5. Russian Federation. Order of the Ministry of Transport of the Russian Federation from 17.01.2013 № 7. Pravila plavanija v akvatorii Severnogo morskogo puti.

6. Ershov, Andrey Alexandrovich, Sergey Jrevich Razvozov, and Pavel Igorevich Petuhov. "Recommendation on maneuvering the vessel in ice conditions." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 5(39) (2016): 20–29. DOI: 10.21821/2309-5180-2016-8-5-20-29.

7. Ershov, A. A. Razrabotka sistemy intellektualnoj podderzhki sudovoditelja dlja snizhenija opasnosti stolknovenij sudov. Dr. diss. SPb., 2012.

8. Ershov, A. A., B. P. Korotkov, et al. *Teorija sudna. Statika: uchebnoe posobie*. SPb.: GMA im. adm. S. O. Makarova, 2009.

9. Ershov, A. A. *Ot «Titanika» do «Costa Concordia» neispolzovannye vozmozhnosti dlja spa-senija: monografija*. Saarbrucken, Deutschland: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2013.

10. Ershov, A. A., and V. I. Nikolskij. *Nekotorye avarii i katastrofy otechestvennyh i inostrannyh sudov: monografija*. SPb.: GUMRF im. adm. S. O. Makarova, 2013.

11. Gao, G. X., L. Heng, T. Walter, and P. Enge. "Breaking the Ice: Navigation in the Arctic." *Global Navigation Satellite Systems: Report of a Joint Workshop of the National Academy of Engineering and the Chinese Academy of Engineering*. National Academies Press, 2012: 229–238.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ	INFORMATION ABOUT THE AUTHORS
Ершов Андрей Александрович — доктор технических наук, доцент. ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова» *ershov_63@mail.ru*	*Ershov Andrey Alexandrovich* — Dr. of Technical Sciences, associate professor. Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping *ershov_63@mail.ru*
Петухов Павел Игоревич — аспирант. Научный руководитель: *Ершов Андрей Александрович.* ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова» *sevarus89@gmail.com*	*Petuhov Pavel Igorevich* — postgraduate. Supervisor: *Ershov Andrey Alexandrovich*. Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping *sevarus89@gmail.com*

Статья поступила в редакцию 14 ноября 2016 г.

DOI: 10.21821/2309-5180-2016-8-6-42-57
УДК 629.123.56

И. И. Костылев,
Г. П. Евдокимов

РАЗВИТИЕ ГАЗОВОЗОВ СЖИЖЕННОГО ПРИРОДНОГО ГАЗА ДЛЯ УДОВЛЕТВОРЕНИЯ ПОТРЕБНОСТЕЙ В НЕМ МИРОВОГО РЫНКА. РОССИЙСКИЕ ПРОЕКТЫ СЖИЖЕННОГО ПРИРОДНОГО ГАЗА

Показаны запасы, экспорт и импорт природного газа по странам в соответствии с последними данными. Приведены данные о мировых перевозках сжиженного природного газа. Показана структура мирового флота и освещено развитие газовозов СПГ. Рассмотрено развитие энергетических установок газовозов. Представлены газовозы, предназначенные для длительной эксплуатации при низких температурах и в ледовых условиях. Отмечается, что первое место в мире по размеру флота газовозов с высоким ледовым классом занимает греческая компания Dynagas, ее газовоз «Ob River» первым прошел по Северному морскому пути. Представлены газовозы с установками регазификации. Рассмотрены российские проекты СПГ, развиваемые ПАО «Газпром»: «Сахалин- 2», «Балтийский СПГ», «Владивосток СПГ» и регазификационный терминал в Калининградской области. Приведена информация о проектах «Ямал СПГ» и «Арктик СПГ», развиваемых ОАО «НОВАТЭК». Отражено развитие СПГ-проектов ПАО «НК «Роснефть».

Показан флот судов-газовозов российского ПАО «Совкомфлот», для которого спущен на воду головной газовоз по проекту «Ямал СПГ». Отмечается, что развитие газовозного флота стимулируется освоением новых месторождений и расширением добычи на уже действующих. Рынок СПГ разделяется преимущественно на бассейны, в пределах которых ведется добыча природного газа. Прежде всего, это Тихоокеанский и Атлантический бассейны. Наиболее объемным по количеству поставляемого газа является регион Среднего Востока.

В статье анализируется информация по странам-экспортерам газа, что в значительной степени предопределяет возможные направления её транспортировки. Наибольшими запасами природного газа обладают Иран, Россия, Катар, Туркменистан и страны Ближнего Востока. Однако отмечается, что объем добываемого газа не всегда свидетельствует о его экспорте. Например, Саудовская Аравия и Иран основную часть своего газа потребляют внутри страны.

Ключевые слова: сжиженный природный газ, перевозки, газовозы, энергетические установки, российские проекты СПГ.

Распределение запасов и экспорт природного газа по странам

Природный газ — самое экологически чистое ископаемое топливо, которое обладает наивысшей энергетической ценностью. Поэтому спрос на него постоянно растет [1]. Так, в 2000 г. мировое потребление природного газа составило 2 411 млрд куб. м, в 2010 г. — 3 180 млрд куб. м, а в 2015 г. — 3 468 млрд куб. м. Таким образом, в XXI в. рост потребления природного газа в среднем составил 2,9 % в год.

Наибольшими запасами природного газа обладают такие страны, как Иран, Россия, Катар, Туркменистан, США, Саудовская Аравия, Объединённые Арабские Эмираты, Венесуэла, Нигерия и Алжир. Максимальное количество газа производят США (с учётом сланцевого газа), Россия, Иран, Катар, Канада, Китай, Норвегия, Саудовская Аравия, Алжир, Индонезия. Однако не все страны, добывающие газ в больших объемах, его экспортируют. Например, Саудовская Аравия потребляет весь добываемый газ, Иран — почти весь добываемый газ, а Китай еще его и импортирует. Страны, обладающие наибольшими запасами природного газа, с соответствующими его доказанными запасами, производством и экспортом [2] приведены в табл. 1.

Таблица 1

Страны, обладающие наибольшими запасами природного газа по данным на конец 2015 г.

Регион, страна	Запасы, трлн куб. м	Производство, млрд куб. м	Экспорт СПГ, млрд куб. м	Экспорт по трубопроводу, млрд куб. м
Средний Восток, *всего*	80,0	617,9	126,2	28,2
в том числе Иран	34,0	192,5	–	8,4
Йемен	0,3	2,7	2,0	–
Катар	24,5	181,4	106,4	19,8
ОАЭ	6,1	55,8	7,6	–
Оман	0,7	34,9	10,2	–
Саудовская Аравия	8,3	106,4	–	–
АТР, *всего*	15,6	556,7	115,2	31,6
В том числе Австралия	3,5	67,1	39,8	–
Бруней	0,3	12,7	8,7	–
Вьетнам	0,6	10,7	–	–

Таблица 1
(*Окончание*)

