

С.С. Кубрин, С.Н. Решетняк, А.А. Алешин

АКТУАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТРАНСПОРТИРОВКИ ЖИДКИХ УГЛЕВОДОРОДОВ С МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА АРКТИЧЕСКОМ ШЕЛЬФЕ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Рассмотрены вопросы обеспечения транспортировки жидких углеводородов с месторождений на Арктическом шельфе Российской Федерации. Выделены и систематизированы основные проблемы, связанные с безопасностью плавания в арктических водах. Проведен анализ существующих путей обеспечения безопасности плавания в Арктическом регионе, проанализированы возможности повышения экономической эффективности арктических месторождений, сформированы предложения по повышению безопасности плавания в арктических водах, а также росту экономической эффективности арктических месторождений жидких углеводородов на шельфе. Обоснована актуальность разработки автоматизированной системы по определению оптимального маршрута судна во льдах на основе карт ледовых прогнозов.

Ключевые слова: Арктика, шельф, оптимизация транспортировки, ледовое плавание, перевозки нефти, безопасность плавания, экономическая эффективность, автоматизированные системы, электронная картография.

DOI: 10.25018/0236-1493-2018-5-0-158-164

Бурное развитие нефтегазовой отрасли в арктическом регионе континентального шельфа Российской Федерации ставит новые задачи по организации безопасной и эффективной транспортировки сырья из труднодоступных регионов в районы с более развитой транспортной инфраструктурой. В соответствии с утвержденной указом Президента Российской Федерации от 27 июля 2001 г. «Морской доктриной РФ на период до 2020 года» в качестве одного из главных региональных направлений национальной морской политики выделено Арктическое. Основу национальной политики на данном направлении составляет соз-

дание условий для деятельности российского флота в Баренцевом, Белом и других арктических морях, на трассе Северного морского пути. Национальная политика также включает в себя исследование и освоение Арктики с ориентацией на развитие экспортных отраслей хозяйства, учет оборонных интересов государства при разведке и разработке запасов биоресурсов и минерального сырья в исключительной экономической зоне и на континентальном шельфе. Государственная программа Российской Федерации «Социально-экономическое развитие Арктической зоны Российской Федерации на период до 2020 года»,

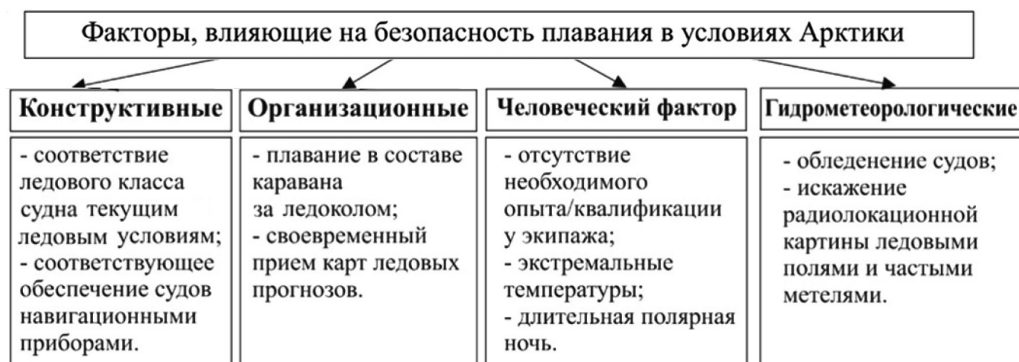


Рис. 1. Факторы, влияющие на безопасность плавания в условиях Арктики

Fig. 1. Factors influence navigation safety in the Arctic

принятая Правительством Российской Федерации 21 апреля 2014 г., предусматривает мероприятия по изучению и освоению ресурсов Арктики, модернизацию и развитие инфраструктуры арктической транспортной системы, создание современной информационно-телекоммуникационной инфраструктуры. Соответственно, решение задачи по обеспечению транспортировки углеводородного сырья с арктического шельфа имеет актуальное геополитическое, стратегическое и экономическое значение [1, 2, 3].

Одной из важнейших задач обеспечения промышленной разработки нефтяных месторождений в шельфовой зоне является создание технологии транспортировки углеводородного сырья, как в техническом, так и в организационном плане. Географические особенности береговых и шельфовых районов арктических морей Российской Федерации делают весьма сложной, опасной, неэффективной и дорогостоящей перекачку нефти по трубопроводу, поэтому предпочтение в арктическом регионе отдается танкерному флоту [4, 5, 6].

