

НЕГАТИВНОЕ ВЛИЯНИЕ ПОВЫШЕННОГО СОДЕРЖАНИЯ ДИОКСИДА УГЛЕРОДА В ПРИРОДНОМ ГАЗЕ НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ УСТЮРТСКОГО ГАЗОХИМИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

М.С. Тажетдинов¹, Б.З. Адизов², Н.К. Юлдашев³

¹Ташкентский химико-технологический институт

²Институт общей и неорганической химии АН Республики Узбекистан

³Министерство энергетики Республики Узбекистан

muxantajetdinov9904@gmail.com +998976509904

Аннотация. Природный газ, добываемый на газовых и газоконденсатных месторождениях, наряду с углеводородными компонентами содержит диоксид углерода (CO_2), повышенная концентрация которого оказывает существенное влияние на процессы подготовки, транспортировки и переработки газа. В настоящее время содержание CO_2 в природном газе, поступающем на Устюртский газохимический комплекс, превышает проектные показатели и составляет 1,4–1,5 моль.% при проектном значении 0,7 моль.%. Повышенное содержание диоксида углерода отрицательно сказывается на технологических процессах низкотемпературного выделения этана, способствует образованию газовых гидратов в пластинчатых теплообменниках, что приводит к закупорке каналов, нарушению теплообмена и снижению надежности работы технологического оборудования. Кроме того, образование гидратов в фильтрах (strainer), установленных на входе в ректификационные колонны, вызывает ограничение потока газа и повышает риск внеплановых остановок технологических установок. В статье рассмотрены основные причины повышения содержания CO_2 в природном газе, проанализировано его влияние на процессы транспортировки и переработки газа, а также обоснована необходимость постоянного контроля компонентного состава природного газа для обеспечения эффективной и безопасной эксплуатации технологических объектов.

Ключевые слова: природный газ, диоксид углерода (CO_2), газохимический комплекс, низкотемпературная сепарация, газовые гидраты, пластинчатый теплообменник, ректификационная колонна, транспортировка газа.

Введение. Природный газ является одним из важнейших видов углеводородного сырья и широко используется в энергетике, химической и газохимической промышленности. Однако наряду с основными углеводородными компонентами в его составе присутствуют различные примеси, среди которых наиболее значимыми являются диоксид углерода (CO_2), сероводород, азот и водяной пар. Повышенное содержание CO_2 существенно осложняет процессы подготовки, транспортировки и переработки природного газа, снижает эффективность

технологических процессов, увеличивает эксплуатационные затраты и оказывает негативное влияние на надежность работы технологического оборудования [1].

На отдельных газовых и газоконденсатных месторождениях содержание диоксида углерода может достигать 20–30 мол.% и более. Такой природный газ относится к категории «кислого» (sour gas) и требует обязательной предварительной очистки перед транспортировкой и переработкой. Присутствие CO_2 способствует развитию углекислотной коррозии, образованию газовых гидратов, снижению теплотворной способности природного газа и увеличению затрат на его подготовку, что отрицательно сказывается на технико-экономических показателях газоперерабатывающих предприятий [2].

В настоящее время на Устюртском газохимическом комплексе наблюдается увеличение содержания диоксида углерода в природном газе, поступающем с месторождения Сургиль. Если проектное содержание CO_2 составляет 0,7 мол.%, то фактически его концентрация достигает 1,4–1,5 мол.%. Повышенное содержание диоксида углерода оказывает отрицательное влияние на процессы низкотемпературного выделения этана. В процессе охлаждения природного газа в пластинчатых теплообменниках происходит образование газовых гидратов, вызывающих закупорку межпластинчатых каналов и снижение эффективности теплообмена. Аналогичные процессы наблюдаются в фильтрах (strainer), установленных перед ректификационными колоннами, что приводит к нарушению технологического режима и увеличению числа внеплановых остановок оборудования [3].

Кроме того, повышенная концентрация CO_2 способствует интенсификации коррозионных процессов в трубопроводах, компрессорных станциях и другом технологическом оборудовании вследствие образования угольной кислоты при взаимодействии с влагой. Это приводит к сокращению срока службы оборудования, увеличению затрат на техническое обслуживание и снижению надежности эксплуатации объектов газотранспортной и газоперерабатывающей инфраструктуры [4].

В связи с этим исследование влияния повышенного содержания диоксида углерода на процессы транспортировки и низкотемпературной переработки природного газа имеет важное научное и практическое значение. Целью настоящей работы является анализ влияния повышенной концентрации CO_2 в составе природного газа, поступающего на Устюртский газохимический комплекс, на технологические процессы подготовки и переработки газа, а также оценка возникающих эксплуатационных проблем и определение возможных путей повышения эффективности работы технологических установок.