Индия	1,5	29,2	–	–
Индонезия	2,8	75,0	21,9	10,5
Китай	3,8	138,0	–	–
Малайзия	1,2	68,2	34,2	–
Мьянма	0,5	19,6	–	13,4
Папуа Новая Гвинея	0,1		9,7	–
Африка, *всего*	14,1	211,8	16,2	36,1
В том числе Алжир	4,5	83,0	16,2	25,0
Египет	1,8	45,6	–	–
Ливия	1,5	12,8	–	6,5
Нигерия	5,1	50,1	27,5	–
Экваториальная Гвинея			5,0	–
Европа и Евразия, *всего*	56,8	989,9	25,4	456,7
В том числе Россия	32,3	573,3	14,5	193,0
Азербайджан	1,1	18,2	–	7,6
Казахстан	0,9	12,4	–	11,3
Туркменистан	17,5	72,4	–	38,1
Узбекистан	1,1	57,7	–	7,5
В том числе Великобритания	0,2	39,7	–	13,4
Нидерланды	0,7	43,0	–	40,6
Норвегия	1,9	117,2	6,0	109,5
Северная Америка, *всего*	12,8	984,0	0,8	124,0
в том числе Канада	2,0	163,5	–	74,3
США	10,4	767,3	0,8	49,7
Южная и Центр. Америка, *всего*	7,6	178,5	22,0	18,5
В том числе Боливия	0,3	20,9	–	16,2
Венесуэла	5,6	32,4	–	–
Перу	0,4	12,5	5,0	–
Тринидад и Тобаго	0,3	39,6	17,0	–
Всего в мире	186,9	3538,6	338,3	704,1

Наибольшие объемы природного газа экспортируют такие страны, как Россия, Катар, Норвегия, Канада, США, Алжир, Нидерланды, Австралия, Малайзия, Индонезия.

Международная торговля природным газом в 2015 г. достигла 1 042,4 млрд куб. м. При этом по трубопроводам было транспортировано 704,1 млрд куб. м газа, а в сжиженном состоянии мор-

скими судами — 338,3 млрд куб. м. Видно, что основные объемы природного газа (67,5 и 32,5 %) поставлялись по трубопроводу и морскими судами.

Россия, Норвегия и Великобритания поставляют газ преимущественно по трубопроводу в страны Европы, Канада по трубопроводу поставляет газ в США, США — в Канаду и Мексику. Страны, отстоящие от импортеров на большом удалении с протяжёнными морскими маршрутами доставки, экспортируют газ морскими судами.

На морских судах природный газ перевозится в сжиженном состоянии при атмосферном давлении и сверхнизкой температуре –163 °С. Таким образом, сжиженный природный газ (СПГ или LNG — сокр. от Liquefied Natural Gas) — это криогенная жидкость. При этом он занимает примерно 1/600 своего первоначального объема и имеет плотность 420 — 490 кг/м^3 [3] и [4]. Перевозки СПГ являются самым динамично развивающимся сегментом мировых морских перевозок.

Мировой рынок перевозок СПГ

Рынок перевозок СПГ разделяется преимущественно на бассейны, в пределах которых природный газ добывается, сжижается, экспортируется и импортируется: на Тихоокеанский и Атлантический, включая Средиземное и Северное моря, а также Средний Восток, экспортирующий СПГ в страны Азии и Европы. Ведущие мировые экспортеры СПГ традиционно расположены в Тихоокеанском бассейне, в его юго-западной части — это Австралия, Малайзия, Индонезия, Папуа Новая Гвинея и Бруней, поставившие на рынок в 2015 г. примерно 34,1 % всего мирового экспорта СПГ.

Наиболее концентрированным по объёмам поставок и с 2010 г. крупнейшим мировым экспортёром СПГ является регион Среднего Востока, страны которого Катар, Оман, ОАЭ и Йемен экспортировали 37,3 % мирового экспорта СПГ. Причем Катар в 2006 г. вышел на первое место в мире по объему экспорта, он в настоящее время экспортирует свыше 100 млн куб. м СПГ в год, это в 2,7 раза больше, чем его ближайший конкурент Австралия. В Атлантическом бассейне экспорт СПГ осуществляют страны Западной и Северной Африки: Нигерия, Алжир, Экваториальная Гвинея, страны Центральной и Южной Америки: Тринидад и Тобаго, Перу.

В 2007 г. началось производство СПГ на месторождении Сновит в Норвегии, расположенном за Полярным кругом. Начиная с 2009 г., с вводом в эксплуатацию завода СПГ на Сахалине, крупным экспортёром газа является Россия. СПГ с Сахалина экспортируется в Японию, Южную Корею, Китай и другие страны. Крупнейшими импортёрами СПГ являются: в Тихоокеанском бассейне — Япония, ее доля составляет 35 % в мировом импорте СПГ, а также Южная Корея, Китай, Тайвань и Индия. Доля этих стран в 2015 г. составила 67,5 % мирового импорта СПГ. В Атлантическом бассейне крупными импортерами СПГ являются страны ЕС (Испания, Великобритания, Франция, Италия, Бельгия) и Турция, а по другую сторону океана — Мексика, Бразилия, Аргентина, Чили. Мировой импорт СПГ по странам с соответствующими объемами, согласно данным источника [2], приведен в табл. 2.

Таблица 2

Страны-импортеры СПГ с соответствующими объемами на период конца 2015 г.

Страны	Импорт СПГ, млрд куб. м
АТР, *всего*	238,6
В том числе Индия	21,7
Китай	26,2
Малайзия	2,2
Пакистан	1,5
Сингапур	3,0

Таблица 2
(*Окончание*)

Тайвань	18,7
Таиланд	3,6
Южная Корея	43,7
Япония	118,0
Европа и Евразия, *всего*	55,0
В том числе Бельгия	3,8
Великобритания	12,8
Испания	13,1
Италия	6,0
Франция	6,6
Турция	7,5
Северная Америка, *всего*	10,3
В том числе США	2,6
Канада	0,6
Мексика	7,1
Южная и Центральная Америка, *всего*	20,0
В том числе Аргентина	5,8
Бразилия	7,1
Чили	4,2
Средний Восток, *всего*	10,5
Африка, *всего*	3,8
Мир в целом	338,3

Развитие судов для перевозки СПГ

В XXI в. наблюдается быстрый рост мирового флота судов для перевозки СПГ. Так, если в 2000 г. в эксплуатации насчитывалось 127 таких судов, в конце 2005 г. — 191 судно, то в начале 2011 г. — 363 судна. На 1 января 2016 г. мировой флот газовозов СПГ включал 443 судна суммарной грузовместимостью 65 млн куб. м, а в портфеле заказов находилось 155 судов суммарной грузовместимостью 24,5 млн куб. м, что составляло 38 % действующего флота. Структура действующего и заказанного флота газовозов СПГ, по данным источника [5], приведена в табл. 3 и 4.

Таблица 3

Структура мирового флота газовозов СПГ по размерным группам на 01 января 2016 г.

Размерная группа по грузовместимости, куб. м	Количество судов	Суммарная грузовместимость, млн куб. м
Менее 3 000	8	0,0
3 000 – 8 000	3	0,0
8 000 – 12 000	4	0,0

Таблица 3
(*Окончание*)

12 000 – 22 000	8	0,1
22 000 – 45 000	5	0,1
45 000 – 60 000	–	–
60 000 – 85 000	7	0,5
85 000 – 150 000	226	31,3
150 000 – 200 000	137	22,1
Более 200 000	45	10,3
Итого	443	64,6

Таблица 4

Структура портфеля заказов мирового флота газовозов СПГ по размерным группам на 01 января 2016 г.