Объемы отгружаемых жидких углеводородов морем с арктического шельфа с каждым годом увеличиваются, что требует обратить повышенное внимание вопросам организации их транспортировки. Такие критерии эффективности,

как безопасность плавания, сокращение времени перехода, сохранность груза и экономия топлива дадут суммарный экономический эффект.

Следовательно, обеспечение безопасности плавания и повышение экономической эффективности шельфовых месторождений — основные задачи обеспечения транспортировки жидких углеводородов с российского арктического шельфа [7, 8].

Плавание в арктических водах связано с большим количеством рисков [9]. Помимо типичных для эксплуатации судна в средних широтах факторов, необходимо выделить специфические факторы, влияющие на безопасность плавания в условиях Арктики (рис. 1).

Рассмотрим ряд специфических факторов:

- Несоответствие ледового класса судна текущим условиям может привести к повреждениям льдами корпуса и винторулевого комплекса. Такие повреждения могут привести к остановке, заклиниванию и дрейфу судна во льдах, а также аварийным разливам жидких углеводородов;

- нестабильность работы судовых навигационных приборов в высоких широтах предъявляет дополнительные требования к обеспечению ими судов, совершающих плавание в полярных водах;

- плавание в составе каравана за ледоколом повышает риски столкновения между судами;

- задачи решаемые в настоящее время в Арктике новые для флота, что обуславливает отсутствие необходимого опыта и соответствующей квалификации экипажей;

- обледенение судна ухудшает остойчивость, усложняет проведение грузовых операций, снижает безопасность проведения работ на палубе.

Экономические параметры также имеют важное значение при транспортировке жидких углеводородов с арктического шельфа. С учетом установившихся и прогнозных цен на энергоресурсы добыча нефти и газа в Арктике, освоение которых в этом регионе и ранее было связано со значительными затратами и высокой степенью риска, становится все менее рентабельной и экономически неоправданной [10].

В состав затрат на разработку, освоение и эксплуатацию месторождения входят:

- капитальные затраты;
- эксплуатационные затраты;
- затраты на складирование;
- затраты на транспортировку.

Достаточно большое количество проектов в данное время уже находятся в стадии активной доработки (Южно-Тамбейское, Штокмановское месторождения), а некоторые сданы в эксплуатацию

(Приразломное, Новопортовское месторождения), поэтому возникает необходимость повышения экономической эффективности арктических месторождений иными путями, помимо снижения затрат на их разведку и освоение [11]. Одним из путей повышения рентабельности месторождения становится минимизация затрат на транспортировку жидких углеводородов от места добычи до порта разгрузки. Основные направления развития исследований для достижения этой цели:

- создание логистических схем (использование перевалочных пунктов, судов различной грузоподъемности);
- снижение затрат на элементах логистической схемы (переоборудование уже имеющихся судов вместо строительства новых);
- оптимизация маршрута судна с целью минимизации затрат.

Перечисленным исследованиям, в настоящее время, занимается ряд отечественных и зарубежных исследователей, в том числе, и под патронажем международной морской организацией ИМО. Одним из направлений таких исследований, которые успешно решаются, является автоматизированная оценка риска (risk assessment) на судне и выполнения требований, предъявляемых СУБ (Система управления безопасностью) компании к безопасности на борту.

Для повышения уровня безопасности плавания в Российской Федерации



Рис. 2. Танкер арктического класса «Штурман Альбанов»

Fig. 2. Arctic Tanker Shturman Albanov

был разработан и вступил в силу 1 января 2017 г. Полярный Кодекс, который предъявляет повышенные требования к техническому оснащению судов и подготовке экипажей, совершающих плавание в полярных водах. Современные суда, находящиеся в эксплуатации в водах Арктики (в частности, танкер «Штурман Альбанов» (рис. 2)), по ледовому усилению способны совершать самостоятельное плавание в ледовых условиях, что снижает риск столкновения судов при использовании одного ледового канала караваном. Таким образом, требования СУБ, дополненные требованиями Полярного кодекса, являются решением большинства вопросов, которые возникают при транспортировке жидких углеводородов морем в условиях Арктики и снижают воздействие человеческого фактора на безопасность плавания.

