

УДК 66.074.31

Мустафин Ильнар Азатович

Оператор по добыче нефти и газа 4 разряда

ООО «Газпром добыча Уренгой»

*Студент 2 курса кафедры разработки и эксплуатации газовых и
газоконденсатных месторождения*

Уфимский государственный нефтяной технический университет,

г. Уфа, Российская Федерация

email: mustafin.i.a@gmail.com

Бородуля Екатерина Сергеевна

Оператор по добыче нефти и газа 4 разряда

ООО «Газпром добыча Ямбург»

*Студент 2 курса кафедры разработки и эксплуатации газовых и
газоконденсатных месторождения*

Уфимский государственный нефтяной технический университет,

г. Уфа, Российская Федерация

email: Cidag@inbox.ru

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ТЕРМОБАРИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОЦЕССА ПОДГОТОВКИ ПРИРОДНОГО ГАЗА НА НЕФТЕГАЗОКОНДЕНСАТНОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ

Аннотация. В статье рассматривается влияние термобарических условий на эффективность технологического процесса подготовки природного газа с помощью осушки сырого газа гликолями, в частности ди- и триэтиленгликолем, с акцентированием внимания на оптимизацию режимов работы абсорбционной установки с целью снижения энергозатрат, уменьшения потерь осушающего агента с удалением влаги в сыром

неподготовленном газе и увеличения объёма выхода сухого подготовленного газа.

Ключевые слова: природный газ, тяжелые углеводороды, фаза, термобарические условия, осушка, гликоли, диэтиленгликоль, триэтиленгликоль, точка росы, давление, температура, гидраты.

Annotation. The article examines the influence of thermobaric conditions on the efficiency of the technological process of natural gas preparation using raw gas drying with glycols, in particular di- and triethylene glycol, with an emphasis on optimizing the operating modes of the absorption unit in order to reduce energy costs, reduce the loss of the drying agent with the removal of moisture in the raw untreated gas and increase the output volume of dry treated gas.

Keywords: natural gas, heavy hydrocarbons, phase, thermobaric conditions, drying, glycols, diethylene glycol, triethylene glycol, dew point, pressure, temperature, hydrates.

Процесс подготовки природного газа играет ключевую роль в обеспечении его качества, соответствующего требованиям стандарта отрасли организации в транспортировке и потреблении. Важнейшими параметрами, влияющими на эффективность подготовки газа, являются температурный и барический режимы. Влияние различных условий температуры и давления проявляется в изменении фазового состояния компонентов газа, образовании газовых гидратов, эффективности процессов очистки и осушки. Анализ влияния термобарических параметров позволяет оптимизировать технологические процессы подготовки для снижения энергетических затрат и повышения выхода товарного газа.

Подготовка природного газа включает в себя удаление механических примесей, солей, сероводорода, углекислого газа, влаги и тяжелых

углеводородов. Основные технологии очистки, используемые на нефтегазоконденсатных месторождениях:

1. Адсорбционная осушка (с применением цеолитов и силикагелей);

Это выборочное поглощение молекул воды порами твердого осушителя и извлечение поглощенной влаги под действием высоких температур или понижения давления среды. Процесс проходит в аппаратах периодического действия с неподвижным слоем адсорбента. Полный цикл включает адсорбцию, регенерацию и охлаждение осушителя.

В качестве адсорбентов могут быть использованы:

- Силикагели (продукты обезвоживания геля кремниевой кислоты);
- Активный оксид алюминия;
- Цеолиты (природные и синтетические), бокситы и т.п.

Для понижения сопротивления движению газа сорбенты производят в виде гранул или шариков. Их сорбционная емкость зависит от размера и удельной поверхности пор. В аппаратах периодического действия иногда могут использовать сочетание двух осушителей (силикагеля и АОА), чтобы добиться высокой поглощающей способности и степени адсорбции.

2. Абсорбционные методы (с использованием гликолей);

Технология с использованием жидких поглотителей. Данная технология является самой распространенной для осушки газа по температуре точки росы в диапазоне $-20^{\circ}\text{C} \dots -10^{\circ}\text{C}$. Абсорбционная осушка по воде осуществляется на базе гликолей (диэтиленгликоль, триэтиленгликоль), а для углеводородов - углеводородные жидкости. Основными преимуществами данного метода являются низкие эксплуатационные расходы и невысокие перепады давления. Однако, стоит отметить и недостатки данного метода: средний эффективность осушки и вспенивание абсорбента.

