

Северный морской транспортный коридор как угроза экологической безопасности Арктики*

И.В. Гурлев¹, А.В. Маслобоев¹, И.Г. Мальгин¹

¹ Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук, г. Санкт-Петербург, Россия

¹¹ Федеральный исследовательский центр «Кольский научный центр Российской академии наук», г. Апатиты, Россия

Аннотация. В работе проведен анализ негативного влияния эксплуатации Северного морского транспортного коридора на экологическую безопасность Арктической зоны России. Транспортная система «Северный морской транспортный коридор», включающая в себя в пределах морских владений России части Баренцево-Евроарктического, Азиатско-Тихоокеанского транспортных коридоров и весь транспортный коридор «Северный морской путь», кроме добывающих предприятий, является еще одним источником угроз экологической безопасности российской Арктики. При этом одним из основных источников постоянного загрязнения Арктической зоны со стороны транспортной системы является загрязнение ее продуктами сгорания судового топлива. Также существенное влияние на экологическую безопасность оказывают сброс судами льяльных вод, производственного и бытового мусора. При работе судовых двигателей происходит шумовое, а в период полярной ночи и световое загрязнение флоры и фауны Северного Ледовитого океана, и другие негативные факторы. В последние годы возникли и нарастают дополнительные угрозы загрязнения акватории Северного Ледовитого океана из-за океанских морских течений, приносящих загрязненные воды из других районов Мирового океана. Рассмотрены методы и средства управления экологической безопасностью Северного морского пути.

Ключевые слова: системный анализ, управление, угроза, экологическая безопасность, Северный морской транспортный коридор, морские суда, источники загрязнения, Арктическая зона.

DOI: 10.14357/20790279220409

Введение

Развитие инфраструктуры транспортной системы «Северный морской транспортный коридор» (СМТК) способствует активному освоению богатств Арктической зоны России. Однако наряду с ростом экономики страны развитие транспортной системы СМТК ведет к усилению ее негативного воздействия на окружающую природную среду Арктики [1].

СМТК в пределах морских владений России включает в себя части Баренцево-Евроарктического, Азиатско-Тихоокеанского транспортных коридоров и весь транспортный коридор «Северный морской путь» (рис. 1).

Для транспортной системы СМТК и, в частности, для Северного морского пути (СМП) характерны высокие риски при судоходстве из-за сложных

ледовых и погодных условий, узких и мелководных проливов, что ведет к увеличению продолжительности рейсов судов и, следовательно, к увеличению объемов сгораемого топлива; увеличению выбросов в атмосферу оксидов серы и азота, сажи и других вредных веществ; ускорению таяния ледового покрова; загрязнению акватории северных морей нефтесодержащими продуктами и бытовыми отхода-



Рис. 1. Северный морской транспортный коридор

* Работа выполнена в соответствии с государственным заданием ИИММ КНЦ РАН (НИР № FMEZ-2022-0023), ИПЭС КНЦ РАН (НИР № FMEZ-2022-0010) и ИПТ РАН (НИР № FFSZ-2019-0004).

Табл. 1

Количество выданных разрешений на проход судов по СМП

Год	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Количество выданных разрешений (без учета их продления)	635	631	715	718	662	792	799	1014	1229

ми; увеличению шумового и светового загрязнения, что наносит непоправимый вред морской флоре и фауне Арктической зоны России.

С целью снижения экологических рисков загрязнения окружающей среды при мореплавании по СМТК применяются правила и различные методы нормативно-правового регулирования, организационно-технических мероприятий, технического и технологического обеспечения и т.д. [2]. Мероприятия по обеспечению экологической безопасности Арктической зоны России регламентируются государственными законодательными и другими директивными документами [3- 5].

Рост числа рейсов судов по СМТК, связанных с добычей углеводородного сырья и других видов полезных ископаемых, экспортными и импортными грузоперевозками, доставкой грузов для снабжения северных районов страны, арктическим туризмом и т.д., повышают риск загрязнения природной среды Арктики, которая пока менее загрязнена, чем другие морские и сухопутные районы мира [6, 7].

В табл. 1 приведены данные о количестве выданных ФГБУ «Администрация Северного морского пути» разрешений для прохода судов по Северному морскому пути (СМП) от Анадыря до Мурманска за период 2013-2021 гг., которые свидетельствуют о росте почти в два раза числа рейсов российских и иностранных судов в северных морях Арктической зоны России [8].

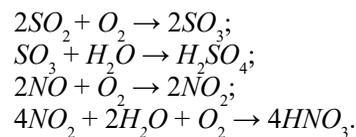
1. Анализ источников угроз экологической безопасности

Рассмотрим основные виды загрязнений, являющихся источниками угроз экологической безопасности Арктической зоны России, от морских судов по маршрутам транспортной системы СМТК.

Выбросы в атмосферу загрязняющих веществ при работе судовых двигателей. Основной угрозой экологической безопасности Арктической зоны России и Северного Ледовитого океана со стороны транспортной системы является их загрязнение продуктами сгорания судового дизельного топлива, проходящими по СМТК судами.

При сжигании судового дизельного топлива самыми вредными являются оксиды серы (SO_2 , SO_3), оксиды азота (NO , NO_2) и сажа (С), которые

выбрасываются в атмосферу, оказывая существенное негативное влияние на экологическую безопасность Арктики. Оксиды серы и азота в результате реакции с влагой атмосферы, превращаются в кислотные дожди (дождь, дождь со снегом, снег, град, туман) из слабо концентрированных серной и азотной кислот, делая воду подкисленной [9]:



Так, например, одно морское транспортное судно (танкер, сухогруз), имеющее средние размеры, при благоприятных условиях навигации по СМТК сможет расходовать в среднем 33 тонны топлива в сутки и за 26 суток, необходимых для прохождения расстояния от Мурманска до Анадыря, израсходует 858 тонн топлива [10].

Используя данные об удельных выбросах вредных веществ в атмосферу свободно горящего дизельного топлива (ввиду отсутствия данных о качественных характеристиках работы двигателей всех судов, проходящих ежегодно по СМТК), можно ориентировочно определить количество выбросов вредных веществ при сгорании всего судового топлива в течение одного года.

Основная формула для ориентировочного расчета количества вредных веществ, выброшенных в атмосферу:

$$M = m_i \times G,$$

где М – масса загрязняющего вещества, выброшенного в атмосферу;

m_i – удельный выброс загрязняющего вещества на единицу массы сгоревшего дизельного топлива;

G – масса сгоревшего дизельного топлива.

С учетом значений удельных выбросов вредных веществ для дизельного топлива, где $m(SO_2) = 0,0047$ т/т; $m(NO_2) = 0,0261$ т/т; $m(\text{сажа}) = 0,0129$ т/т [11], получаем ориентировочное количество данных вредных веществ, выброшенных в атмосферу Арктической зоны России при проходе морскими судами по СМТК от Мурманска до Анадыря за каждую навигацию, в период 2013-2021 гг. (табл. 2).

Вредные выбросы от сжигания топлива, накапливаясь постепенно в живых организмах, при-

водят к деградации биологических ресурсов и в целом всей пищевой цепочки вплоть до человека. Кислотные дожди становятся причиной развития респираторных заболеваний: воспаления бронхов и легких, бронхиальной астмы и других. Заболевания дыхательной системы являются доминирующими в структуре заболеваний членов экипажей морских судов, регулярно курсирующих по СМТК [12-15].

