çətinlik yaratmır.

Sənaye sınaqlarının müsbət nəticələrinə əsasən yuxarıda göstərilən kimyəvi reagentlərin "Azneft" İB-nin digər qazçıxarma mədənlərində geniş tətbiq olunması tövsiyə olunmuşdur.

"Azneft" İB-nin NQÇİ-lərində monopropilenqlikol, kompleks absorbent və izopropil spirtinin tətbiqindən əldə olunam iqtisadi səmərə 341120,0 AZN olmuşdur.

Aparılan elmi-tədqiqat işlərinin nəticələrinin düzgünlüyü, işləmələrin sənaye tətbiq işlərində öz təsdiqini tapmışdır.

**ABDULGASANOV FAIK ABBAS oglu**

**APPLICATION OF NEW INHIBITORS TO PREVENT  
OPERATING PROBLEMS OCCURRING IN GAS  
TREATMENT IN OFFSHORE FIELDS**

**ABSTRACT**

This thesis research covers the increase of technological effectiveness in gas treatment for the gas produced from offshore oil-gas and gas-condensate fields in Azerbaijan.

The aim of this thesis research is to develop new highly effective, multifunctional and ecologically harmless absorbents and inhibitors to prevent operational problems occurring in upstream, midstream and downstream procedures of the gas.

The thesis is comprised of introduction, three chapters, conclusion, references and appendixes.

The introduction presents the subject matter and actuality of the theme and importance of studies is substantiated.

The first chapter writes about the bases of gas treatment procedures, applied absorbents and inhibitors and study of factors making an impact on transportation method of gas. This chapter investigates the technically and technologically advantageous and disadvantageous features of gas treatment techniques and primary points of the thesis research are defined.

Additionally, the information, patents and scientific literature about the conclusions of scientific-research works conducted in the field of gas treatment technology in our republic and foreign countries and the efficiency of absorbents and inhibitors applied against hydrate occurring in offshore gas drying and transportation processes of gases were referred to in this work.

Sustainable development of gas industry in our republic and development of large offshore gas-condensate fields, bringing quality number of produced and treated gases equal to demands requires the development of modern technological procedures.

The second chapter studies the development of new absorbents and inhibitors to be applied with a view to work out quality

coefficient of gases produced from offshore fields equal to demands. The optimal composition and performance capability of newly developed absorbents and inhibitors were defined resting upon the points concluded in the researches.

The third chapter introduces the production experiments and application activities of newly developed absorbents and inhibitors in gas facilities performing in gas treatment procedures in several gas-condensate fields of “Azneft” PU for the purpose to ensure continuous transportation of gases from offshore oil and gas fields.

Complex gas facilities in N.Narimanov, “28 May”, OGPU and underground gas storage (UDS) were selected for industrial testing.

1. The consequences resulting from industrial tests show that monopropylene glycol, complex absorbent and isopropyl alcohol is effective in gas drying and hydrate prevention processes has no negative technological impact in performance of complex gas facilities.

According to positive results of industrial experiments the wide application of above given chemical agents is recommended in other gas production fields of “Azneft” PU.

The industrial profit derived from the application of monopropylene glycol, complex absorbent and isopropyl alcohol is 341120,0 AZN.

The accuracy of the results of scientific research was verified in industrial application activities.

**FAİQ ABBAS oğlu ƏBDÜLHƏSƏNOV**

**DƏNİZ YATAQLARINDA QAZLARIN ÇIXARILMASI  
VƏ ONUN NƏQLƏ HAZIRLANMASINDA  
ƏMƏLƏGƏLƏN TEXNOLOJİ MÜRƏKKƏBLƏŞMƏLƏRİN  
QARŞISINI ALMAQ ÜÇÜN YENİ İNHİBİTORLARIN  
TƏTBİQİ**

**İxtisas: 2526. 01 – Dəniz faydalı qazıntı yataqlarının  
işlənməsi texnologiyası**

**Texnika üzrə fəlsəfə doktoru alimlik dərəcəsi  
almaq üçün təqdim edilmiş dissertasiyanın**

**AVTOREFERATI**

**Bakı – 2017**