Особые условия плавания в арктическом регионе, состоящие главным образом в том, что арктические моря почти весь год покрыты льдами, поэтому предъявляются повышенные требования к планированию перехода и проработке оптимального маршрута. Штурманский состав судна не всегда располагает достаточным временем на основе ледовых прогнозов максимально точно и быстро проработать наиболее оптимальный маршрут перехода судна во льдах. В ситуации острого дефицита времени возникает необходимость в дополнительной мере работы штурмана. Чтобы решить данную задачу, представляется необходимым разработать независимую автоматизированную систему (АС), либо интегрированную в ЭКНИС (Электронно-картографическая навигационно-информационная система), позволяющую на основе карт ледовых прогнозов получить оптимальный и безопасный маршрут перехода. Это значительно упростит процесс подготовки судна к рейсу в ле-

довых условиях, а также позволит сократить время перехода и позволит снизить расход топлива. Также это снизит конфликт интересов — капитану необходимо провести судно во льдах максимально безопасно для судна, груза и экипажа, судовладелец же, зачастую, выдвигает требования к капитану совершить рейс за кратчайшее время для достижения максимальной коммерческой выгоды.

В ситуации, когда обе стороны будут располагать полной информацией о ледовой обстановке и оптимального пути для судна, такого конфликта не возникнет, и судовладелец будет четко представлять, что экипаж судна принимает все возможные меры для скорейшей проводки судна и принесения судовладельцу максимальной прибыли.

В случае создания независимой автоматизированной системы необходимо подробнее рассмотреть способы обработки карт ледовых прогнозов. В настоящее время карты прогнозов на судах зачастую принимаются в виде растровых изображений с помощью аппаратуры ГМССБ (Глобальная морская система связи при бедствии). Некоторые суда частные и коммерческие организации снабжают картами ледовых прогнозов с помощью сети Internet. В обоих случаях, для использования растровых карт в модели необходима их векторизация. Однако, в некоторых случаях карты ледовых прогнозов предоставляют в векторном формате S-57, которые наиболее широко применяемым в электронной картографии, а также специально разработанным ИНО (Международная гидрографическая организация) формате для стандартизации представления данных о льдах S-107. Таким образом, представляется возможным создать автоматизированной системы с совмещенным приемом ледовых прогнозов (Растровые карты и Векторные карты формата S-57/S-107) для определения оптималь-

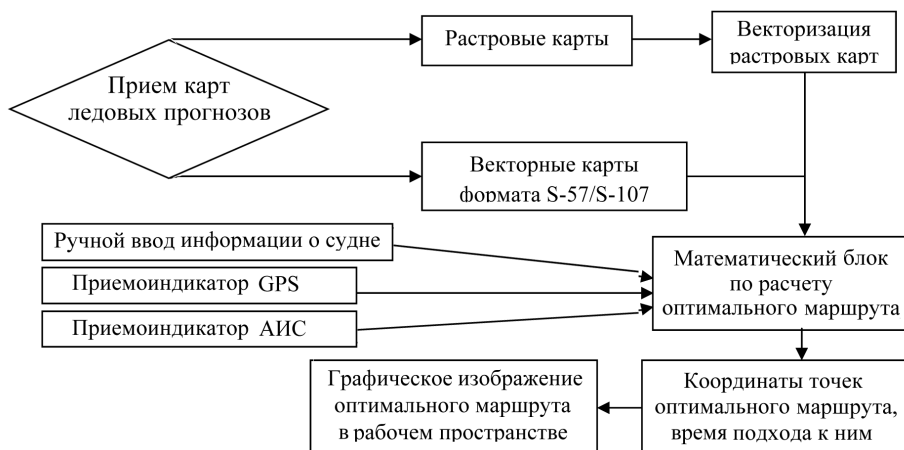


Рис. 3. Структурная схема АС по определению оптимального маршрута судна во льдах
 Fig. 3. Structure of automated system of optimal ship routing in ice-covered area

ного маршрута во льдах. Структурная схема такой автоматизированной системы представлена на рис. 3.

Такие исходные данные, как координаты судна, данные об окружающих судах (их координаты, а также дистанция и время кратчайшего сближения), карты ледовых прогнозов доступны при взаимодействии со следующими системами:

- система GPS (Global Positioning System — система глобального позиционирования);
- система АИС (Автоматическая идентификационная система);
- система ГМССБ (Глобальная морская система связи при бедствии).