Сажа, образующаяся при сжигании судового топлива, оседая на лед, приводит к более быстрому таянию ледяного покрова Арктики. В свою очередь, талая пресная вода изменяет химический состав морской воды, делает ее более пресной, что оказывает негативное влияние на среду обитания, продолжительность жизни и репродуктивность морских обитателей, приспособленных к другому составу океанской воды [16-19].

Одним из путей соблюдения мер по снижению выбросов серы является отказ от высокосернистого судового дизельного топлива. В случае использования менее качественного по своему составу топлива возможно принятие альтернативных технических решений, например, оборудование судов системами очистки выхлопных газов (скрубберы). Другим вариантом может быть использование альтернативных видов топлива, например, сжиженного природного газа, биодизельного и других [20].

В настоящее время самыми экологически чистыми судами на СМТК являются атомные ледоколы. С 1959 года – момента начала эксплуатации атомного ледокола «Ленин» и до настоящего времени, т.е. на протяжении более 60 лет, не было ни на одном российском атомном ледоколе ни одной ядерной аварии или аварийной ситуации, выбросов радиоактивных продуктов сверх допустимых пределов в окружающую среду Арктики, а также происшествий, связанных с облучением персонала при эксплуатации судовых реакторных установок [21].

Разливы нефти и нефтепродуктов. К другим опасным источникам загрязнения морей Арктической зоны России следует отнести возможные

разливы нефтепродуктов при бункеровке и разливы судового топлива при авариях судов на трассе СМТК. Анализ наиболее известных аварий судов, приведших к катастрофическим нарушениям экологического равновесия в конкретных районах, показывает, что основными причинами аварий явились сложные условия навигации и человеческий фактор. Применение спутниковых и других систем слежения за судами в Арктике в целом и на СМТК, в частности, позволит значительно снизить угрозы экологической безопасности при судоходстве [22].

Судоходство по СМТК характеризуется экстремальными климатическими условиями, влияющими на безопасность мореплавания в северных морях: крайне низкие температуры воздуха – до минус 50°C; высокая влажность воздуха – до 90%; обледенение судов; штормовые ветры до 40 м/сек; сильные туманы; наличие ледовых полей; магнитные бури. В таких условиях высоки риски повреждений и столкновений судов, что может привести к их затоплению, к выбросу топлива и нефтепродуктов, сточных вод, различного мусора и загрязнению окружающей среды. В последнее время в связи с потеплением и сокращением ледовых полей наблюдается тенденция использования в Арктике судов неледокольного класса, что повышает риск аварий, разлива нефтепродуктов и судового топлива. В табл. 3 приведены данные проведенного авторами анализа о чрезвычайных происшествиях в 2015-2020 гг. с российскими судами по маршруту СМТК, связанные с разливом топлива [23].

Как следует из табл. 3 на СМТК не было ни одного катастрофического загрязнения нефтепродуктами и судовым топливом вод Северного Ледовитого океана даже близко сравнимого с аварией нефтетанкера «Эксон Вальдез» вблизи Аляски (США) в 1989 г., когда объем утечки нефти по опубликованным данным составил более 40 миллионов литров, а операция по уборке масляного пятна оценивалась в более чем 2,5 миллиарда долларов.

Табл. 2

Количество вредных выбросов при сгорании судового дизельного топлива при проходе судов от Мурманска до Анадыря

Год	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Количество судов	635	631	715	718	662	792	799	1014	1229
Топливо (тонн)	544830	541398	613470	616044	567996	679536	685542	870012	1054482
Оксид серы (тонн)	2560,7	2544,6	2883,3	2895,4	2669,6	3193,8	3222,0	4089,0	4956,0
Оксид азота (тонн)	14220,0	14130,5	16011,6	16078,7	14824,7	17735,9	17892,6	22707,3	27522,0
Сажа (тонн)	7028,3	6984,0	7913,8	7947,0	7327,1	8766,0	8843,5	11223,2	13602,8

Табл. 3

Чрезвычайные происшествия в 2015-2020 гг. с российскими судами на СМТК, связанные с разливом топлива

2015	2016	2017
<p>1. 02.04.2015 на промысле в Охотском море в 160 милях к югу от порта Магадан потерял остойчивость и затонул большой автономный траулер морозильного типа (БАТМ) «Дальний Восток» (ООО «Магеллан»). Из 132 членов экипажа 69 человек погибли.</p> <p>2. 08.10.2015 в Южно-Курильском проливе приемно-транспортный рефрижератор (ПТР) «Рубиновый» обнаружил обломки и плавающие вещи РШ «РСЮ 98-33» (ООО «Андромеда»). Экипаж РШ «РСЮ 98-33» 3 человека пропали без вести. Судно, предположительно, затонуло.</p> <p>3. 17.10.2015 в Тихом океане (Первый Курильский пролив) перевернулся т/х «Парамушир» (ООО «Сахморфлот»). 4 члена экипажа из 5 пропали без вести. Одного члена экипажа удалось спасти. Судно, предположительно, затонуло.</p>	<p>1. 07.07.2016 в Татарском проливе произошло опрокидывание маломерного рыболовного судна «МИРОСЛАВА». Экипаж в количестве 4 человек был снят с днища перевернутого судна и доставлен в п. Советская Гавань. Судно затонуло.</p>	<p>1. 21.07.2017 в 02:25 в бухте Ольга Японского моря, в районе морского терминала Светлое Приморского края т/х «МБ-348» (ОАО «Приморские лесопромышленники») во время проведения буксирной операции перевернулся и затонул.</p>
2018	2019	2020
<p>1. 25.01.2018 в 06:56 в Японском море без вести пропал рыболовное морозильное судно (РМС) «ВОСТОК» (ООО «ДВ-Флот», г. Невельск) и 20 членов экипажа. Поисково-спасательная операция не привела к положительному результату. Судно, предположительно, затонуло.</p> <p>2. 13.09.2018 в 09:00 местного времени в море Лаптевых буксир «МАЛАХИТ» (АО «Ханганский морской торговый порт») столкнулся с самоходной баржей ТМИ-3. Б/к «Малахит» перевернулся и затонул.</p> <p>3. 09.11.2018 в 08:33 в Охотском море на плавбазе (ПБ) «ДАЛЬМОС» наблюдали в 6 милях под берегом, как т/х «АНАТОЛИЙ КРАШЕНИННИКОВ» (судовладелец ИП), шедший с большим креном, затонул. Спасены 10 человек из 13 членов экипажа.</p>	<p>1. 10.11.2019 в 11.30 (мск) в Японском море перевернулось рыболовное маломерное судно «СИВУЧ» (ООО «Магаданская База Тралового Флота»). Экипаж 2 чел. Без вести пропавших – 1 человек. Спасенных – 1 человек.</p>	<p>1. 21.01.2020 в 02:20 на промысле в Охотском море возник пожар на рыболовном траулере морозильщике супер (РТМС) «ЭНИГМА АСТРАЛИС» (ООО Дальневосточная промысловая компания). Весь экипаж был пересажен на плавбазу «ВСЕВОЛОД СИБИРЦЕВ». 25.01.2020 РТМС «ЭНИГМА АСТРАЛИС» затонуло.</p> <p>2. 07.06.2020 в 02:54 в Татарском проливе при буксировке аварийная рыболовная шхуна (РШ) «НАДЕЖДА-1» в порт Советская Гавань затонула.</p> <p>3. 07.07.2020 в 06:05 в Уссурийском заливе Японского моря в районе мыса Вятлина острова Русский малый рыболовный сейнер (МРС) «АТЛАНТ-2» (ООО «Атлант», г. Владивосток) затонул.</p> <p>4. 03.09.2020 в 16.25 (мск) в Японском море судно на подводных крыльях (СПК) «ЧЕРНОМОРЕЦ-34» (Славянский СРЗ) штормом выбросило на берег Уссурийского залива, бухта Теляковского. Машинное отделение затоплено.</p> <p>5. 03.10.2020 в 06.20 (мск) в Карском море, в 15 метрах от берега (район мыса Челюскин) при попытке отвести самоходную баржу ББР 26-30 от берега буксир «АДМИРАЛ КОЛЧАК» (судовладелец ИП) в штормовых условиях плавания выбросило на берег. Баржа ББР 26-30 затонула.</p> <p>6. 28.12.2020 в 04:12 в Баренцевом море рыболовное судно «ОНЕГА» (РК им. М. И. Калинина) затонуло.</p>

Сброс судовых отходов в море. Судовые отходы образуются в процессе штатной эксплуатации судна и делятся на отходы, связанные с эксплуатацией судна, и грузовые отходы, которые подлежат постоянному или периодическому удалению [24].