Размерная группа по грузовместимости, куб. м	Количество судов	Суммарная грузовместимость, млн куб. м
Менее 3 000	1	0,0
3 000 – 8 000	3	0,0
8 000 – 12 000	–	–
12 000 – 22 000	2	0,0
22 000 – 45 000	7	0,2
45 000 – 60 000	1	0,0
60 000 – 85 000	–	–
85 000 – 150 000	–	–
150 000 – 200 000	141	24,2
Более 200 000	–	–
Итого	155	24,5

Вследствие высокой стоимости срок службы газовозов СПГ рассчитывается на 40 лет. При этом необходимо отметить, что в строю находится большое количество газовозов возрастом до 30 лет и более, которые до сих пор эксплуатируются с первоначально изготовленным корпусом, изначально установленными грузовыми танками, но уже с новыми механизмами и системами контроля и управления.

По экономическим причинам имеет место тенденция увеличения размеров судов, поскольку при этом достигается снижение удельных транспортных расходов, так называемая *экономика масштаба.* Так, в начале 1980-х гг. наиболее распространенный размер заказываемых газовозов СПГ составлял в среднем 125 000 куб. м, начиная со второй половины 1990-х гг. — 138 000 куб. м, с середины 2000-х гг. — 145 000 – 155 000 куб. м, а с 2010-х гг. — уже 170 000 – 180 000 куб. м. Ввод в эксплуатацию в 2007 – 2010 гг. газовозов в рамках реализации долгосрочных поставок СПГ из Катара ознаменовал эру появления газовозов постройки Южной Кореи грузовместимостью 210 000 – 217 000 куб. м (по проекту Q-flex) — головное судно *Al Gattara* и 260 000 – 270 000 куб. м (Q-max) — головное судно *Mozah*. Всего по 2010 г. были построены 31 газовоз по проекту Q-flex и 14 газовозов по проекту Q-max.

Скорость газовозов СПГ составляет 19,5 – 21 уз. СПГ перевозится в специальной защитной системе — в грузовых танках, монтируемых в корпусе и выступающих над палубой. Наибольшее распространение получили сферические грузовые танки типа «Moss», разработанные норвежской фирмой Moss Rosenberg, и мембранные грузовые танки, разработанные французской фирмой Gaztransport and Technigaz (GTT). Если на начало 2000-х гг. около 50 % эксплуатируемых газовозов СПГ были оборудованы сферическими танками, то уже начиная с первой половины 2000-х гг. в портфеле заказов судостроительных верфей превалировали газовозы с мембранными грузовыми танками и на конец 2015 г. мембранные танки были установлены примерно на 75 % эксплуатируемых газовозов. Чтобы сохранить газ при температуре –163 °С в процессе перевозки и свести к минимуму его испарение, все системы грузовых танков имеют мощную и дорогостоящую изоляцию. Тем не менее в сутки испаряется до 0,15 % перевозимого газа. Лучшие на сегодняшний день проекты газовозов допускают испарение газа в сутки в пределах 0,10 % и менее.

Одновременно со строительством газовозов увеличенной грузовместимости для перевозок на дальние расстояния развитие национальных инфраструктур газообеспечения приводит к вступлению в строй также небольших газовозов СПГ прибрежного плавания для перевозок на короткие расстояния, в частности, для распределения газа в прибрежных водах Норвегии и Японии. На газовозах небольшой вместимости устанавливаются цилиндрические грузовые танки. Скорость этих судов составляет 12 – 15,5 уз.

В 2009 г. вступил в строй первый многоцелевой газовоз *Coral Methane* грузовместимостью 7 500 куб. м постройки польской верфи Remontowa SA, предназначенный для перевозки СПГ, сжиженных нефтяных газов и сжиженного этилена. Это судно голландского судовладельца Anthony Veder используется по перевозке газа в прибрежных водах Норвегии. В 2012 г. для этого судовладельца на германской верфи Meyer Werft был построен газовоз *Coral Energy* грузовместимостью 15 600 куб. м ледового класса 1А (аналогичный ледовому классу Arc4 согласно правилам Российского морского регистра судоходства); судно работает по распределению газа по побережью Скандинавии. Для импорта СПГ с Сахалина в Японию совместным предприятием компаний «Mitsui OSK Lines» и «Hiroshima Gas» в 2007 г. построен газовоз *Sun Arrows* грузовместимостью 19 100 куб. м ледового класса ЛУ3 (Ice2) по правилам Российского морского регистра судоходства с грузовыми танками типа «Moss»; судно способно самостоятельно преодолевать лед толщиной до 70 см [3]. Кроме того, в настоящее время строятся газовозы-бункеровщики СПГ.

Все верфи-строители газовозов СПГ расположены на Дальнем Востоке: в Южной Корее (Hyundai Heavy Industries Co Ltd (HHI), Daewoo Shipbuilding & Marine Engineering Co Ltd (DSME), Samsung Heavy Industries Co Ltd (SHI), STX Jinhae Shipyard) и Японии (Mitsubishi Heavy Industries Ltd, Kawasaki Heavy Industries Ltd, Japan Marine United Corp., Mitsui Engineering & Shipbuilding Co Ltd, Imabari Shipbuilding Co Ltd). Начиная с 2008 г. на верфи Hudong-Zhonghua Shipbuilding Co Ltd в Китае тоже ведется строительство газовозов. В Европе газовозы СПГ до 2007 г. строились во Франции на верфи Chantiers de I'Atlantique.

Ведущими мировыми владельцами / операторами газовозов СПГ являются компании Японии (Mitsui OSK Lines (MOL), NYK, K-Line), Великобритании (The Shell Trading and Shipping Company, Golar LNG) Малайзии (Malaysia International Shipping Company (MISC).

Компания «Qatar Gas Transport Company» (QGTC), названная в Катаре «Nakilat», оперирует флотом, состоящим из 54 газовозов СПГ, в том числе 25 судов у нее находится в полной собственности, среди которых 14 судов Q-max и 11 — Q-flex.

Энергетические установки

Со времени постройки в 1964 г. первых газовозов СПГ в качестве главного двигателя на них традиционно используются паровые турбины, работающие от паровых котлов, потребляющих два типа топлива: испаряющийся в грузовых танках перевозимый газ и частично или полностью бункерное тяжелое топливо. Паровая турбина работает через редуктор на гребной винт. При таком двигателе значительно ниже стоимость технического обслуживания и другие эксплуатационные

расходы. Однако весомым недостатком паровой турбины является низкая тепловая эффективность, приводящая в итоге к большим расходам перевозки СПГ. Крупные газовозы требуют большей мощности двигателя, чем могут выработать паровые турбины.

После почти 40 лет монопольного использования паровой турбины в качестве главного двигателя начали использоваться дизель-электрические движительные установки, потребляющие два типа топлива: дизельное и испаряющийся перевозимый газ (DFDE — Dual-Fuel Disel Electric). Первым газовозом СПГ с установкой DFDE является судно *Gaz de France Energy*, построенное в 2004 г. на французской верфи Chantiers de l'Atlantique для компании Gaz de France. На судне установлены четыре среднеоборотных дизеля, которые работают на испаряющемся СПГ, а при его отсутствии (в балластном переходе) — на дизельном топливе. Эффективность газовозов с установкой DFDE на 25 – 30 % выше, чем с паровой турбиной.

На построенных крупнейших газовозах вместимостью по 210 000 – 270 000 куб. м в качестве главного двигателя установлены по два малооборотных дизеля, работающих на тяжелом топливе, и по два гребных винта. Поскольку испаряющийся перевозимый газ не используется, на борту судна монтируется установка повторного сжижения. Испарившийся и затем вновь сжиженный газ возвращается обратно в грузовые танки.