Для наглядного представления влияния повышенного содержания диоксида углерода в природном газе на технологические процессы Устюртского газохимического комплекса на рисунке 1 приведена структурная схема, отражающая основные этапы движения сырьевого газа и ключевые последствия увеличения

концентрации CO₂. Схема демонстрирует взаимосвязь между повышенным содержанием CO₂, развитием коррозионных процессов, образованием газовых гидратов, снижением эффективности низкотемпературной переработки и увеличением эксплуатационных затрат.

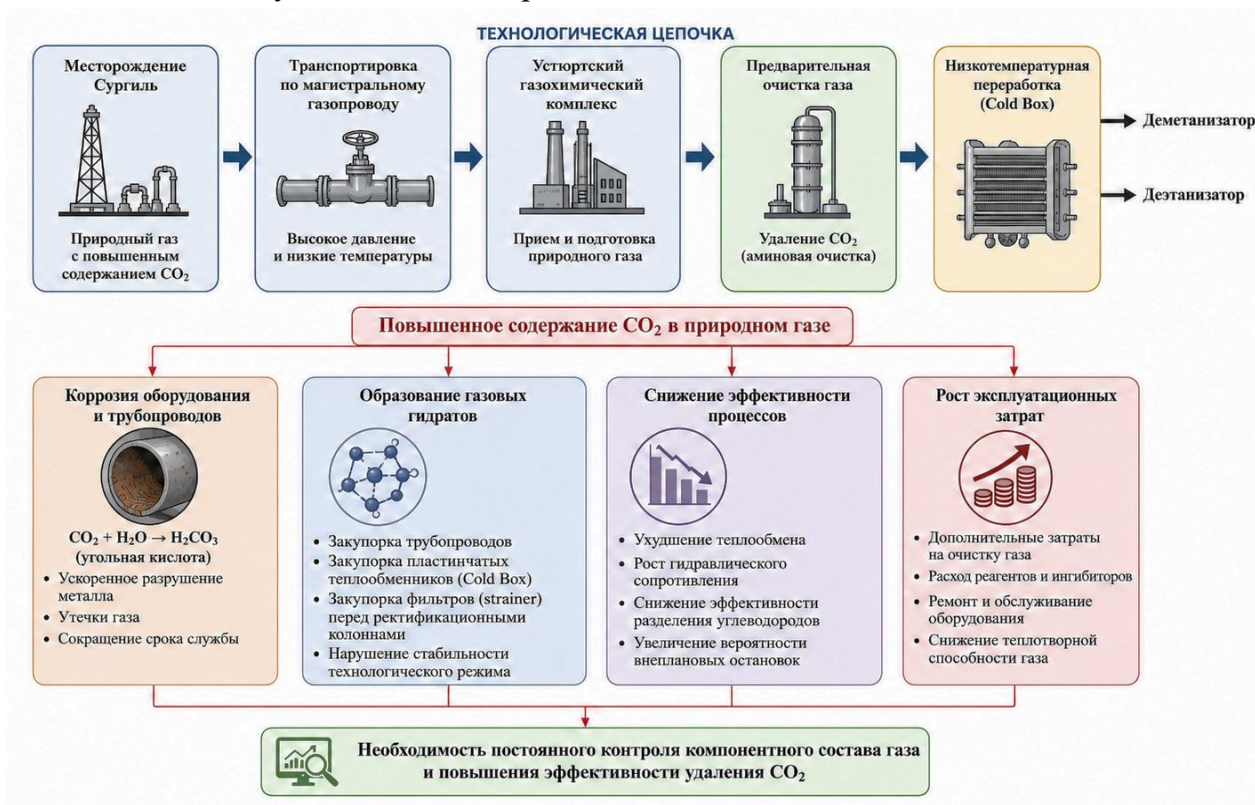


Рисунок 1. Основные направления влияния повышенного содержания CO₂ в природном газе на технологические процессы Устьютского газохимического комплекса

Влияние повышенного содержания CO₂ на транспортировку природного газа.

Повышенное содержание диоксида углерода в природном газе оказывает существенное влияние на процессы его транспортировки от месторождения Сургиль до Устьютского газохимического комплекса. Одним из наиболее опасных последствий является развитие углекислотной коррозии технологического оборудования. При наличии влаги CO₂ растворяется с образованием угольной кислоты (H₂CO₃), обладающей высокой коррозионной активностью по отношению к углеродистым сталям. В результате ускоряется разрушение внутренних поверхностей магистральных трубопроводов, компрессорных станций, запорной арматуры и другого оборудования, что приводит к сокращению срока его службы, увеличению вероятности утечек газа и росту эксплуатационных затрат.

Другим негативным фактором является образование газовых гидратов при пониженных температурах и повышенном давлении. Диоксид углерода способствует формированию кристаллических гидратных соединений, вызывающих частичную или полную закупорку трубопроводов, снижение их пропускной способности и нарушение стабильности технологического режима. Для предотвращения

гидратообразования требуется применение ингибиторов, предварительная очистка газа от CO_2 и поддержание оптимальных параметров транспортировки, что сопровождается дополнительными капитальными и эксплуатационными затратами [5].