К эксплуатационным судовым отходам относятся: нефтесодержащие льяльные воды; нефтесодержащие твердые отходы; сточные воды; бытовые отходы (пищевые, твердые и т.д.); отработанные масла.

Под грузовыми отходами подразумеваются загрязненные балластные воды или балластные воды из других районов; промывочные воды для мытья емкостей/цистерн; остатки грузов; остатки сепарационных материалов и крепежа.

В связи с принятием в январе 2017 г. Международного кодекса для судов, эксплуатируемых в полярных водах (Полярный кодекс) все суда должны придерживаться «нулевого сброса», то есть предотвращать любой возможный сброс нефтесодержащих и сточных вод в Северный Ледовитый океан, что на практике сложно выполнить.

Сброс в море сточных вод также запрещается, кроме следующих случаев:

- когда судно сбрасывает предварительно измельченные и обеззараженные сточные воды, используя систему для измельчения и обеззараживания, на расстоянии более 3 морских миль от ледового припая или многолетнего льда, а также на максимально возможном удалении от морских акваторий;
- когда судно сбрасывает неизмельченные и необеззараженные сточные воды на расстоянии более 12 морских миль от ледового припая или многолетнего льда, а также на максимально возможном удалении от морских акваторий.

Сброс же измельченных и обеззараженных сточных вод в Арктике должен осуществляться на расстоянии не менее 25 морских миль от ближайшего берега или скопления льда. Сброс неизмельченных и необеззараженных сточных вод в Арктике должен быть вообще запрещен, поскольку значительный рост судоходства в Арктике может вызвать существенное увеличение объемов сбрасываемых сточных вод. Низкие уровни температуры и освещенности в Арктике замедляют процессы естественного разложения органических веществ, содержащихся в сточных водах, при этом употребление в пищу рыбы и морских млекопитающих, выловленных из загрязненной воды, подвергает местное население опасности распространения различных заболеваний.

Сброс мусора. Требования Конвенции МАРПОЛ 73/78, направленные на предотвращение загрязнения морской среды мусором, регламен-

тированы правилами Приложения V. Полярным кодексом вводятся следующие дополнительные требования к сбросу различных видов мусора в арктических водах [25]:

- сброс пищевых отходов в море разрешен на максимально возможном удалении от морских акваторий, где концентрация льда превышает 1/10, но в любом случае не ближе 12 миль от берега, ледового припая или многолетнего (пакового) льда;
- пищевые отходы должны быть измельчены до размеров не более 25 мм;
- пищевые отходы не должны сбрасывать на поверхность льда, как и другие типы отходов.

Поскольку рост судоходства в Арктике объективно вызовет увеличение объемов сброса мусора, возможно выделение экологически чистых районов акватории, где сброс всех видов мусора должен быть полностью запрещен.

Замена судового балласта. Расположение перевозимых грузов, особенно в тех случаях, когда транспортируются грузы различных габаритов и масс, а также расходование запасов топлива, продуктов питания и т.п. в рейсе могут повлиять на изменение остойчивости, крена и дифферента судна. Для сохранения мореходных качеств судна приходится прибегать к балластировке. В качестве балласта обычно используют забортную воду, например, в случаях:

- если груз легкий и его веса недостаточно для создания оптимальной посадки и устойчивости судна;
- при судовых грузовых операциях в море на транспортных судах, а также на рыбодобывающих судах, например, при вылове/приеме/сдаче улова;
- в аварийных ситуациях, например, при смещении или частичном намокании груза, для снятия судна с мели и т.п. [26].

Также суда принимают или откачивают жидкий балласт в порту или в море, чтобы:

- проверить балластные танки на герметичность и работу балластной системы (насосов и трубопроводов);
- заменить балласт до прихода в порт согласно «Международной конвенции о контроле судовых балластных вод и осадков и управлении ими 2004 года».

Шумовое загрязнение. Основными источниками шумового загрязнения Северного Ледовитого океана являются судоходство, разведка и разработка подземных и подводных месторождений нефти и газа. Антропогенный подводный шум может оказывать как краткосрочное, так и долгосрочное

негативное воздействие на морскую флору и фауну и имеет потенциально значимые негативные последствия для приспособляемости и выживания морских видов [27-30].

Шумовое загрязнение – это нежелательный звук или совокупность звуков искусственного происхождения, нарушающие естественные ритмы жизнедеятельности живых организмов. Источником шумового загрязнения на суше и в акватории СМТК являются – автомобильный и железнодорожный транспорт, строительная и промышленная техника, погрузочные механизмы, морские суда и т.д. Шумовое загрязнение – проблема для животного мира. Шум разрушает естественную экосистему, может приводить к проблемам с ориентированием животных в пространстве, при поисках пищи, размножении и т.д. Шумовое загрязнение является причиной нарушения здоровья и у человека. У людей, подверженных постоянному шумовому загрязнению, возможно развитие гипертонической болезни, потеря слуха, появление раздражительности и агрессии. С целью уменьшения шумового загрязнения окружающей среды принимаются различные административные и законодательные акты. В России существуют санитарные нормы и ГОСТы по предельно допустимому уровню шума для общественных мест и жилых помещений [31].

Судовые винты и двигатели производят шумы низких частот, по большей части в диапазоне от 20 до 300 герц [32]. В этом же диапазоне находятся звуки, производимые различными видами китов. Эти морские млекопитающие используют акустические сигналы для общения, поиска и преследования добычи. Процессы питания, воспитания детенышей или спаривания также сопровождаются специфическими сигналами. При этом киты не способны отличить шум корабля от естественных звуков океана, что приводит к их столкновению с судами и является одной из основных причин гибели гладких китов по всему миру. Если шумы становятся постоянными, то киты просто покидают места своего обитания, особенно, если эти места находятся в прибрежных зонах и вблизи крупных морских портов [33].

Кроме того, суда при проходе узкостей, в условиях плохой видимости (туман), при расхождении с другими судами или при движении в караване суда могут подавать звуковые сигналы гудками, которые также негативно влияют на животных, находящихся в море или на берегу. Поэтому в мировой морской практике существует запрет на подачу звуковых сигналов судами при наличии в пределах видимости морских животных (моржей, тюленей, китов и т.д.).

Несмотря на то, что отдельные суда относятся к точечным источникам шума, основная проблема связана с суммарным воздействием множества судов, что приводит к интегральному росту фонового шума. Ряд данных по низкочастотному шуму от судоходства, которые были получены в северо-восточной части Тихого океана, указывают на постепенное увеличение фоновых уровней шумов примерно на 19 дБ за период 1950-2007 годов [34].