Вслед за установками DFDE внедряются ДЭУ, потребляющие три типа топлива: тяжелое, дизельное и испаряющийся перевозимый газ (TFDE – Tri-Fuel Diesel Electric). Установки TFDE обладают большей эксплуатационной гибкостью и эффективностью при работе на различных скоростях. Энергетические установки DFDE / TFDE использованы почти на 25 % эксплуатируемых газовозов и примерно 30 % в портфеле заказов составляют заявки на строительство газовозов с этими судовыми энергетическими установками.

Одной из последних инноваций в развитии газовозов является внедрение малооборотных двигателей так называемого *muna M* с электронной системой регулирования и впрыска газа — двигателей ME-GI (M-type, Electronically Controlled, Gas Injection), которые работают непосредственно на испаряющемся в грузовых танках газе либо при необходимости на обычном топливе. Двигатель ME-GI обеспечивает наиболее высокую тепловую эффективность, минимальное потребление топлива и значительное сокращение эмиссии CO_2, NO_x и SO_x [6], [7]. Первый газовоз с таким двигателем *Creole Spirit* постройки корейской верфи DSME для канадской компании Teekay LNG Partners вступил в строй в феврале 2016 г. [8].

Газовозы, оборудованные для обеспечения длительной эксплуатации при низких температурах и в ледовых условиях

Первыми газовозами, оборудованными для обеспечения длительной эксплуатации при низких температурах с оговоркой *winterization*, являются четыре судна, построенные в 2006 г.: *Arctic Discoverer*, *Arctic Lady, Arctic Princess* и *Arctic Voyager* грузовместимостью по 140 000 – 145 000 куб. м, предназначенные для перевозки СПГ с месторождения Сновит в Северной Норвегии через Северную Атлантику в США и Европу. Суда рассчитаны на 40 лет эксплуатации при температуре –18 °С и волновых условиях Северной Атлантики. На газовозах предусмотрен паровой обогрев бортов на верхней палубе, а также борта, которым газовоз швартуется к причалу, грузового манифолда, переходного мостика, шкиперской кладовой, румпельного отделения, а также площадки для посадки в спасательную шлюпку. Крылья мостика крытые, с подогреваемыми окнами и тепловой изоляцией. Предусматривается электрообогрев окон жилых помещений и комбинированный электропаровой обогрев наружных дверей. Для устранения обледенения антенн и другого оборудования, расположенного на крыше рулевой рубки, предусмотрены электронагреватели. С целью устранения обледенения предусмотрена подача горячей воды и полив якорей, грузовых манифолдов, куполов грузовых танков. Предусмотрены переносные паровые шланги и паровая продувка.

Первое место в мире по размеру флота газовозов СПГ с высоким ледовым классом занимает греческая компания «Dynagas Ltd». Её суда *Clean Power* (в настоящее время *Ob River*) и *Clean Force*

грузовместимостью по 149 700 куб. м стали первыми газовозами с ледовым классом 1А Регистра Судоходства Ллойда, аналогичным классу Arc4, с оговоркой *winterization*. Суда были построены в 2007 – 2008 гг. на верфи Hyundai Heavy Industries Co Ltd в Южной Корее.

В 2010 г. для норвежской компании «Knutsen OAS Shipping» в Южной Корее на верфи Daewoo Shipbuilding & Marine Engineering Co Ltd был построен газовоз *Ribera Del Duero Knutsen* грузовместимостью 173 400 куб. м ледового класса 1А winterization.

В 2013 г. компания «Dynagas Ltd» построила три газовоза грузовместимостью по 155 000 куб. м ледового класса 1А, winterization: *Arctic Aurora*, *Lena River* и *Yenisei River*. Эти суда имеют дизель-электрическую энергетическую установку, работающую на трех сортах топлива (TFDE). В 2014 – 2015 гг. компания построила еще четыре газовоза грузовместимостью по 162 000 куб. м такого же класса 1А, winterization: *Clean Ocean*, *Clean Planet*, *Clean Horizon* и *Clean Vision*. Газовоз *Ob River*, зафрахтованный ПАО «Газпром», является первым газовозом СПГ, прошедшим в 2012 г. по Северному морскому пути.

Газовозы с установками регазификации

В целях подачи перевозимого газа непосредственно в энергетическую систему потребителя, отказа от специализированных береговых терминалов, стоимость которых составляет многие миллионы долларов, и снижения рисков срывов поставок газа (например, вследствие возможных повреждений терминалов, вызванных ураганами, взрывами и пожарами, террористическими актами), начали строиться газовозы с установками регазификации — LNGRV (LNG regasification vessel) и с разгрузкой у оффшорного точечного плавучего буя. Так, бельгийская компания «Exmar NV» в 2005 – 2006 гг. построила серию из трёх таких судов: *Excelsior*, *Excellence* и *Excelerate* вместимостью по 138 000 куб. м на южнокорейской верфи DSME и в 2008 – 2010 гг. еще четыре аналогичных судна: *Explorer, Exquisit*, *Expedient* и *Exemplar* вместимостью по 150 900 куб. м.

Суда построены по так называемой концепции «энергетический мост», разработанной компанией Exmar и южнокорейской верфью DSME. Данная концепция предполагает наличие на судне установки регазификации, шарнирного поворотного швартовного устройства с манифолдом, а также соответствующего оффшорного погруженного точечного плавучего буя и подводной трубопроводной системы. Судовая установка регазификации позволяет судну преобразовывать из жидкого состояния в газообразное перевозимый СПГ, выгружая его под большим давлением (от 35 до 100 бар) через оффшорный швартовный буй. Затем газ по подводному трубопроводу направляется непосредственно в энергетическую трубопроводную систему потребителя. Точечный швартовный буй и судовое шарнирное поворотное швартовное устройство позволяют осуществлять выполнение швартовной операции и подсоединение к газопроводу для разгрузки на волнении высотой до 6 м.

Система «энергетический мост» может быть установлена в любой точке Земного шара. Её действенность впервые была успешно продемонстрирована в марте 2005 г., когда первое судно LNGR–*Excelsior*, выгрузилось у погруженного точечного швартовного буя в Мексиканском заливе в 116 милях от побережья штата Луизиана США. Суда, построенные по этой концепции, могут разгружаться также у любого берегового терминала с приемным газопроводом, как и обычные газовозы.

В 2009 – 2010 гг. норвежской компанией «Leif Hoegh» и японской «MOL» на южнокорейской верфи SHI совместно было построено два челночных газовоза с установкой регазификации SRV: shuttle and regasification vessel — *GDF Suez Neptune* и *GDF Suez Cape Ann*. Эти суда обслуживают глубоководный оффшорный порт Нептун штата Массачусетс, США. Каждое такое судно вместимостью по 145 000 куб. м может разгружаться за 4 – 8 сут и регазифицировать 18 000 – 34 000 куб. м СПГ в сутки.

Цены газовозов СПГ

Цены судов не являются постоянными и существенно колеблются в зависимости от спроса и предложения, состояния мировой экономики, наличия конкурирующих верфей и других факто-

ров. Динамика цен газовозов СПГ, наиболее востребованных в настоящее время по информации RS Platou Monthly (April 2015) за последние 10 лет, показана на рисунке.

Динамика цен постройки газовозов СПГ за 2005 – 2015 гг.