Основное оборудование абсорбц Абсорбционная осушка газов - технология с использованием жидких поглотителей. Данная технология является самой распространенной для осушки газа по температуре точки росы в диапазоне $-20^{\circ}\text{C} \dots -10^{\circ}\text{C}$. Абсорбционная осушка нашла широкое применение в промышленной подготовке газа перед подачей в магистральный газопровод.

Абсорбционная осушка по воде осуществляется на базе гликолей (диэтиленгликоль, триэтиленгликоль), а для углеводородов - углеводородные жидкости. Основное преимущество данного метода являются низкие эксплуатационные расходы и не высокие перепада давления. Однако, стоит отметить и недостатки данного метода: средний уровень осушки, а также вспенивание абсорбента.

Основное оборудование абсорбционной осушки газа — это абсорбер тарельчатого или насадочного типа и блок регенерации абсорбента.

Суть данного метода сводится к избирательному поглощению влаги абсорбентом в колоннах. Данный процесс имеет ступенчатый характер. Газ соприкасается с жидкостью последовательно и на отдельных тарелках. При контакте фаз происходит массообмен, в результате которого пары воды из газа переходят в раствор абсорбента.

3. Низкотемпературная сепарация (конденсация тяжелых углеводородов);

Процесс промышленной подготовки природного газа с целью извлечения конденсата газового и удаления из него влаги до точки росы, исключая гидратообразование при транспортировке потребителю. НТС заключается в конденсации паров влаги и растворённых в газе тяжёлых углеводородов при температурах от 0 до -30°C . Технологический процесс основан на ступенчатой сепарации продукции скважины с применением низких температур на последней ступени сепарации и рекуперацией холода, получаемого за счет энергии пласта (эффект Джоуля- Томсона). Данная

технология подготовки газа в обязательном порядке всегда в себя включает ввод ингибитора гидратообразования, охлаждение газа за счет дросселя, регулирующего клапана или турбодетандера и низкотемпературный сепаратор, предназначенный для отделения выделившейся влаги и конденсата от газового потока. Для охлаждения газа используют Джоуля — Томсона эффект (дросселирование газа).

По мере отбора газа пластовое давление снижается и оказывается недостаточным для достижения заданной точки росы; процесс обработки газа ухудшается. Это основной недостаток промышленной подготовки газа с использованием НТС, т.к. к этому времени обычно свыше 50% запасов газа ещё остаётся неизвлечённым. Для продления работы установки НТС используют предварительное охлаждение газа в водяных и воздушных теплообменниках или холодильных машинах. Низкотемпературная сепарация является наиболее эффективным процессом для выделения и отделения из сырого газа всех высококипящих компонентов. Кроме того, сепарация газа при низкой температуре является отличным средством для дегидратации его, так как под действием сравнительно низких температур содержащиеся в газе пары воды конденсируются в капельную жидкость, переходя затем в кристаллогидраты, которые, как и жидкие углеводороды, в сепараторах отделяются от газа.

4. Мембранные технологии.

Принцип мембранного разделения газовой смеси основан на различной скорости проникания ее компонентов через полимерную мембрану за счет перепада парциальных давлений газа по обе стороны мембраны.

Основными факторами, влияющими на эффективность подготовки газа, являются:

- температура окружающей среды и технологических процессов;
- давление в системах сепарации и осушки;

- фазовое состояние компонентов газа;
- состав и свойства газа, включая содержание тяжелых углеводородов и влаги.

Температура и давление оказывают наибольшее влияние на фазовые переходы в газе, образование гидратов и эффективность процессов очистки. При понижении температуры возрастает риск образования газовых гидратов, что требует применения ингибиторов гидратообразования (метанол, гликоли) или нагрева. Изменение давления влияет на равновесие фаз и эффективность сепарации примесей. Снижение негативного влияния термобарических параметров достигается следующими способами:

- регулированием режимов работы оборудования;
- использованием антигидратных технологий;
- оптимизацией состава адсорбентов и абсорбентов.