В связи с прогнозируемой существенной активизацией судоходства по СМТК воздействие шума на морских животных только усилится. Поэтому в качестве меры по снижению негативного воздействия звуковых колебаний на морских млекопитающих необходимо рекомендовать конкретные пути движения судов, выделять закрытые для плавания районы акватории и т.п., давая рекомендации по обходу особо охраняемых природных территорий (ООПТ) – морских и прибрежных заповедников, национальных парков и заказников (рис. 2).



Рис. 2. Федеральные ООПТ

Световое загрязнение – рассеивание искусственного света в нижних слоях атмосферы. При чрезмерном рассеивании света нарушаются естественные биоритмы всех живых организмов, находящихся в области загрязнения. Основными источниками светового загрязнения в Арктике по маршруту СМТК являются освещенные морские порты и населенные пункты, а также морские суда особенно в период полярной ночи. Эффект светового загрязнения может усиливаться в местах, где в воздухе велико содержание частиц пыли и аэрозолей. К типам светового загрязнения можно отнести световое вторжение, чрезмерную освещенность, световое ослепление, переизбыток световых источников. Световое загрязнение негативно влияет на морских животных, также, как и шумовое загрязнение, нарушая их естественные биоритмы и экосистему, приводя к дезориентации в пространстве и гибели морских животных. Постоянное световое за-

грязнение также влияет на здоровье человека, вызывая головные боли, бессонницу, повышение тревожности и т.п. На рис. 3 в качестве примера светового загрязнения в Арктике показана работа атомного ледокола «Таймыр» в полярную ночь.



Рис. 3. Пример светового загрязнения в Арктике

Влияние океанских морских течений на загрязнение акватории Северного Ледовитого океана. В последние годы возникли и нарастают дополнительные угрозы загрязнения акватории Северного Ледовитого океана из-за океанских морских течений, приносящих загрязненные воды из других районов Мирового океана. При этом «тупиком» для морских течений становится Северный Ледовитый океан, в который из Европы и Северной Америки морские течения приносят разнообразный мусор. Таким образом в Северном Ледовитом океане между российскими островами Новая Земля и Гренландией может появиться собственное «большое мусорное пятно», состоящее из скопления пластика (рис. 4) [35, 36].

Общий объем пластика, плавающего сегодня в водах Арктики, может достигать 1200 тонн. Если ранее исследователи полагали, что лишь 3% всего выброшенного пластика оказывается в водах Мирового океана, то реально его количество может достигать 40%. Сегодня ученые предполагают, что на планете от 40000 до 100000 тонн пластика ежегодно оказывается в воде. В мире уже известно три мусорных пятна. Самое большое из них – Тихоокеанское «Большое мусорное пятно», обнаруженное в 1997 году после долгих лет мониторинга количества отходов, сбрасываемых в океан. Еще два скопления пластика и другого неразлагаемого мусора находятся в Индийском и Атлантическом океанах [37].

2. Методы контроля, управления и обеспечения экологической безопасности СМТК

В настоящее время разработаны и функционируют разнообразные системы мониторинга мор-

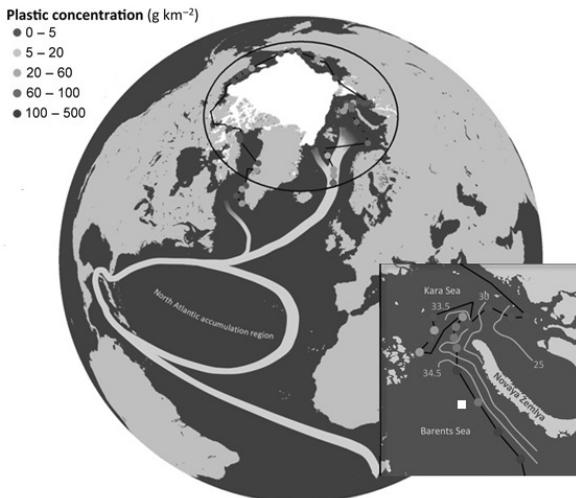


Рис. 4. Обнаруженные местоположения и концентрации пластика в Арктике

ской обстановки различного масштаба, основной задачей которых является сбор информации от первичных источников: автоматических идентификационных систем (АИС), спутниковых систем, данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), радиолокационных станций (РЛС), докладов капитанов с борта проходящих судов и последующей визуализацией поступающей информации на электронных картах.

До настоящего времени экологический мониторинг проводится точно, например, крупными добывающими компаниями, и нет единой численной оценки того, как строительная, добывающая или транспортная активность на СМТК влияют на экологию данного региона.

Для обеспечения экологической безопасности на трассах СМТК в связи с увеличением количества рейсов судов, нарастанием промышленной активности добывающих предприятий и работы портов необходим непрерывный проблемный мониторинг акватории и атмосферы Арктической зоны России с целью минимизации или компенсации наносимого вреда природе и ее обитателям. Для объективной оценки экологического состояния региона необходима комплексная и верифицированная система мониторинга, которая позволила бы оценить текущее состояние и идентифицировать источники нанесения экологического вреда. Создание такой системы – решаемая в течение нескольких лет задача, однако необходимо собрать данные и оценить «начальное» текущее экологическое состояние Арктической зоны России.

По заказу Госкорпорации «Росатом», оператора судоходства в Арктической зоне России, специалистами Центра морских исследований

МГУ им. Ломоносова (ЦМИ МГУ) в 2021 году была разработана и запущена в пилотную эксплуатацию система спутникового мониторинга пленочных нефтяных загрязнений. С применением методов искусственного интеллекта данная система проводит анализ спутниковых снимков акватории, находит нефтяные пятна, моделирует траекторию их движения, сопоставляет с трекерами судов, проходивших вблизи данного района, что позволяет с высокой долей вероятности выявить судно, сбрасывающее в воду нефтепродукты.

Опытная эксплуатация комплексной системы экологического мониторинга запланирована на 2022-2023 годы. Система будет создана на основе цифровой платформы, куда будут загружаться результаты полевых работ, данные со спутников и датчиков, установленных в арктических портах и на судах, а также информация о локальных экологических проектах крупных добывающих компаний. С помощью таких технологий искусственного интеллекта, как компьютерное зрение, машинное обучение и нейронные сети, эта система будет способна обрабатывать и анализировать большие массивы данных, моделировать и контролировать сценарии развития событий [38].

Анализ мер, осуществляемых по развитию сферы компьютерных технологий для задач информационного обеспечения экологической безопасности арктических коммуникаций, свидетельствует о том, что эффективность этих мер существенно снижается отсутствием целостной информационной среды (инфраструктуры) безопасности Северного морского пути. Создание и использование такой среды позволит реализовать комплексный информационный мониторинг социально-экономической, гидрометеорологической, ледовой и навигационной обстановки на акваториях Северного морского пути для принятия оперативных и стратегических управленческих решений в условиях разнородных чрезвычайных и кризисных ситуаций.

Ввиду разнородности и динамичности структуры и состава этой среды информационная поддержка и координация деятельности субъектов управления безопасностью с учетом различных ограничений (технологических, функциональных, организационных, правовых и т.д.) представляется сложной проблемой. Специфика добавляет децентрализованный характер управления безопасностью. Это требует построения сетевидной информационной среды. Сетевидность предполагает сетевую структуру организационного управления с выделенными управляющими центрами, взаимодействие между которыми осуществ-

ляется на базе их интеграции в единое информационное пространство.