Контрактная цена газовоза с установкой регазификации LNGRV примерно на 20 % выше стандартного газовоза грузовместимостью 145 000 – 150 000 куб. м с паротурбинной установкой, а аналогичного челночного газовоза SRV — выше на 30 %. Цена газовозов по проекту Q-flex вместимостью 210 000 куб. м в 2007 г. была примерно на 15 % выше указанных стандартных газовозов, а цена газовозов вместимостью 266 000 куб. м по проекту Q-max — на 30 % выше. На корейской верфи DSME цена газовоза грузовместимостью 174 000 куб. м составляет 200 – 208 млн долл., а газовоза на 172 000 куб. м ледового класса Arc7 — 315,4 млн долл. (декабрь 2014 г.). На китайской верфи Dalian цена газовоза на 174 000 куб. м составляет 195 млн долл. (январь 2015 г.).

Стоимость перевозки СПГ морем определяется фрахтовыми ставками, которые, в свою очередь, являются функцией цены судна, стоимости финансирования его постройки, операционных расходов, спроса и предложения. Максимального значения ставки достигли в 2012 г. и с тех пор снижаются. В среднем за 2012 г. фрахтовые ставки для газовоза грузовместимостью 155 000 куб. м составляли 125 млн долл./сут, в 12-месячном тайм-чартере – 136 млн долл./сут. В феврале 2015 г. ставки составляли в среднем 40 – 50 млн долл./сут, а в конце 2015 г. они снизились примерно до 25 млн долл./сут.

Российские проекты СПГ

По величине разведанных запасов газа среди нефтегазовых компаний мира лидером является ПАО «Газпром». Его доказанные запасы по международным стандартам PRMS по состоянию на 31.12.2015 г. составляют 23 705,0 млрд куб. м. Доля Газпрома в мировых запасах составляет 17 %, в российских — 72 %. Газпром занимает и первое место в мире по объему добычи газа и по его экспорту в Европу. В 2015 г. доля Газпрома составила 11 % мирового и 66 % российского объема добычи газа. Основные добычные объекты Газпрома находятся в Надым- Пур-Тазовском районе Ямало-Ненецкого автономного округа, где добывается 77 % газа. На территории Российской Федерации в 2015 г. Газпромом было добыто 419,5 млрд куб. м природного и попутного газа [10]. В планах Газпрома освоение месторождений в акватории Обской и Тазовской губ, на шельфе арктических и дальневосточных морей. Объем продажи газа Газпромом в дальнее зарубежье составляет 40,3 млрд куб. м, при этом его доля в потребляемом газе странами европейского дальнего зарубежья составляет 30,9 %.

Крупнейшими российскими СПГ-проектами являются: проект «Сахалин-2», проект «Ямал СПГ», проект «Арктик СПГ», Штокмановский проект, а также проекты: Балтийский СПГ, Вла-

дивосток СПГ, строительство регазификационного терминала СПГ в Калининградской области и др.

Проект «Сахалин-2». Первый в России завод по производству СПГ в 2009 г. был построен на Дальнем Востоке — на юге о. Сахалин в пос. Пригородное компанией «Сахалин Энерджи Инвестмент Компании Лтд» в рамках реализации проекта «Сахалин-2». Завод, имеющий проектную производительность 9,6 млн т СПГ в год, включает две технологические линии производительностью по 4,8 млн т в год и причал для отгрузки СПГ на морские суда [11]. В 2010 г. завод вышел на проектную производительность и даже превысил её. Реализация программы повышения производственной эффективности и надежности привела к устойчивому увеличению производительности завода на 10 %. В 2015 г. была осуществлена модернизация первой технологической линии, ее мощность увеличилась еще на 1 – 2 %. В 2015 г. завод произвел 10,82 млн т СПГ.

Нефтегазовые месторождения на шельфе Сахалина были открыты в 1980-х гг., однако их освоение началось в 1996 г. Ресурсной базой проекта «Сахалин-2» являются Пильтун - Астохское нефтяное и Лунское газовое месторождения, расположенные в Охотском море в 13 – 16 км от северо-восточного побережья Сахалина. Глубины моря в районе месторождений находятся в пределах 28 – 48 м. Суммарные извлекаемые запасы углеводородов по проекту составляют: газа — свыше 600 млрд куб. м, нефти и конденсата — 170 млн т. Оператором проекта является компания «Сахалин Энерджи», а её акционерами в настоящее время выступают ПАО «Газпром» (50 % плюс одна акция), англо-голландская компания «Royal Dutch Shell» (27,5 % минус одна акция), японские группы «Mitsui» (12,5 % акций) и «Mitsubishi» (10 % акций). Компания «Сахалин Энерджи» была создана в 1994 г. специально для разработки нефтегазовых месторождений. В 2015 г. «Сахалин Энерджи» отгружала СПГ в Японию 70,62 % продаж, Южную Корею — 25,16 %, Китай — 1,83 %, Тайвань — 2,39 % [12]. Доля сахалинского СПГ в Азиатско-Тихоокеанском регионе составила примерно 6 %, на мировом рынке — около 4 %. Поставки СПГ с завода законтрактованы на 20 – 25 лет вперёд.

Специально для транспортировки СПГ с завода потребителям в конце 2007 г. – начале 2008 г. ПАО «Совкомфлот» в консорциуме с японской компанией NYK Line на японской верфи Mitsubishi Heavy Industries Ltd были построены два газовоза грузовместимостью по 145 000 куб. м ледового класса Ice2: *Grand Elena* и *Grand Aniva*. Вторым российским оператором газовозов СПГ явилось ОАО «Приморское морское пароходство», которое в консорциуме с другими японскими компаниями: MOL и «K» Line, на японской верфи Mitsui Engineering and Shipbuilding Co Ltd в 2008 г. построило аналогичный газовоз *Grand Mereya*, который также используется для экспорта сахалинского газа. Указанные танкеры зафрахтованы компанией «Сахалин Энерджи» на долгосрочной основе. Кроме, того на краткосрочной основе компанией зафрахтованы газовозы *Amur River* и *Ob River*. Перевозки сахалинского СПГ осуществляют также суда импортеров.

В 2015 г. компанией «Сахалин Энерджи» были подписаны договоры на разработку проектной документации для реализации проекта строительства третьей технологической линии завода СПГ в рамках проекта «Сахалин-2» производительностью 5,4 млн т в год. Разработка проектной документации будет выполняться компанией «Shell Global Solutions International» и российским проектным институтом АО «Гипрогазцентр».

Проект «Ямал СПГ». Проект «Ямал СПГ» на сегодняшний день является самым масштабным и амбициозным, реализуемым в российской Арктике. Оператором проекта, владельцем лицензии и всех активов является ОАО «Ямал СПГ». В 2015 г. доли акционеров в «Ямал СПГ» составляли: ОАО «НОВАТЭК» — 60 %, Total, Франция — 20 %, CNPC, Китай — 20 %. В декабре 2015 г. «НОВАТЭК» заключил юридически обязывающее соглашение о продаже 9,9 %-й доли в уставном капитале ОАО «Ямал СПГ» китайскому инвестиционному «Фонду Шелкового пути». В результате закрытия сделки доля НОВАТЭКа в проекте снизилась до 50,1 % [13].