Также температура и давление природного газа существенно влияют на технологические процессы, происходящие в системе подготовки:

- осушка газа – повышение температуры снижает относительную влажность газа, но увеличивает упругость паров воды, что может снижать осушающий эффект гликолей. Давление также играет роль: при высоком давлении газ удерживает в себе больше влаги, что увеличивает нагрузку на аппараты абсорбционной осушки и расход абсорбента;

- стабилизация газового конденсата – при изменении давления и температуры меняется фазовое равновесие системы широкой фракции лёгких углеводородов, что влияет на состав отгоняемых растворённых газов метан-бутановой фракции;

- удаление механических примесей и сероводорода – процессы фильтрации и абсорбции в химических реагентах также зависят от термобарических параметров.

Таблица 1 – Исходные параметры для расчёта эффективности осушки газа

Параметр	Значение
Концентрация гликоля, %	99
Температура контакта газ-гликоль, °С	18
Давление осушаемого газа перед абсорбером, МПа	4
Давление в абсорбере, МПа	4
Расход гликоля, м ³ /ч	3
Расход осушаемого газа, тыс. м ³ /ч	300

Для расчёта используется средняя **растворимость воды в гликолях** при 18°С:

- ДЭГ – 4 г воды на 100 г гликоля;
- ТЭГ – 7 г воды на 100 г гликоля.

Также учитывается плотность гликолей:

- ДЭГ – 1,12 г/см³;
- ТЭГ – 1,13 г/см³.

ТЭГ является более эффективным осушающим агентом, так как поглощает 237,3 кг/ч воды по сравнению с 134,4 кг/ч у ДЭГ.

Для определения влияния температуры и давления на эффективность осушки рассмотрим несколько сценариев:

Таблица 2 – Влияние термобарических условий на осушку газа

Температура, °С	Давление, МПа	Количество	Количество
		поглощённой воды, кг/ч (ДЭГ)	поглощённой воды, кг/ч (ТЭГ)
10	4	140	250

18	4	134,4	237,3
25	4	130	230
18	6	145	260

При повышении температуры (от 10 до 25°C) эффективность осушки природного газа снижается, так как упругость паров воды в газе увеличивается, при этом увеличение давления (от 4 до 6 МПа) дает положительный результат, выход влаги в ходе осушки повышается, так как возрастает взаимодействие газа с гликолем.