Решение задач обеспечения экологической безопасности на трассах СМП в настоящее время осуществляется преимущественно за счет формирования единого информационного поля межведомственной деятельности с использованием системы распределенных ситуационных центров, работающих по единому регламенту взаимодействия, в соответствии с пунктом 107 «Стратегии национальной безопасности Российской Федерации на период до 2020 года». Основой информационно-аналитической среды региональных ситуационных центров управления в кризисных ситуациях являются системы поддержки принятия решений, обеспечивающие обоснованность и качество принимаемых решений на всех уровнях управления безопасностью на основе современных информационных технологий интеллектуального анализа данных и компьютерного моделирования. Эти системы используют методы ситуационного анализа и модели оценки уязвимости критически важных объектов региона на основе совместно используемого осознания ситуации (shared situation awareness). Однако центральной проблемой для данного класса систем является координация процессов выработки и реализации управляющих воздействий на разных уровнях принятия решений в условиях децентрализованного управления безопасностью и высокой динамики внешней среды, а также учет влияния человеческого фактора.

Известные теоретические и прикладные разработки в области информационной поддержки управления экологической безопасностью арктических коммуникаций ориентированы, в основном, на решение частных задач, например, в сферах, связанных с метеорологией, промышленной экологией, морской деятельностью, энергетикой, транспортной логистикой. Эти разработки, как правило, не предусматривают вариантов совместного использования. В связи с этим, при применении изолированно друг от друга, они не обеспечивают достижение ощутимого социально-экономического или научно-технического эффекта от решения задач информационной поддержки управления экологической безопасностью. Вместе с тем, практическое отсутствие научно-методического и технологического базиса для интеграции существующих решений в области информационного обеспечения экологической безопасности арктических коммуникаций является существенным барьером на пути создания и совместного использования средств информационно-аналитической поддержки управления безопасностью Северного

морского пути. Указанные обстоятельства препятствуют формированию целостной информационной инфраструктуры системы организационного управления экологической безопасностью арктических коммуникаций.

Современные подходы к информационному обеспечению экологической безопасности арктических коммуникаций в основном ограничены созданием мониторинговых информационно-аналитических систем и систем поддержки принятия решений в кризисных ситуациях для региональных ситуационных центров, а также веб-ресурсов, обеспечивающих субъектам управления доступ к информационно-справочным материалам и нормативным документам на основе современных информационных технологий. Эти ресурсы интегрируют в себе большие объемы разноплановой информации по различным аспектам безопасности, но, как правило, не связаны между собой, эксплуатируются разными ведомствами, разнородны по технологиям реализации и семантике содержимого.

В области разработки информационных технологий и вычислительных систем одной из основных тенденций является интеграция разнородных ресурсов и сервисов при построении интеллектуальных распределенных систем обработки больших данных для поддержки принятия решений. Интеграция позволит максимально полно использовать имеющийся потенциал и новые решения в рамках организации, основанных на знаниях виртуальных проактивных систем информационной поддержки управления экологической безопасностью арктических коммуникаций в условиях децентрализованного управления.

Одним из основных направлений практического использования известных разработок является информационно-аналитическое обеспечение функционирования региональных ситуационных и аварийно-спасательных центров в арктических регионах, а также координация процессов принятия управленческих решений в сфере обеспечения экологической и других видов безопасности критически важных объектов, локализованных на территории Арктической зоны России.

Так, к примеру, для повышения ситуационной осведомленности в области экологической безопасности СМТК и эффективности поддержки принятия управленческих решений в этой сфере в ФИЦ «Кольский научный центр РАН» разработана мультипредметная веб-ориентированная информационная система «Интерактивная карта экологических проблем Баренц-региона» - Varentsmap (<https://barentsmap.com/>) [39]. Система реализована как мультипредметный веб-ресурс и обеспечивает

интеграцию коллективных экспертных знаний о влиянии объектов оборонно-промышленного комплекса Мурманской области на состояние экологической системы СМТК и Баренц-региона в целом. Система представляет собой виртуальную интеграционную площадку (Интернет-портал), объединяющую знания органов регионального управления, экспертов и хозяйствующих субъектов по вопросам мониторинга и обеспечения экологической безопасности в Арктической зоне России. Для населения система находится в открытом доступе и свободна для подключения, а также служит эффективным средством информирования об экологической обстановке в арктическом регионе.

В отличие от существующих аналогичных разработок в технологическую основу системы Varentsmap заложены современные информационные технологии обработки и анализа данных, методы поддержки принятия решений, проблемно-ориентированные модели и инструменты моделирования, образующие в совокупности комплекс средств информационно-аналитической поддержки управления экологической безопасностью в Арктике. Этим она отличается от аналогичных систем и расширяет их функциональные возможности. Так, перспективным известным аналогом системы Varentsmap является открытый информационный портал Varentswatch (<http://www.barentswatch.com>) норвежской компании Kongsberg Spacetec AS, созданный для информационно-аналитической поддержки управления экологической и эксплуатационной безопасностью арктических морских коммуникаций.

В базе данных системы Varentsmap систематизировано свыше 300 промышленных и природоохраняемых объектов (рудники, горная, металлургическая, химическая, топливная и деревообрабатывающая промышленности, морские порты, аэропорты, национальные парки, заповедники, заказники и др.) с пространственной привязкой к конкретной территории. Атрибутивные описания объектов содержат информацию о статусе предприятий, дате их открытия, положении в рейтинге устойчивого развития компаний, объемах выбросов вредных веществ в воздух, почву и воду, о том как именно они влияют на экологию Баренц-региона. Интерактивная карта позволяет увидеть объективную картину всех промышленных предприятий, сосредоточенных в Баренц-регионе, узнать об уровне парниковых газов и загрязнении почвы рядом с предприятиями, окружающей флоре и фауне, а на основе этой информации оценить реальную экологическую ситуацию для СМТК и понять, какие шаги необходимо предпринять для ее улучшения. Картотека системы включает также

перечень и концептуальные описания нештатных ситуаций и чрезвычайных событий, которые могут возникнуть на критически важных объектах Баренц-региона и трассах СМТК, причин их возникновения и возможных последствий (наносимого экологического ущерба экосистемам).

По сравнению с современными аналогами система обеспечивает формирование и оценку полярного индекса Баренц-региона - рейтинга устойчивого развития компаний и территорий, а также поддерживает дистанционное использование имитационных моделей для сценарного анализа и прогнозирования экологической обстановки в Арктической зоне и на трассах СМТК в условиях чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера.

Заключение

С учетом климатических особенностей все виды загрязнений опасны для хрупкой окружающей среды Арктики. Необходимо минимизировать опасность каждого загрязнения и его последствий как на уровне исполнительной власти целой страны, так и на уровне жизнедеятельности отдельного человека.

Загрязнение Арктики в целом и Арктической зоны России, в частности, имеет не только региональные, но и глобальные причины, поэтому они не могут быть упразднены только административными и техническими решениями какой-либо отдельной страны.

С учетом перспектив экономического развития Арктической зоны России, увеличением числа рейсов судов по СМТК можно прогнозировать рост загрязнения окружающей среды в Арктике в целом.

Основными направлениями по снижению уровня загрязнения в Арктике следует считать:

- совершенствование Правил плавания судов в Арктике и по СМТК;
- запрет на сброс с судов балластных вод, всех видов мусора, неизмельченных и необеззараженных сточных вод в особо важных районах Арктики;
- развитие портовой инфраструктуры для приема всех видов судовых отходов, а также отходов от ликвидации возможных аварийных разливов и других типов отходов;
- создание с применением новейших технологий для эксплуатации в Арктике «экологически чистых» судов, обеспечивающих минимальные выбросы загрязняющих веществ в атмосферу;
- создание и эксплуатация комплексной системы экологического мониторинга на основе цифро-

вой платформы и технологий искусственного интеллекта.