В рамках проекта «Ямал СПГ» осуществляется строительство завода по производству СПГ мощностью 16,5 млн т в год на ресурсной базе Южно-Тамбейского газоконденсатного месторождения, расположенного на северо-востоке п-ва Ямал и открытого в 1974 г. Это месторождение,

по данным на 31 декабря 2015 г., содержит 522 млрд куб. м доказанных запасов природного газа и 15 млн т доказанных запасов жидких углеводородов по стандартам SEC. Проектный уровень добычи месторождения превышает 27 млрд куб. м газа в год на протяжении как минимум 20 лет и получения 1 млн т стабильного газового конденсата в год. СПГ-завод включает три технологические линии, мощностью 5,5 млн т в год каждая.

В соответствии с реализацией проекта «Ямал СПГ» создана соответствующая инфраструктура, включающая морской порт в пос. Сабетта и аэропорт. Проводятся дноуглубительные работы в акватории порта, подходном и морском каналах. Ведется строительство ледозащитного сооружения, на котором устанавливается отгрузочная эстакада СПГ, и строительствозавода по переработке газоконденсата. Начало производства СПГ на Ямале запланировано с 2017 г. Поставки газа планируется осуществлять на рынки стран АТР, Западной Европы и Южной Америки. Для бесперебойной круглогодичной транспортировки СПГ по Северному морскому пути оператор проекта ОАО «Ямал СПГ» планирует использовать флот в составе до 16 судов-газовозов, грузовместимостью около 170 000 куб. м каждый, арктического ледового класса Arc7. В период арктического лета СПГ будут поставлять на рынки стран АТР по Северному морскому пути арктическими газовозами. В зимний период арктические газовозы будут заходить на терминал в Западной Европе, где будет осуществляться перевалка СПГ на конвенционные газовозы для его последующей доставки в страны АТР через Суэцкий канал.

В 2013 г. по итогам рассмотрения предложений на постройку газовозов, которые представили семь ведущих верфей мира, победителем тендера была признана корейская судостроительная верфь Daewoo Shipbuilding & Marine Engineering. С верфью было подписано соглашение, которое предусматривало постройку 16 газовозов, а также устанавливало их предварительную стоимость, график строительства и поставки. Кроме того, верфь DSME взяла на себя обязательство предоставить российскому судостроительному заводу необходимые компетенции для строительства газовозов, включая передачу проектной и иной технической документации, а также возможность обучения российских инженеров и рабочих и передачи части работ на субподряд российскому производителю. Соглашение о строительстве газовозов было заключено между DSME и «Ямал СПГ», однако допускается возможная передача права собственности на новые газовозы сторонним компаниям-перевозчикам. Для выбора компании-перевозчика ОАО «Ямал СПГ» был проведен международный тендер с участием восьми ведущих судовладельцев, имеющих соответствующий опыт и квалифицированных в качестве операторов танкеров-газовозов СПГ. В результате конкурсного отбора был сформирован шорт-лист, в который вошли ПАО «Совкомфлот», «Teekay» (Канада) в партнерстве с «CLNG» (Китай) и «MOL» (Япония) в партнерстве с «CSLNG» (Китай).

Пилотный газовоз, предназначенный для «Совкомфлота», был спущен на воду в начале 2016 г., поставка его намечена на первый квартал 2017 г. Судно является уникальным по техническим характеристикам, оно не имеет аналогов в мире: его длина составляет 299 м, ширина — 50 м, высота борта от киля — 26,5 м, осадка в грузу — 11,8 м, дедвейт — 80 200 т, эксплуатационная скорость на чистой воде — 19,5 уз; пропульсивный комплекс включает три винто-рулевых колонки типа «Азипод» общей мощностью 45 мВт, что сопоставимо с мощностью атомного ледокола типа «Россия» (55 мВт). Судно будет двойного действия, т. е. плавать на чистой воде и в тонких льдах носом вперёд, а в толстых льдах и при наличии ледяных торосов — кормой вперёд. Судно будет иметь ледопроходимость в сплошном льду толщиной до 2,1 м. Грузовая система усиленного мембранного типа гарантирует безопасную транспортировку газа в сложных ледовых условиях Арктики. Проект газовоза разработан финской фирмой «Aker Arctic Technology» при участии Американского бюро судоходства. О контракте на строительство газовозов по проекту «Ямал СПГ» компанией «Teekay» было объявлено в 2014 г. В соответствии с соглашением совместное предприятие компаний «Teekay LNG» и «China LNG» построит на верфи DSME шесть газовозов грузовместимостью по 172 000 куб. м ледового класса Arc7, общей стоимостью примерно 2,1 млрд долл., поставка судов будет осуществляться в 2018 – 2020 гг. [14]. В 2014 г. также совместным пред-

приятием компаний MOL и China Shipping (Group) подписан контракт с верфью DSME на строительство трех таких газовозов.

Проект «Арктик СПГ». Этот проект является вторым СПГ-проектом НОВАТЭКа, завод по которому планируется построить на Гыданском п-ве. Газ для сжижения будет поступать с Салмановского (Утреннего) и Геофизического нефтегазоконденсатных месторождений.

Салмановское (Утреннее) месторождение было открыто в 1980 г. По величине извлекаемых запасов является крупнейшим месторождением, открытым на Гыданском п-ве. Доказанные запасы месторождения по стандартам SEC на конец 2014 г. составляют 259,8 млрд куб. м газа и 9,6 млн т жидких углеводородов. Геофизическое нефтегазоконденсатное месторождение, расположенное в средней части Гыданского п-ва на побережье Обской губы, было открыто в 1975 г. Доказанные запасы месторождения по стандартам SEC на конец 2014 г. составляют 125,6 млрд куб. м газа и 0,4 млн т жидких углеводородов. Эти месторождения, а также Северо-Обский лицензионный участок осваивают принадлежащие НОВАТЭКу ООО «Арктик СПГ 1», «Арктик СПГ 2» и «Арктик СПГ 3», которым предоставлено право на экспорт СПГ.

Технологическая концепция завода СПГ определяется совместно с немецкой компанией «Linde». Начало строительства завода запланировано на 2018 г. Первую очередь завода мощностью 5,5 – 6 млн т планируется построить и ввести в эксплуатацию в 2018 – 2022 гг., вторую и третью очереди такой же мощности — соответственно в 2019 – 2024 гг. и в 2020 – 2025 гг.

Штокмановский проект. Штокмановское газоконденсатное месторождение было открыто в 1988 г. Оно расположено в центральной части российского сектора Баренцева моря, примерно в 600 км к северо-востоку от Мурманска. Глубина моря в этом районе колеблется от 320 до 340 м. Запасы месторождения составляют 3,9 трлн куб. м газа и 56 млн т газового конденсата.

Добыча газа на Штокмановском месторождении предполагается с помощью подводных комплексов и плавучих производственных платформ с возможностью их быстрого отсоединения и эвакуации с траектории движения айсбергов в случае их появления. Добытый газ планируется доставлять по подводным магистральным трубопроводам на берег в район пос. Териберка Мурманской области, где будут построены завод по производству СПГ мощностью 7,5 млн т в год, портовый транспортно-технологический комплекс и другие производственные объекты. Перевозить СПГ потребителям предполагается на газовозах вместимостью от 150 до 220 тыс. куб. м. Всего для перевозки СПГ потребуется до 23 таких судов. Однако в начале 2010 г. Газпром объявил о переносе сроков добычи газа на месторождении, а в 2012 г. разработку месторождения отложили вследствие больших расходов.