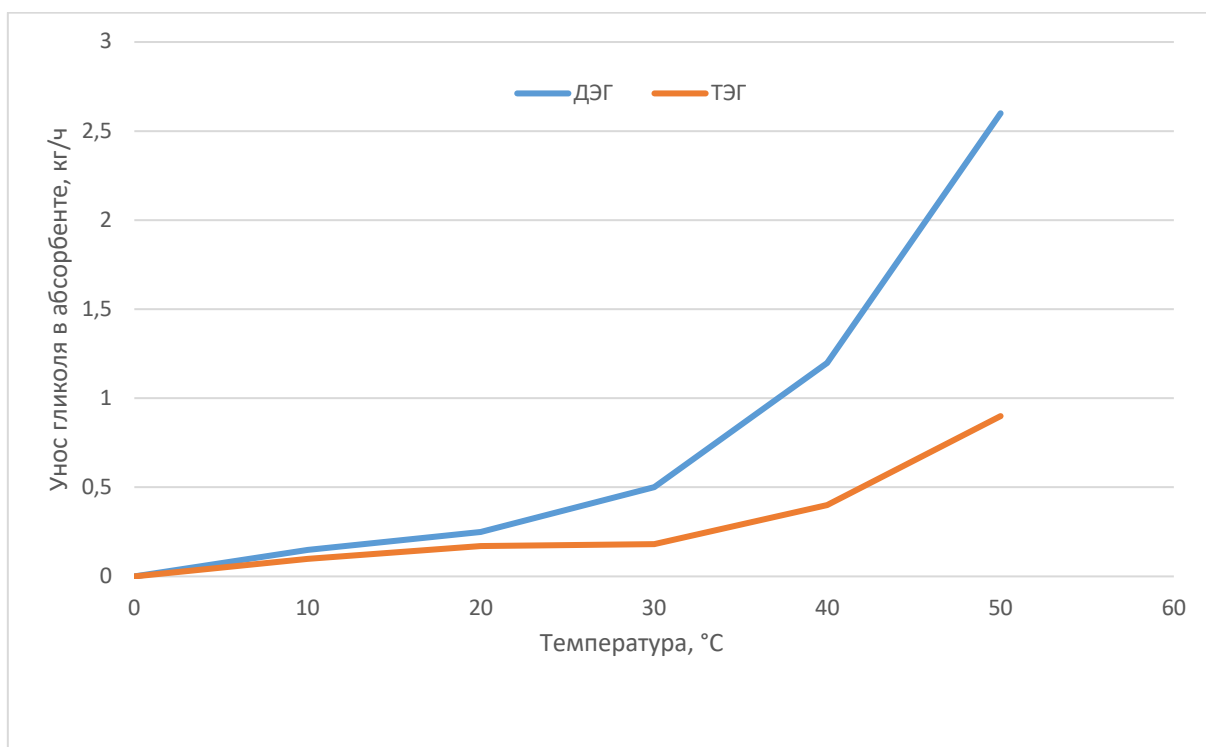


Рисунок 1 – Зависимость температуры точки росы газа и уноса гликоля от температуры контакта

Для достижения наилучших результатов осушку рекомендуется проводить при пониженной температуре газа и повышенном давлении.

Проведённое исследование показало, что термобарические условия существенно влияют на процесс подготовки природного газа. Основные выводы:

1. Температура и давление газа оказывают существенное влияние на процесс осушки: при более низкой температуре процесс идёт эффективнее.

2. Использование триэтиленгликоля вместо диэтиленгликоля позволяет увеличить степень осушки газа, особенно при высоких давлениях.

3. Ведение технологического процесса осушки газа при оптимальных термобарических условиях (пониженная температура и повышенное давление) позволяет добиться снижения материальных и энергозатрат на регенерацию гликоля и повышения качества подготовленного газа.

Выводы и практические рекомендации

Влияние термобарических параметров на процессы подготовки газа является значительным фактором и требует учета при проектировании и эксплуатации систем подготовки. Оптимизация режимов работы позволяет снизить энергозатраты, минимизировать возможность образования гидратов и повысить качество товарного газа. Дальнейшие исследования могут быть направлены на разработку адаптивных систем управления параметрами процесса в реальном времени.

Литература:

1. Янгулова, Л. Р. Влияние термобарических условий на эффективность применения установок низкотемпературной сепарации при подготовке газа в Надым-Пур-Тазовском регионе Ямало-Ненецкого автономного округа / Л. Р. Янгулова. – Текст : непосредственный // Молодой

ученый. – 2019. – № 22 (260). – С. 146-148. – URL: <https://moluch.ru/archive/260/60044/> (дата обращения: 31.03.2025).

2. Лиинтин Илья Алексеевич, Ерофеев Владимир Иванович, Джалилова София Насибуллаевна Особенности промышленной подготовки природного газа // Известия ТПУ. 2022. №6. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-promyslovooy-podgotovki-prirodnogo-gaza> (дата обращения: 31.03.2025).

3. Манихин Олег Юрьевич, Шалай Виктор Владимирович Внедрение и оценка эффективности системы предварительной осушки газа при эксплуатации технологического оборудования установки комплексной подготовки газа // Омский научный вестник. Серия «Авиационно-ракетное и энергетическое машиностроение». 2020. №3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vnedrenie-i-otsenka-effektivnosti-sistemy-predvaritelnoy-osushki-gaza-pri-ekspluatatsii-tehnologicheskogo-oborudovaniya-ustanovki> (дата обращения: 31.03.2025).

4. Турсунов Б. Ж., Гайбуллаев С. А., Жумаев К. К. Влияние технологических параметров на гликолевую осушку газа // Sciences of Europe. 2020. №55-1 (55). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-tehnologicheskikh-parametrov-na-glikolevuuyu-osushku-gaza> (дата обращения: 31.03.2025).

5. Китов Егор Сергеевич, Ерофеев Владимир Иванович, Джалилова София Насибуллаевна анализ технологий промышленной подготовки природного газа // Известия ТПУ. 2022. №10. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-tehnologiy-promyslovooy-podgotovki-prirodnogo-gaza> (дата обращения: 31.03.2025).