Литература

1. *Багдасарян А.А.* Основные экологические проблемы Северного морского пути в перспективе его развития // *Российская Арктика*. 2020. № 9. С. 17-29.
2. Правила плавания в акватории Северного морского пути. Приказ Министерства транспорта Российской Федерации от 17.01.2013 № 7 (с изменениями на 9 января 2017 года).
3. Основы государственной политики Российской Федерации в Арктике на период до 2020 года и дальнейшую перспективу. Утверждены Президентом Российской Федерации 18.09.2008 г. № Пр-1969.
4. О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в части государственного регулирования торгового мореплавания в акватории Северного морского пути. Федеральный закон от 28.07.2012 г. № 132.
5. О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года. Указ Президента Российской Федерации от 07.05.2018 г. № 204.
6. *Седова Н.Б., Кочемасова Е.Ю.* Экологические проблемы Арктики и их социально-экономические последствия // *ЭКО*. 2017. № 5. С. 160-171.
7. AMAP Assessment 2006: Acidifying Pollutants, Arctic Haze and Acidification in Arctic. Oslo: Published by Arctic monitoring Programme (AMAP). 112 p.
8. Разрешения на плавание судна в акватории Северного морского пути. URL: http://www.nra.ru/ru/rassmotrenie_zayavleniy/razresheniya.html?year=2013 (дата обращения: 15.03.2021).
9. *Климова Е.В.* Образование вредных веществ в выбросах судовых дизелей в процессе горения топливовоздушной смеси // *Вестник Астраханского ГТУ. Серия: Морская техника и технология*. 2011. № 2. С. 98-104.
10. *Жуковина М.Г.* Северный морской путь: история, экономика, экология. URL: <https://goarctic.ru/work/severnyu-morskoy-put-istoriya-ekonomika-ekologiya/> (дата обращения: 15.03.2022).
11. Методические указания. Расчет выбросов вредных веществ в атмосферу при свободном горении нефти и нефтепродуктов. Тюмень: ТНГУ. 2002. 9 с.

12. Пашинин Г., Ялышко Р. Система газового выхлопа нового поколения для защиты экологии // Морская биржа. 2014. № 4(50). URL: <https://maritimemarket.ru/article.phtml?id=1895> (дата обращения: 28.10.2021).
13. Ways in which Cruise Ships Can Cause Marine Pollution. July 20, 2016. URL: <https://www.marineinsight.com/environment/8-ways-in-which-cruise-ships-can-cause-marine-pollution/> (дата обращения: 02.11.2021).
14. Гамбарян М.Г. Эпидемиологические особенности хронических респираторных заболеваний в ряде регионов российской Арктики с развитым промышленным производством // Профилактическая медицина. 2014. № 6. С. 71-78.
15. Казакевич Е.В., Архиповский В.Л., Середя А.П., Абакумова А.А. Особенности организации медицинской помощи морякам в условиях Арктики // Медицина экстремальных ситуаций. 2017. Т. 62, № 4. С. 8-14.
16. Ship exhaust makes thunderstorms more intense, study says. 08.09.17 // Safety for sea. URL: <https://safety4sea.com/ship-exhaust-makes-thunderstorms-more-intense-study-says/> (дата обращения: 01.11.2021).
17. The Smoggy Seas: Cargo Ships Bring Pollution, Health Risks. 09 July, 2021. URL: <https://www.npr.org/sections/goatsandsofa/2016/07/19/486151324/the-smoggy-seas-cargo-ships-bring-pollution-health-risks> (дата обращения: 02.11.2021).
18. Air pollution from ships // Transport and Environmental. URL: <https://www.airclim.org/air-pollution-ships> (дата обращения: 02.10.2021).
19. Shipping and climate change // Transport and Environmental. URL: <https://www.transportenvironment.org/what-we-do/shipping/shipping-and-climate-change> (дата обращения: 01.11.2021).
20. Степанян С. Укroщение выхлопа // Эксперт Северо-Запад. 2010. № 35 (481). URL: <https://expert.ru/northwest/2010/35/bunkerovka> (дата обращения: 28.10.2021).
21. Отчет по экологической безопасности ФГУП «Атомфлот» за 2018 год. URL: www.rosatom.ru (дата обращения: 16 марта 2022).
22. МЧС ожидает рост риска аварий в Арктике. URL: <https://www.gismeteo.ru/news/sobytiya/7745-mchs-ozhidaet-rost-riska-avariy-v-arktike/> (дата обращения: 28.10.2021).
23. Минтранс РФ. Госморречнадзор. Анализ состояния аварийности. URL: [transportnyh-proisshestv/analiz-i-sostoyaniya-avarijnost](https://sea.rostransnazor.gov.ru/funktsii/rassledovanie-transportnyh-proisshestv/analiz-i-sostoyaniya-avarijnost) (дата обращения: 04.03.2021).
24. Проблемы обеспечения экологической безопасности при развитии судоходства в Беринговом проливе // Научно-технический отчет. Владивосток. 2015. 40 с.
25. Фомин С.Ю. Предложения по совершенствованию международного законодательства с целью минимизации угроз от судоходства для экосистем Арктики на примере Берингова пролива. Отчет по гранту № WWF613/RU013206/1/GLM. М. 2015.
26. Балластная система. URL: <https://seaspirit.ru/shipbuilding/ustrojstvo-sudna/ballastnaya-sistema.html> (дата обращения: 28.10.2021).
27. Noise in the Sea and Its Impacts on Marine Organisms // US National Library of Medicine National Institute of Health. 2015 Oct; 12. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4626970/> (дата обращения: 01.11.2021).
28. Noise could sound the death knell of ocean fish // The Hindu. Today's Paper. – London, November 17, 2016. URL: <http://www.thehindu.com/sci-tech/energy-and-environment/Noise-could-sound-the-death-knell-of-ocean-fish/article16135289.ece> (дата обращения: 01.11.2021).
29. Pollution's Horrifying Effects on our Marine Life // Seaweek. 2018. URL: <https://www.whalewatch.co.nz/information/latest-news/pollutions-horrifying-effects-on-new-blog-post/> (дата обращения: 01.11.2021).
30. Scott K.N., International Regulation of Undersea Noise // ICLQ. 2004. Vol. 53. P. 293.
31. Суворов Г.А., Шкаринов Л.Н., Деисов Э.И. Гигиеническое нормирование производственных шумов и вибраций. М: Медицина. 1984. 240 с.
32. Картамышева Е.С., Иванченко Д.С., Бекетова Е.А. Судно как источник загрязнения окружающей среды // Молодой ученый. 2018. № 25(211). С. 12-15.
33. Патин С.А. Антропогенное воздействие на морские экосистемы и биоресурсы: источники, последствия, проблемы // Труды ВНИРО. 2015. Т. 154. С. 85-154.
34. Доклад о ходе работы по устранению воздействия подводного шума и морского мусора на морское и прибрежное биоразнообразие. ЮНЕП. Вспомогательный орган по научным, техническим и технологическим консультациям. 18-е совещание. Монреаль. 2014.
35. Lusher A.M., Tirelli V., O'Connor I., Officer R. Microplastics in Arctic polar waters: the first reported values of particles in surface and subsurface samples // Scientific Reports. 2015. Vol. 5. article number: 14947.