Проект «Балтийский СПГ». Этот проект нацелен на европейские рынки, а также страны Латинской Америки. Кроме того, планируется использование продукции завода для газоснабжения Калининградской области и для обслуживания рынка бункеровки и осуществления малотоннажных поставок на Балтике. Ресурсная база проекта — месторождения Ямала и Надым-Пур-Тазовского региона. Мощность СПГ-завода с двумя технологическими линиями составит 10 млн т в год с возможностью расширения до 15 млн т в год. Завод будет построен в районе морского порта Усть-Луга. Газ на завод будет поступать из Единой системы газоснабжения России, что гарантирует бесперебойность поставок. Выпуск продукции планируется начать в конце 2018 г. Компанией-оператором проекта является ООО «Газпром СПГ Санкт-Петербург».

Проект «Владивосток СПГ». Проект предполагает строительство в районе г. Владивостока завода по производству СПГ мощностью не менее 15 млн т в год. Первую линию мощностью 5 млн т в год планируется ввести в 2018 г. Ресурсной базой для завода станет газ Сахалинского (проект «Сахалин-3»), Якутского и Иркутского центров газодобычи.

Регазификационный терминал СПГ в Калининградской области. Получение природного газа морским транспортом значительно повысит энергетическую безопасность Калининградской области. На побережье Балтийского моря Газпром построит регазификационный терминал СПГ, который будет подключен к существующему газопроводу в районе Калининградского подземного хранилища газа, что даст возможность направлять газ как потребителям области, так и закачивать

его в подземное хранилище. Производительность терминала составит не менее 9 млн куб. м газа в сутки. Планируется, что уже в конце 2017 г. терминал сможет принять первую партию СПГ. В качестве источника СПГ на начальном этапе рассматривается внешний рынок, затем его заменит газ проекта «Балтийский СПГ», первую очередь которого планируется ввести в эксплуатацию в конце 2018 г.

Проекты ПАО «НК «Роснефть»». Нефтяная компания «Роснефть» является третьим производителем газа в РФ. В 2015 г. добыча газа НК «Роснефть» составила 62,54 млрд куб. м (20 % в общей добыче углеводородов).

С целью монетизации газа проекта «Сахалин-1» и собственных шельфовых месторождений НК «Роснефть» в районе о. Сахалин планирует реализацию проекта «Дальневосточный СПГ», в том числе строительство завода СПГ, производительность первой очереди которого составляет 5 млн т в год, а также морского порта отгрузки СПГ и сопутствующей инфраструктуры [9].

В декабре 2015 г. было завершено создание совместного предприятия с группой «Алтек» с целью формирования нового центра газодобычи в Ненецком автономном округе, в рамках которого предполагается разработка Кумжинского и Коровинского месторождений, строительство завода СПГ и сопутствующей инфраструктуры, — проект «Печора СПГ».

Суда-газовозы СПГ ПАО «Совкомфлот». Российской компанией, эксплуатирующей суда для перевозки сжиженного природного газа, является ПАО «Совкомфлот», занимающее второе место в мире по размеру флота танкеров-газовозов СПГ с ледовым классом. Как отмечалось ранее, «Совкомфлотом» в 2007 – 2008 гг. для перевозки СПГ в рамках проекта «Сахалин-2» были построены газовозы *Grand Elena* и *Grand Aniva*.

В 2008 г. Совкомфлот в консорциуме с японской компанией «NYK Line» построил два газовоза: *Tangguh Batur* и *Tangguh Towuti*, грузовместимостью по 145 700 куб. м каждый, которые работают в рамках проекта Tangguh на перевозках СПГ из Индонезии в Китай.

В 2014 г. «Совкомфлот» на верфи STX Offshore & Shipbuilding (Южная Корея) построил два газовоза: *Великий Новгород* и *Псков* грузовместимостью около 170 000 куб. м ледового класса Ice2, которые используются на перевозках СПГ дочерней компанией ПАО «Газпром» — «Gazprom Marketing & Trading» на условиях долгосрочного тайм-чартера. Суда имеют дизель-электрическую энергетическую установку, работающую на трёх типах топлива, и комплекс оборудования для работы в условиях низких температур.

В 2015 г. «Совкомфлот» построил два аналогичных судна: *SCF Melampus* и *SCF Mitre*, которые работают в рамках долгосрочных тайм-чартеров с компанией «Royal Dutch Shell».

Выводы

1. Международная торговля природным газом в 2015 г. достигла 1 042,4 млрд куб. м. При этом по трубопроводам было транспортировано 704,1 млрд куб. м газа или 67,5 %, а морскими судами в сжиженном состоянии — 338,3 млрд куб. м или 32,5 %.

2. Наблюдается быстрый рост мирового флота судов для перевозки СПГ. В начале 2016 г. этот флот включал 427 судов суммарной грузовместимостью 62,41 млн куб. м. В портфеле заказов судостроительных верфей находились еще 157 судов суммарной грузовместимостью 24,94 млн куб. м.

3. Россия занимает второе место в мире по запасам природного газа — её запасы оцениваются 32,3 трлн куб. м (первое место занимает Иран — 34,0 трлн куб. м).

4. В 2015 г. Россия экспортировала 207,5 млрд куб. м газа, что составило 19,9 % мирового экспорта. Россия поставляет природный газ преимущественно по трубопроводу в страны Европы, Турцию, Беларусь и Украину. Доля России в экспорте СПГ на мировом рынке составляет около 4 %. Экспорт СПГ осуществляется с Сахалина.

5. По величине разведанных запасов газа лидером среди нефтегазовых компаний мира является ПАО «Газпром», доля которого в мировых запасах составляет 17 %, в российских — 72 %. Газпром занимает первое место в мире по объему добычи газа и развивает крупные СПГ-проекты: «Сахалин-2», Балтийский СПГ, «Владивосток СПГ», регазификационный терминал в Калинин-

градской области. Реализуется крупнейший российский проект «Ямал СПГ», производство СПГ на котором планируется начать в 2017 г. В настоящее время акционерами ОАО «Ямал СПГ» являются ОАО «НОВАТЭК» — 50,1 %, Total — 20 %, CNPC — 20 % и китайский инвестиционный «Фонд Шелкового Пути» — 9,9 %. В рамках проекта «Ямал СПГ» строится морской порт Сабетта и завод СПГ, включающий три технологические линии, производительностью по 5,5 млн т в год каждая. Развивает газовый бизнес и ПАО «НК «Роснефть»».

6. Российским оператором газовозов СПГ является ПАО «Совкомфлот», которое построило и использует восемь газовозов СПГ, в том числе ледового класса Ice2. Совкомфлот строит пилотный арктический газовоз для вывоза СПГ по проекту «Ямал СПГ» грузовместимостью 170.000 куб. м ледового класса Arc7 на корейской верфи Daewoo Shipbuilding & Marine Engineering. Судно уже спущено на воду и получило название «*Christophe de Margerie*», оно будет нести флаг Кипра; вступление судна в эксплуатацию намечено на I квартал 2017 г.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Агарков С. А.* Экономические региональные особенности морской транспортировки сжиженного природного газа / С. А. Агарков, Г. П. Евдокимов, С. Ю. Козьменко / Геополитика и безопасность. — 2015. — № 2 (30). — С. 73–82.

2. BP Statistical Review of World Energy. — 65th edition. — UK: Pureprint Group Limited, 2016. — 46 p.

3. *Евдокимов Г. П.* Суда для перевозки природного и нефтяных газов российского и мирового флота: монография / Г. П. Евдокимов; Союз рос. судовладельцев, Центр. науч.-иссл. и проектно-конструкт. ин-т мор. флота. — СПб.: ЦНИИМФ, 2009. — 285 с.

