

Шигапов И.И.

2 курс магистратура Казанский (Приволжский) Федеральный Университет

кафедра высоковязких нефтей и природных битумов

**Научный руководитель: к.т.н., доцент Кемалов Р.А.**

КФУ, г. Казань 2016

## **История и суть СПГ**

Начиная с 17 века химикам было известно , что температура вещества может определять его агрегатное состояние.

В конце 17 века ученые выяснили , что объем газа при охлаждении уменьшается в определенное количество раз. Охлаждение приводит к замедлению движения молекул газа и их сближению , что уменьшает его объем.

Путём понижения температуры и увеличения давления объем газа может быть уменьшен настолько, что его молекулы преодолевают силы взаимного отталкивания и вступают в межмолекулярное взаимодействие , образуя жидкую фазу.

Первым ученым , сумевшим перевести в жидкое состояние вещество , которое при нормальных условиях существует в виде газа, был Гаспар Монж (1746-1818), франц. Математик , который получил жидкую двуокись серы из ее газовой фазы в 1784 г. Затем только в 1823 г. Майкл Фарадей (1791-1867) получил жидкий хлор. Фарадей нагнетал давление внутри изогнутой стеклянной трубки , наполненной газообразным хлором и одним концом погруженной в стакан с измельченным льдом. Под давлением газ превращался в жидкий хлор при охлаждении льдом в конце трубки.

Только в 40х годов XIXв. ирландский ученый в области физической химии Томас Эндрюс( 1813-1885)

Предположил, что каждый газ имеет точную температуру, он назвал ее критической температурой, выше которой газ не может быть переведен в жидкое состояние даже под большим давлением.

Концепция критической температуры Эндрюса вскоре привела к научно-техническому прорыву в сжижении так называемых «постоянных» газов. Для достижения низких температур, достаточных, чтобы перевести эти газы в жидкое состояние, двое ученых – Луи Поль Кайете (1832-1913) и Рауль-Пьер Пикте (1846-1929) – независимо друг от друга пришли к идее использования «каскадного» процесса, который снижает температуру шаг за шагом. Суть этого метода заключается в том, что один сжиженный газ используется для охлаждения второго газа, который имеет более низкую критическую температуру; затем второй газ в сжиженном состоянии используется для охлаждения третьего газа с еще более низкой критической температурой, и так далее.

Хотя большинство газов были получены в сжиженном состоянии к концу XIX в., коммерческое производство их было невозможно. Изменил такое положение вещей немецкий химик Карл фон Линде (1842-1934) в 1895 г., когда изобрел непрерывный процесс для производства большого количества жидкого воздуха (в основном азота и кислорода)

В промышленном процессе сжижения Карла фон Линде, который до сих пор является основой всего современного производства сжиженных газов, используется эффект Джоуля-Томсона: воздух сжимается, охлаждается, а затем подвергается дросселированию, в процессе которого охлаждается еще больше. Холодный воздух постоянно рециркулирует, чтобы охладить поток входящего сжатого воздуха. Из-за кумулятивного эффекта охлаждения воздух постепенно становится достаточно холодным для сжижения. Процесс Линде сразу же стал коммерчески успешным и заложил основу для современной индустрии сжижения воздуха.

#### Список литературы

1. Penty R. Small-scale LNG becomes popular as slumping oil squeezes megaprojects. – Электронный журнал «Hydrocarbon Processing», 27.02.2015. – URL: <http://www.hydrocarbonprocessing.com/Article/3431824/Gas-ProcessingLNG/Small-scale-LNG-becomes-popular-as-slumping-oilsqueezes-megaprojects.html>. (дата обращения 04.03.2015).
2. Kohler T., Bruentrup M. Choose the best refrigeration technology for small-scale LNG production. – Hydrocarbon Processing, 2014. № 1. p. 45–52.

Заводы по сжижению природного газа и технологические процессы (по состоянию на август 2011 г.)

п/п	Завод СПГ	Страна	Год за-пуска	Годы модернизации	Число тех-нологиче-ских линий	Общая произ-водитель-ность, млн т в год	Технологический процесс
1	Arzew CAMEL (GL-4Z)	Алжир	1964	1977, 1981	15	17,1	Cascade (1-3), APCI C3-MR (4-15)
2	Kenai, Alaska	США	1969		1	1,3	Phillips Cascade
3	Marsa el-Brega (1-2)	Ливия	1970		4	3	APCI SMR
4	Lumut	Бруней	1972		5	6,5	APCI C3-MR
5	Skikda (1-3)	Алжир	1972	1978, 1981	6	5,9	Teclarc (1-3), PRICO (4-6)
6	Adgas (Das Island I)	ОАЭ	1977	1994	3	6	APCI C3-MR
7	Bontang (A-B)	Индонезия	1977	1983 (C-D), 1990 (E-F), 1997 (G), 1999 (H)	8	21,2	APCI C3-MR
8	Bethioua (GL1Z)	Алжир	1978	1981	12	16,2	APCI C3-MR
9	Arun	Индонезия	1978	1983, 1986	6	12	APCI C3-MR
10	Bintulu MLNG I	Малайзия	1983		3	7,5	APCI C3-MR
11	NWS Australia LNG	Австралия	1989	1992, 2004, 2008	5	16,3	APCI C3-MR (1-3), Shell DMR (4,5)
12	Bintulu MLNG II	Малайзия	1995		3	9	APCI C3-MR
13	Qatargas 1	Катар	1996	2005	3	9,6	APCI C3-MR
14	Atlantic LNG	Тринидад и Тобаго	1999	2002, 2003, 2005	4	14,8	CPOCP
15	NLNG (Bonny Island)	Нигерия	1999	2002, 2005, 2006, 2007	6	20,7	APCI C3-MR
16	RasGas (Ras Laffan)	Катар	1999	2003 (2), 2007 (1), 2008 (2)	7	36,3	APCI C3-MR, C3MR/SplitMR™, AP-X™
17	OLNG (Qalhat)	Оман	2000	2006	3	9,9	APCI C3-MR
18	Bintulu MLNG III	Малайзия	2003		2	7,6	APCI C3-MR
19	Damietta	Египет	2004		1	5	APCI C3MR/SplitMR™
20	Idku	Египет	2005		2	7,2	CPOCP
21	Darwin LNG	Австралия	2006		1	3,7	CPOCP
22	Bioko Island	Экваториаль-ная Гвинея	2007		1	3,8	CPOCP
23	Snohvit LNG	Норвегия	2007		1	4,3	Statoil/Linde MFC™
24	Сахалин СПГ	Россия	2009		2	9,6	Shell DMR
25	Qatar Gas II	Катар	2009		2	15,6	APCI AP-X™
26	Tangguh	Индонезия	2009		2	7,6	APCI C3MR/SplitMR™
27	Yemen LNG	Йемен	2009		2	6,8	APCI C3MR/SplitMR™
28	Peru LNG	Перу	2010		1	4,4	APCI C3MR/SplitMR™
29	Qatar Gas III	Катар	2010		1	7,8	APCI AP-X™
30	Qatar Gas IV	Катар	2011		1	7,8	APCI AP-X™
	<b>Всего</b>				<b>113</b>	<b>304,5</b>	