36. The Arctic Ocean as a dead end for floating plastics in the North Atlantic branch of the Thermohaline Circulation // *Science Advances*. 19 Apr 2017. Vol 3/ Issue 4. URL: <https://www.science.org/doi/10.1126/sciadv.1600582> (дата обращения: 27.10.2021).
37. Елдзарова К. Новое «Большое мусорное пятно» в Северном Ледовитом океане. URL: <https://www.pornmech.ru/science/news-357022-severnyu-ledovityu-ocean-zavalilo-musorom/> (дата обращения: 27.10.2021).
38. Морские болезни Арктики: все про экологический мониторинг акватории Севморпути. URL: <https://strana-rosatom.ru/2022/02/17/nachalis-raboty-po-sozdaniyu-sistemy-e/> (дата обращения: 13.07.2022).
39. Маслобоев А.В., Маслобоев В.А. Информационная система «Интерактивная карта экологических проблем Баренц-региона» // Информационные ресурсы России. 2020. № 4(176). С. 8-13.

Гурлев Игорь Валентинович. Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук, г. Санкт-Петербург, Россия. Ведущий научный сотрудник. Доктор технических наук. Количество печатных работ: более 140 (в т.ч. 6 монографий и 19 авторских свидетельств). Область научных интересов: системный анализ, экологическая безопасность, организация транспортных систем, интеллектуальные транспортные системы. E-mail: gurleff@mail.ru

Маслобоев Андрей Владимирович. Федеральный исследовательский центр «Кольский научный центр Российской академии наук» (ФИЦ КНЦ РАН), г. Апатиты, Россия. Заведующий лабораторией. Ведущий научный сотрудник Института информатики и математического моделирования ФИЦ КНЦ РАН. Главный научный сотрудник Института проблем промышленной экологии Севера ФИЦ КНЦ РАН. Доктор технических наук, доцент. Количество печатных работ: более 200 (в т.ч. 1 монография). Область научных интересов: системный анализ, моделирование социально-экономических систем, ситуационное управление, теория безопасности систем, мультиагентные системы. E-mail: masloboev@iimm.ru

Малыгин Игорь Геннадьевич. Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук, г. Санкт-Петербург, Россия. Директор. Доктор технических наук, профессор. Количество печатных работ: более 270 (в т.ч. 12 монографий и 7 авторских свидетельств на изобретения и патентов). Область научных интересов: системный анализ, организация и управление транспортными системами, комплексная безопасность на транспорте, интеллектуальные транспортные системы. E-mail: malygin_com@mail.ru

The Northern Sea Transport Corridor as a threat to the environmental safety of the Arctic region

I.V. Gurlev¹, A.V. Masloboev¹, I.G. Malygin¹

¹ Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences, St. Petersburg, Russia

¹ Federal Research Center «Kola Science Center of Russian Academy of Sciences», Apatity, Russia

Abstract. The study analyzes the negative impact of the Northern Sea Transport Corridor operation on the environmental safety of the Arctic region of Russia. The transport system “Northern Sea Transport Corridor”, which includes parts of the Barents Euro-Arctic, Asia-Pacific transport corridors and the entire Northern Sea Route transport corridor within the Russia’s maritime possessions, excepting mining enterprises, is an another source of threats to the environmental safety of the Russian Arctic. At the same time, one of the main permanent polluters of the Arctic region from the transport system is its pollution by the combustion products of maritime fuel. As well, the discharge of bilge water, industrial and household wastes by ships has a significant impact on the environmental safety. Under the operation of marine engines, noise pollution occurs, as well as during the polar night light pollution of the flora and fauna of the Arctic Ocean, etc. In recent years, additional threats of pollution of the Arctic Ocean have arisen and are increasing due to ocean sea flows bringing polluted waters from other areas of the World Ocean. The methods and tools for managing and ensuring the environmental safety of the Northern Sea Route are considered.

Keywords: *system analysis, control, threat, environmental safety, Northern Sea Transport Corridor, sea craft, pollution sources, Arctic region.*

DOI: 10.14357/20790279220409

References

1. *Bagdasaryan A.A.* Osnovnye ekologicheskie problemy Severnogo morskogo puti v perspektive ego razvitiya // Rossiyskaya Arktika. 2020. № 9. P. 17-29.
2. Pravila plavaniya v akvatorii Severnogo morskogo puti. Prikaz Ministerstva transporta Rossiyskoy Federatsii ot 17.01.2013 № 7 (s izmeneniyami na 9 yanvarya 2017 goda).
3. Osnovy gosudarstvennoy politiki Rossiyskoy Federatsii v Arktike na period do 2020 goda i dal'neyshuyu perspektivu. Utverzhdeny Prezidentom Rossiyskoy Federatsii 18.09.2008 g. № Pr-1969.
4. O vnesenii izmeneniy v otdel'nye zakonodatel'nye akty Rossiyskoy Federatsii v chasti gosudarstvennogo regulirovaniya torgovogo moreplavaniya v akvatorii Severnogo morskogo puti. Federal'nyy zakon ot 28.07.2012 g. № 132.
5. O natsional'nykh tselyakh i strategicheskikh zadachakh razvitiya Rossiyskoy Federatsii na period do 2024 goda. Ukaz Prezidenta Rossiyskoy Federatsii ot 07.05.2018 g. № 204.
6. *Sedova N.B., Kochemasova E.Yu.* Ekologicheskie problemy Arktiki i ikh sotsial'no-ekonomicheskie posledstviya // EKO. 2017. № 5. P. 160-171.
7. AMAP Assessment 2006: Acidifying Pollutants, Arctic Haze and Acidification in Arctic. Oslo: Published by Arctic monitoring Programme (AMAP). 112 p.
8. Razresheniya na plavanie sudna v akvatorii Severnogo morskogo puti. URL: http://www.nsr.ru/rassmotrenie_zayavleniy/razresheniya.html?year=2013 (data obrashcheniya: 15.03.2021).
9. *Klimova E.V.* Obrazovanie vrednykh veshchestv v vybrosakh sudovykh dizeley v protsesse goreniya toplivovozdushnoy smesi // Vestnik Astrakhan'skogo GTU. Seriya: Morskaya tekhnika i tekhnologiya. 2011. № 2. P. 98-104.
10. *Zhukovina M.G.* Severnyy morskoy put': istoriya, ekonomika, ekologiya. URL: <https://goarctic.ru/work/severnyy-morskoy-put-istoriya-ekonomika-ekologiya/> (data obrashcheniya: 15.03.2022).
11. Metodicheskie ukazaniya. Raschet vybrosov vrednykh veshchestv v atmosferu pri svobodnom goreнии нефти i nefteproduktov. Tyumen': TGNGU. 2002. 9 p.
12. *Pashinin G., Yalynko R.* Sistema gazovogo vykhlopa novogo pokoleniya dlya zashchity ekologii // Morskaya birzha. 2014. № 4 (50). URL: <https://maritimemarket.ru/article.phtml?id=1895> (data obrashcheniya: 28.10.2021).
13. Ways in which Cruise Ships Can Cause Marine Pollution. July 20, 2016. URL: <https://www.marineinsight.com/environment/8-ways-in-which-cruise-ships-can-cause-marine-pollution/> (data obrashcheniya: 02.11.2021).
14. *Gambaryan M.G.* Epidemiologicheskie osobennosti khronicheskikh respiratornykh zabolevaniy v ryade regionov rossiyskoy Arktiki s razvitym promyshlennym proizvodstvom // Profilakticheskaya meditsina. 2014. № 6. P. 71-78.
15. *Kazakevich E.V., Arkhipovskiy V.L., Sereda A.P., Abakumova A.A.* Osobennosti organizatsii meditsinskoy pomoshchi moryakam v usloviyakh Arktiki // Meditsina ekstremal'nykh situatsiy. 2017. T. 62. № 4. P. 8-14.
16. Ship exhaust makes thunderstorms more intense, study says. 08.09.17 // Safety for sea. URL: <https://safety4sea.com/ship-exhaust-makes-thunderstorms-more-intense-study-says/> (data obrashcheniya: 01.11.2021).
17. The Smoggy Seas: Cargo Ships Bring Pollution, Health Risks. 09 July, 2021. URL: <https://www.npr.org/sections/goatsandsofa/2016/07/19/486151324/the-smoggy-seas-cargo-ships-bring-pollution-health-risks> (data obrashcheniya: 02.11.2021).
18. Air pollution from ships // Transport and Environmental. URL: <https://www.airclim.org/air-pollution-ships> (data obrashcheniya: 02.10.2021).
19. Shipping and climate change // Transport and Environmental. URL: <https://www.transportenvironment.org/what-we-do/shipping/shipping-and-climate-change> (data obrashcheniya: 01.11.2021).
20. *Stepanyan S.* Ukroshchenie vykhlopa // Ekspert Severo-Zapad. 2010. № 35 (481). URL: <https://expert.ru/northwest/2010/35/bunkerovka> (data obrashcheniya: 28.10.2021).
21. Otchet po ekologicheskoy bezopasnosti FGUP «Atomflot» za 2018 god. URL: www.rosatom.ru (data obrashcheniya: 16 marta 2022).
22. MChS ozhidaet rost riska avariyy v Arktike. URL: <https://www.gismeteo.ru/news/sobytiya/7745-mchs-ozhidaet-rost-riska-avariy-v-arktike/> (data obrashcheniya: 28.10.2021).
23. *Mintrans RF.* Gosmorrechnadzor. Analiz sostoyaniya avariynosti. URL: <https://sea.rostransnadzor.gov.ru/funktsii/rassledovanie-transportny-h-proisshe/analiz-i-sostoyanie-avariynost> (data obrashcheniya: 04.03.2021).
24. Problemy obespecheniya ekologicheskoy bezopasnosti pri razvitiy sudokhodstva v Beringovom prolive // Nauchno-tekhnicheskiiy otchet. Vladivostok. 2015. 40 p.
25. *Fomin S.Yu.* «Predlozheniya po sovershenstvovaniyu mezhdunarodnogo zakonodatel'stva s tsel'yu minimizatsii ugroz ot sudokhodstva dlya ekosistem Arktiki na primere Beringova proliva». Otchet po grantu № WWF613/RU013206/1/GLM. M. 2015.