4. *Евдокимов Г. П.* Морская транспортировка природного газа: региональный экономический аспект / Г. П. Евдокимов // Северный морской путь: развитие Арктических коммуникаций в глобальной экономике «Арктика-2015»: VI Всероссийская морская научно-практическая конференция: материалы конференции. — Мурманск: Мурманский государств. техн. ун-т, 2015. — С. 34–35.

5. Shipping Statistics and Market Review. — Bremen, Germany: ISL Institute of Shipping Economics and Logistics, 2016. — № 3. — 68 p.

6. DieselFacts: A Technical Customer Magazine of MAN Diesel & Turbo. — Peter Dan Petersen, MAN Diesel & Turbo, 2015. — № 3. — 12 p.

7. ME-GI Dual Fuel MAN B&W Engines. A Technical, Operational and Cost-effective Solution for Ships Fuelled by Gas. — Copenhagen, Denmark: MAN Diesel. — 24 p.

8. Teekay [Электронный ресурс]: Официальный сайт. — Режим доступа: www.teekaylng.com (дата обращения — 10.10.16).

9. Стабильность. Технологии. Развитие. Годовой отчет 2015. — ПАО «НК «Роснефть», 2016. — 291 с.

10. Многополярная энергия. Годовой отчет ПАО «Газпром» за 2015 год. — ПАО «Газпром», 2016. — 250 с.

11. *Евдокимов Г. П.* Россия на пути освоения месторождений природного газа: создание флота газовозов / Г. П. Евдокимов, И. И. Костылев // Транспорт Российской Федерации. — 2012. — № 1 (38). — С. 62–65.

12. Отчет об устойчивом развитии компании «Сахалин Энерджи» за 2015 год. — Сахалин Энерджи Инвестмент Компани Лтд., 2016. — 182 с.

13. Устойчивость. Рост. Трансформация. НОВАТЭК. Годовой отчет 2015. — ОАО «НОВАТЭК». — 108 с.

14. Mitsui O.S.K. Lines, Ltd. [Электронный ресурс]: Официальный сайт. — Режим доступа: www.mol.co.jp (дата обращения –12.10.16).

THE DEVELOPMENT OF LNG LIQUEFIED NATURAL GAS TO MEET THE DEMAND OF THE WORLD MARKET. RUSSIAN PROJECTS OF LIQUEFIED NATURAL GAS

According to the latest data the reserves, exports and imports of natural gas by countries are shown. The worldwide transportations of liquefied natural gas are presented. The structure of the global LNG fleet is shown and the development of LNG carriers is highlighted. The development of power plants LNG carriers is considered. LNG carriers equipped for long-term operation at low temperatures and in ice conditions are presented. The first place in the World on the size of the fleet of LNG carriers with high ice class is occupied a Greek company Dynagas;

its LNG carrier "Ob River" first went through the Northern sea route. LNG carriers with re-gasification installations are highlighted. Prices of different LNG carriers are given. Russian LNG projects "Sakhalin-2", "Baltic LNG", "Vladivostok LNG", regasification terminal in the Kaliningrad region being developed by PJSC "Gazprom" are shown. The LNG projects "Yamal LNG" and "Arctic LNG" being developed by JSC "NOVATEK" are shown. The development of LNG projects of PJSC "OC "Rosneft" is shown. The fleet of LNG carriers of Russian PJSC "Sovcomflot" is shown. For this fleet the pilot LNG carrier was launched according to the Yamal LNG project. Evolution of the LNG-carriers is motivated by the development of new gas fields and expansion of gas production of already existing ones. LNG market formation is predetermined by the gas basin geography. The key basins are the Pacific Ocean and the Atlantic Ocean. Greater gas volumes are supplied by the Middle East. The article analyses the information regarding the OPEC-countries as the volume of production in these countries predetermines the transportation directions. Such countries as Iran, Russia, Catarrh, Turkmenistan and Middle East countries possess most capacious gas reserves in global terms. However, production volumes do not necessarily mean that all the gas is exported – as can be illustrated by Saudi Arabia and Iran which mostly consume the produced gas inside the countries.

Keywords: Liquefied natural gas, transportation, LNG carriers, power plants, Russian LNG projects.

REFERENCES

1. Agarkov, S. A., G. P. Evdokimov, and S. Ju. Kozmenko "Jekonomicheskie regionalnye osobennosti morskoj transportirovki szhizhennogo prirodnogo gaza." *Geopolitika i bezopasnost* 2(30) (2015): 73–82.

2. *BP Statistical Review of World Energy*. 65th edition. UK: Pureprint Group Limited, 2016.

3. Evdokimov, G. P. *Suda dlja perevozki prirodnogo i neftjanyh gazov rossijskogo i mirovogo flota: monografija*. SPb.: CNIIMF, 2009.

4. Evdokimov, G. P. "Morskaja transportirovka prirodnogo gaza: regionalnyj jekonomicheskij aspect." *Severnyj morskoj put: razvitie Arkticheskih kommunikacij v globalnoj jekonomike «Arktika-2015»: VI Vserossijskaja morskaja nauchno-prakticheskaja konferencija: materialy konferencii*. Murmansk: Murmanskij gosudarstvennyj tehnicheskij universitet, 2015: 34–35.

5. *Shipping Statistics and Market Review*. Bremen, Germany: ISL Institute of Shipping Economics and Logistics, 2016. № 3.

6. *DieselFacts: A Technical Customer Magazine of MAN Diesel & Turbo*. Peter Dan Petersen, MAN Diesel & Turbo, 2015. № 3.

7. *ME-GI Dual Fuel MAN B&W Engines. A Technical, Operational and Cost-effective Solution for Ships Fuelled by Gas*. Copenhagen, Denmark: MAN Diesel.

8. Teekay. Web. 10 Oct. 2016 <www.teekaylng.com>.

9. *Stabilnost. Tehnologii. Razvitie. Godovoj otchet 2015*. PAO "NK "Rosneft"", 2016.

10. *Mnogopoljarnaja jenergija. Godovoj otchet PAO «Gazprom» za 2015 god*. PAO «Gazprom», 2016.

11. Evdokimov, G. P., and I. I. Kostylev. "Russia on the way to gas field development: building a gas carrier fleet." *Transport of the Russian Federation. A magazine of science, economy and practice* 1(38) (2012): 62–65.

12. *Otchet ob ustojchivom razvitii kompanii "Sahalin Jenerdzhi" za 2015 god*. Sahalin Jenerdzhi Investment Kompani Ltd., 2016.

13. *Ustojchivost. Rost. Transformacija. NOVATEK. Godovoj otchet 2015*. OAO "NOVATEK".

14. Mitsui O.S.K. Lines, Ltd. Web. 12 Oct. 2016 <www.mol.co.jp>.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Костылев Иван Иванович —
доктор технических наук, профессор.
ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени
адмирала С. О. Макарова»
kostylevii@gumrf.ru
Евдокимов Геннадий Павлович —
кандидат технических наук,
зав. лабораторией морской техники.
ЦНИИМФ
gp _yevdokimov@list.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Kostylev Ivan Ivanovich —
Dr. of Technical Sciences, professor.
Admiral Makarov State University
of Maritime and Inland Shipping
kostylevii@gumrf.ru
Evdokimov Gennadij Pavlovich —
PhD, Head of the laboratory.
CNIIMF
gp _yevdokimov@list.ru

Статья поступила в редакцию 24 октября 2016 г.