Информация о судне (размеры судна, льдопроходимость в соответствии с ледовым паспортом, скорость судна на чистой воде) требует ручного ввода. При формировании оптимального маршрута перехода в математическом блоке предлагается использовать принцип максимума Л.С. Понтрягина. Математическая модель включает в себя присвоение различным участкам ледовых полей соответствующих скоростей для выбранного судна и обозначение ограничений в районе плавания (берега, крупные торосистые образования, мелководья и

навигационные опасности), что позволит получить оптимальный маршрут перехода.

Таким образом, для дальнейшего решения задачи по разработке автоматизированной системы для определения оптимального пути судна в условиях ледового плавания, необходимо разработать математический аппарат по вычислению оптимального маршрута на базе принципа максимума Л.С. Понтрягина.

В заключении следует отметить, что автоматизированная система с совмещенным приемом ледовых прогнозов (Растровые карты и Векторные карты формата S-57/S-107) станет полезным инструментом, разгружающим штурманский состав судна, что позволит снизить риск влияния человеческого фактора на безопасность плавания. Использование автоматизированной системы с совмещенным приемом ледовых прогнозов позволит наиболее полно оценивать ситуацию опасного сближения с судами, прохождению навигационных опасностей и ледовому плаванию. Также это позволит повысить экономическую эффективность арктических месторождений на шельфе, снижая затраты на вывоз жидких углеводородов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Селин В. С. Российская Арктика: Современные проблемы и перспективы развития // *Журнал экономич. реформ.* — 2014. — Т. 3. — № 15. — С. 135–144.
2. Селин В. С. Развитие морских перевозок углеводородов в российской Арктике // *Север и рынок: формирование экономического порядка.* — 2013. — № 2 (33). — С. 38–44.
3. Ветрова Е. Н., Гладышева И. В. Исследование проблем управления рисками освоения запасов углеводородов Арктики в контексте сложившейся геополитической ситуации // *Известия высших учебных заведений. Горный журнал.* — 2015. — № 5. — С. 26–35.
4. Юдин Ю. И., Гололобов А. Н., Степахно А. Г., Барахта А. В. Проблемы обеспечения безопасности судоходства при транспортировке нефтепродуктов в районах Арктического шельфа России // *Вестник МГТУ.* — 2009. — Т. 12. — № 1. — С. 13–16.
5. Дроздов Д. С., Дубровин В. А. Проблемы недропользования и экологии в Российской Арктике // *Научный вестник Ямало-Ненецкого автономного округа.* — 2015. — № 2. — С. 32–38.
6. Марченко Н. А. *Моря Российской Арктики. Условия навигации и происшествия.* — Berlin: Springer-Verlag, 2012. — 293 p.
7. Алешин А. А., Кубрин С. С. Пути повышения экономической эффективности арктических месторождений жидких углеводородов на шельфе / Проблемы освоения недр в XXI веке глазами молодых. Материалы 13 Международной научной школы молодых ученых и специалистов. 21–25 ноября 2016 г. — М.: ИПКОН РАН, 2016. — С. 333–337.
8. Мухарев А. А., Кубрин С. С. Маркшейдерское и навигационное обеспечение разработки твердых полезных ископаемых на шельфе Арктики // *Горный информационно-аналитический бюллетень.* — 2015. — № 8. — С. 106–113.
9. Кулеш В. А., Огай С. А., Войлошников М. В. Безопасность и эффективность эксплуатации судов во льдах // *Морские интеллектуальные технологии.* — 2013. — № 1 (спецвыпуск). — С. 11–20.
10. Riska K. A. Challenges and Possibilities in Arctic Marine Operations / *Marine Transport in the High North*, Novusforlag, 2011. pp. 55–73;
11. Бамбуляк А., Францен Б. *Транспортировка нефти из российской части Баренцева Региона.* Норвежский Баренцев Секретариат и Аквапланнива, Норвегия, 2009. — 97 с. **IVAB**

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Кубрин Сергей Сергеевич¹ — доктор технических наук, профессор, зав. лабораторией,
Решетняк Сергей Николаевич¹ — кандидат технических наук, доцент, НИТУ «МИСиС», старший научный сотрудник, e-mail: reshetniak@inbox.ru,
Алешин Александр Александрович — аспирант, Московская государственная академия водного транспорта,
¹ Институт проблем комплексного освоения недр РАН.

ISSN 0236-1493. Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'. 2018. No. 5, pp. 158–164.