26. Ballastnaya sistema. URL: <https://seaspirit.ru/shipbuilding/ustrojstvo-sudna/ballastnaya-sistema.html> (data obrashcheniya: 28.10.2021).
27. Noise in the Sea and Its Impacts on Marine Organisms // US National Library of Medicine National Institute of Health. 2015 Oct; 12. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4626970/> (data obrashcheniya: 01.11.2021).
28. Noise could sound the death knell of ocean fish // The Hindu. Today's Paper. – London, November 17, 2016. URL: <http://www.thehindu.com/sci-tech/energy-and-environment/Noise-could-sound-the-death-knell-of-ocean-fish/article16135289.ece> (data obrashcheniya: 01.11.2021).
29. Pollution's Horrifying Effects on our Marine Life // Seaweek. 2018. URL: <https://www.whalewatch.co.nz/information/latest-news/pollutions-horrifying-effects-on-new-blog-post/> (data obrashcheniya: 01.11.2021).
30. Scott K.N. International Regulation of Undersea Noise // ICLQ. 2004. Vol. 53. P. 293.
31. Suvorov G.A., Shkarinov L.N., Deisov E.I. Gigienicheskoe normirovanie proizvodstvennykh шумов i vibratsiy. M: Meditsina, 1984. 240 p.
32. Kartamyshcheva E.S., Ivanchenko D.S., Beketova E.A. Sudno kak istochnik zagryazneniya okruzhayushchey sredy // Molodoy uchenyy. 2018. № 25(211). P. 12-15.
33. Patin S.A. Antropogennoe vozdeystvie na morskije ekosistemy i bioresury: istochniki, posledstviya, problemy // Trudy VNIRO. 2015. T. 154. P. 85-154.
34. Doklad o khode raboty po ustraneniyu vozdeystviya podvodnogo shuma i morskogomusora na morskoe i pribrezhnoe bioraznoobrazie. YuNEP. Vspomogatel'nyy organ po nauchnym, tekhnicheskim i tekhnologicheskim konsul'tatsiyam. 18-e soveshchanie. Monreal'. 2014.
35. Lusher A.M., Tirelli V., O'Connor I., Officer R. Microplastics in Arctic polar waters: the first reported values of particles in surface and sub-surface samples // Scientific Reports. 2015. Vol. 5. Article number: 14947.
36. The Arctic Ocean as a dead end for floating plastics in the North Atlantic branch of the Thermohaline Circulation // Science Advances. 19 Apr 2017. Vol 3, Issue 4. URL: <https://www.science.org/doi/10.1126/sciadv.1600582> (data obrashcheniya: 27.10.2021).
37. Eldzarova K. Novoe «Bol'shoe musornoe pyatno» v Severnom Ledovitom okeane. URL: <https://www.popmech.ru/science/news-357022-severnyy-ledovityy-okean-zavalilo-musorom/> (data obrashcheniya: 27.10.2021).
38. Morskije bolezni Arktiki: vse pro ekologicheskij monitoring akvatorii Sevmorputi. URL: <https://strana-rosatom.ru/2022/02/17/nachalis-raboty-po-sozdaniyu-sistemy-e/> (data obrashcheniya: 13.07.2022).
39. Masloboev A.V., Masloboev V.A. Informatsionnaya sistema «Interaktivnaya karta ekologicheskikh problem Barents-regiona» // Informatsionnye resursy Rossii. 2020. № 4(176). P. 8-13.

Gurlev I.V. Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences, St. Petersburg, Russia. Leading researcher of laboratory of the organization of transport systems. Doctor of technical sciences, senior researcher. He graduated from Bauman Moscow State Technical University in 1974. Number of publications: more than 140 (including 6 monographs and 19 copyright certificates for inventions). Research interests: system analysis, environmental safety, organization of transport systems, intelligent transport systems. E-mail: gurleff@mail.ru

Masloboev A.V. Federal Research Center “Kola Science Center of the Russian Academy of Sciences” (KSC RAS), Apatity. Russia. Head of the Laboratory of Information technologies for regional development management. Leading Researcher of the Institute for Informatics and Mathematical Modeling KSC RAS. Chief researcher of the Institute of North Industrial Ecology Problems KSC RAS. Doctor of Technical Sciences. Associate Professor. He graduated from the Petrozavodsk State University in 2006. Number of publications: more than 200 (including 1 monograph). Research interests: system analysis, modeling of socio-economic systems, situational control, theory of system security, multi-agent systems. E-mail: masloboev@iimm.ru

Malygin I.G. Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences, St. Petersburg, Russia. Director. Doctor of technical Sciences, Professor. He graduated from Leningrad Higher Military Engineering School of Communications named after Lensovet (currently – Military Telecommunications Academy) in 1985 and Saint Petersburg University of the Ministry of the Interior of Russia in 2002. Number of publications: more than 270 (including 12 monographs and 7 copyright certificates for inventions and patents). Research interests: system analysis, organization and management of transport systems, integrated transport safety, intelligent transport systems. E-mail: malygin_com@mail.ru