Повышенная концентрация CO_2 также ухудшает качество природного газа и требует его дополнительной подготовки перед транспортировкой и переработкой. Наиболее распространенным промышленным методом удаления диоксида углерода является аминовая очистка, применение которой связано с увеличением энергопотребления, расхода реагентов и стоимости подготовки газа.

Влияние CO_2 на процессы низкотемпературной переработки природного газа на Устюртском газохимическом комплексе. Низкотемпературная переработка природного газа предъявляет высокие требования к его компонентному составу. Повышенная концентрация CO_2 существенно снижает эффективность процессов охлаждения и разделения углеводородных компонентов. При охлаждении природного газа до криогенных температур диоксид углерода может переходить в твердую фазу с образованием сухого льда и газовых гидратов. Образующиеся твердые отложения закупоривают технологические каналы теплообменников, трубопроводов и ректификационных колонн, нарушая нормальный режим работы оборудования [6].

На Устюртском газохимическом комплексе аналогичные процессы наблюдаются при эксплуатации установок низкотемпературного выделения этана. В частности, образование гидратов происходит в пластинчатых теплообменниках (Cold Box), а также в фильтрах (strainer), установленных перед деметанизатором, деэтанализатором и другими ректификационными колоннами. Это приводит к ухудшению теплообмена, увеличению гидравлического сопротивления, снижению эффективности разделения компонентов природного газа и возникновению внеплановых остановок технологических установок.

Повышенное содержание CO_2 ускоряет износ криогенного оборудования, увеличивает периодичность технического обслуживания и расходы на ремонт. Кроме того, рост концентрации диоксида углерода сопровождается увеличением затрат на подготовку природного газа, предотвращение коррозии и гидратообразования, снижением его теплотворной способности и уменьшением коммерческой ценности.

Экологический аспект проблемы также приобретает особую актуальность. В настоящее время на Устюртском газохимическом комплексе выбросы CO_2 в атмосферу достигают 5–6 т/ч, что увеличивает углеродный след предприятия и требует внедрения более эффективных технологий очистки природного газа и постоянного мониторинга его компонентного состава. Во многих странах действуют строгие нормативные требования к содержанию диоксида углерода в природном газе и объемам его выбросов, поэтому совершенствование технологий удаления CO_2 является одним из ключевых направлений повышения экологической и промышленной безопасности газоперерабатывающих предприятий.

Закключение. Проведенный анализ показал, что повышение концентрации диоксида углерода (CO₂) в составе природного газа оказывает существенное влияние на процессы его транспортировки и низкотемпературной переработки на Устюртском газохимическом комплексе. Установлено, что увеличение содержания CO₂ выше проектного значения способствует развитию углекислотной коррозии трубопроводов и технологического оборудования, образованию газовых гидратов, снижению эффективности работы теплообменных аппаратов и ректификационных колонн, а также повышению вероятности внеплановых остановок технологических установок.

Повышенное содержание CO₂ приводит к росту эксплуатационных затрат, связанных с дополнительной очисткой природного газа, предотвращением коррозии и гидратообразования, а также увеличением расходов на техническое обслуживание оборудования. Кроме того, снижение качества товарного газа и его теплотворной способности отрицательно влияет на экономическую эффективность производства.

Для обеспечения надежной и эффективной работы Устюртского газохимического комплекса необходимо совершенствование технологий подготовки природного газа, внедрение современных методов удаления CO₂ и постоянный мониторинг компонентного состава сырьевого газа. Реализация указанных мероприятий позволит повысить надежность технологических процессов, снизить эксплуатационные затраты, увеличить срок службы оборудования и обеспечить соответствие продукции современным требованиям газоперерабатывающей промышленности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Shingana B., Timunga S., Jain S., Singh V.P. Technological horizons in natural gas processing: A comprehensive review of recent developments // *Separation Science and Technology*. – 2024. – Vol. 59, No. 10–14. – P. 1216–1240. DOI: <https://doi.org/10.1080/01496395.2024.2366914>
2. Nešić S. Carbon Dioxide Corrosion of Mild Steel // *Uhlig's Corrosion Handbook*. 3rd ed. / Ed. by R.W. Revie. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, 2011. P. 229–245. DOI: <https://doi.org/10.1002/9780470872864.ch19>
3. Gas Processors Suppliers Association (GPSA). GPSA Engineering Data Book. 15th ed. Tulsa, OK: GPSA, 2022.
4. Campbell J.M. Gas Conditioning and Processing. Vol. 1: The Basic Principles. 9th ed. Norman, Oklahoma: Campbell Petroleum Series, 2017. <https://www.jmcampbell.com>
5. Wei W.-N., Li B., Gan Q., Li Y.-L. Research progress of natural gas hydrate exploitation with CO₂ replacement: A review // *Fuel*. – 2022. – Vol. 312. – Art. 122873. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2021.122873>
6. ASTM D1945-19. Standard Test Method for Analysis of Natural Gas by Gas Chromatography. West Conshohocken, PA: ASTM International, 2019.