S.S. Kubrin, S.N. Reshetnyak, A.A. Aleshin

CURRENT ISSUES OF LIQUID HYDROCARBON TRANSPORTATION FROM THEIR ACCUMULATIONS ON THE ARCTIC SHELF OF THE RUSSIAN FEDERATION

Production of fluid hydrocarbons on the Arctic Shelf is increasing every year, which calls for the heightened attention to be paid to their transportation. The shelf geography makes pipeline transportation of oil complicated, inefficient and expensive; therefore, tankage is preferred in the Arctic region. Marine freight of hydrocarbons is to ensure safety of cargo and to avoid accidents which can

result in the loss of a ship, fatal mishap or contamination of the environment which is extremely delicate in the Arctic. This article addresses the issues of liquid hydrocarbon transportation from reservoirs on the Arctic Shelf of the Russian Federation. The major problems connected with the safety of polar cruise are identified and systematized. The current methods to ensure safety of navigation in the Arctic region are reviewed, the potential of enhancement of economic efficiency of the Arctic deposits is analyzed, and the proposals are made towards higher safety of polar cruise and enhanced economic efficiency of liquid hydrocarbon reservoirs on the Arctic Shelf. The urgency of an automated system for optimal ship routing in ice-covered areas based on the ice forecast maps is substantiated.

Key words: Arctic, shelf, transport optimization, ice navigation, petroleum transportation, navigation safety, economic efficiency, automated systems, electronic map-making.

DOI: 10.25018/0236-1493-2018-5-0-158-164

AUTHORS

Kubrin S.S.¹, Doctor of Technical Sciences,
Professor, Head of Laboratory,
Reshetnyak S.N.¹, Candidate of Technical Sciences,
Assistant Professor, Mining Institute,
National University of Science and Technology «MISiS»,
119049, Moscow, Russia,
Senior Researcher, e-mail: reshetniak@inbox.ru,
Aleshin A.A., Graduate Student, Moscow State Academy
of Water Transport, 117105, Moscow, Russia,
¹ Institute of Problems of Comprehensive Exploitation
of Mineral Resources of Russian Academy of Sciences,
111020, Moscow, Russia.

REFERENCES

1. Selin V.S. *Chasopis ekonomichnikh reform*. 2014, vol. 3, no 15, pp. 135–144.
2. Selin V.S. *Sever i rynok: formirovanie ekonomicheskogo poryadka*. 2013, no 2 (33), pp. 38–44.
3. Vetrova E.N., Gladysheva I.V. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Gornyy zhurnal*. 2015, no 5, pp. 26–35.
4. Yudin Yu.I., Gololobov A.N., Stepakhno A.G., Barakhta A.V. *Vestnik Murmanskogo Gosudarstvennogo Tekhnicheskogo Universiteta*. 2009, vol. 12, no 1, pp. 13–16.
5. Drozdov D.S., Dubrovin V.A. *Nauchnyy vestnik Yamalo-Nenetskogo avtonomnogo okruga*. 2015, no 2, pp. 32–38.
6. Marchenko N.A. *Morya Rossiyskoy Arktiki. Usloviya navigatsii i proisshestviya* (Sea Of The Russian Arctic. Navigation conditions and accidents) Berlin: Springer-Verlag, 2012. 293 p.
7. Aleshin A.A., Kubrin S.S. *Problemy osvoeniya neдр v XXI veke glazami molodykh. Materialy 13 Mezhdunarodnoy nauchnoy shkoly molodykh uchenykh i spetsialistov*. 21–25 noyabrya 2016 g. (Subsoil Development Problems in the 21st Century in the Eyes of the Young: Proceedings of the 13th International School of Young Scientists and Specialists. 21–25 November 2016), Moscow, IPKON RAN, 2016, pp. 333–337.
8. Mukharev A.A., Kubrin C.S. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. 2015, no 8, pp. 106–113.
9. Kulesh V.A., Ogay S.A., Voyloshnikov M. V. *Morskije intellektual'nye tekhnologii*. 2013, no 1 (special edition), pp. 11–20.
10. Riska K.A. Challenges and Possibilities in Arctic Marine Operations. *Marine Transport in the High North*, Novusforlag, 2011. pp. 55–73;
11. Bambulyak A., Frantsen B. *Transportirovka nefti iz rossiyskoy chasti Barentseva Regiona* (Oil transport from the Russian part of the Barents Region), The Norwegian Barents Secretariat and Akvaplan Niva, Norway, 2009, 97 p.

