

СИТУАЦИОННАЯ ОСВЕДОМЛЕННОСТЬ О СОСТОЯНИИ ПОРТОВ СЕВЕРНОГО МОРСКОГО ТРАНСПОРТНОГО КОРИДОРА В УПРАВЛЕНИИ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ АРКТИКИ

И. В. Гурлев¹, А. В. Маслобоев², И. Г. Малыгин³

^{1,3} Институт проблем транспорта имени Н. С. Соломенко Российской академии наук, Санкт-Петербург, Россия

² Институт информатики и математического моделирования имени В. А. Путилова Федерального исследовательского центра «Кольский научный центр Российской академии наук», Апатиты, Россия

¹ gurleff@mail.ru, ² masloboev@iimm.ru, ³ malygin_com@mail.ru

Аннотация. *Актуальность и цели.* Работа направлена на исследование и развитие методов и средств поддержки управления экологической безопасностью арктических портов для обеспечения жизнеспособности критических инфраструктур Северного морского транспортного коридора. *Материалы и методы.* Проведен системный анализ экологических проблем арктических портов и прибрежных территорий на трассе Северного морского транспортного коридора. Дана экспертная оценка влияния эксплуатации морских портов, используемых для хранения и перевалки грузов, на экологическую устойчивость, здоровье, безопасность и качество жизни населения Арктической зоны России. *Результаты и выводы.* На основе проведенного анализа и оценки предложена концептуальная схема оперативного формирования ситуационной осведомленности лиц, принимающих решения, об угрозах экологической безопасности и параметрах функционирования арктических портов для реализации модели сетцентрического управления критическими инфраструктурами Северного морского транспортного коридора. Схема базируется на адаптации метода ситуационного управления структурой и параметрами промышленно-природных сетцентрических систем, обеспечивающего повышение координируемости этих систем на различных уровнях организационного управления. Результаты работы могут найти применение для информационно-аналитической поддержки региональных ситуационных центров, ответственных за работу составных частей (портов и узлов) сетцентрической транспортной инфраструктуры Северного морского транспортного коридора в части решения задач обеспечения экологической и других видов безопасности в Арктике.

Ключевые слова: ситуационная осведомленность, системный анализ, управление, экологическая безопасность, Северный морской транспортный коридор, арктические порты

Финансирование: работа выполнена в рамках государственных заданий ИИММ КНЦ РАН (НИР № FMEZ-2022-0023), ИППЭС КНЦ РАН (НИР № FMEZ-2022-0010) и ИПТ РАН (НИР № FFSZ-2019-0004).

Для цитирования: Гурлев И. В., Маслобоев А. В., Малыгин И. Г. Ситуационная осведомленность о состоянии портов северного морского транспортного коридора в управлении экологической безопасностью Арктики // Надежность и качество сложных систем. 2022. № 4. С. 120–134. doi:10.21685/2307-4205-2022-4-13

SITUATIONAL AWARENESS ON PORTS STATE OF THE NORTHERN SEA ROUTE IN ENVIRONMENTAL SAFETY MANAGEMENT OF ARCTIC REGION

I.V. Gurlev¹, A.V. Masloboev², I.G. Malygin³

^{1,3} Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences, St. Petersburg, Russia

² Putilov Institute for Informatics and Mathematical Modeling of the Federal Research Centre "Kola Science Centre of the Russian Academy of Sciences", Apatity, Russia

¹ gurleff@mail.ru, ² masloboev@iimm.ru, ³ malygin_com@mail.ru

Abstract. *Background.* The work is aimed at examination and development of methods and tools for management support of the environmental safety of Arctic ports to resilience ensuring of critical infrastructures of the Northern Sea Route. *Materials and methods.* A systems analysis of the ecological problems of Arctic ports and coastal areas along the Northern Sea Transport Corridor has been carried out. An expert judgement and review of the operation impact of seaports used for cargo storage and transshipment on environmental sustainability, health, safety and life quality of population of the Arctic region of Russia are given. *Results and conclusions.* Based on the analysis and evaluation carried out, a conceptual scheme is proposed for the operational synthesis of situational awareness of the decision makers on threats to environmental safety and parameters of the Arctic ports functioning to model implementation of

the critical infrastructures network-centric control of the Northern Sea Route. The generic scheme is based on the adaptation of the situational control method of the structure and parameters of industrial-natural network-centric systems. This method provides the coordinability enhancement of these systems at various levels of organizational management. The study efforts and contributions can be applicable to information and analytical support of regional situational centers responsible for the components (ports and hubs) operation of the network-centric transport infrastructure of the Northern Sea Route in terms of problem-solving of the ecological and other types of security ensuring and maintenance in the Arctic region.

Keywords: situational awareness, systems analysis, management, environmental safety, Northern Sea Route, Arctic ports

Acknowledgments: the work was carried out within the framework of the State Research Programs of the Putilov Institute for Informatics and Mathematical Modeling KSC RAS (project No. FMEZ-2022-0023), Institute of North Industrial Ecology Problems KSC RAS (project No. FMEZ-2022-0010) and Solomenko Institute of Transport Problems RAS (project No. FFSZ-2019-0004).

For citation: Gurlev I.V., Masloboev A.V., Malygin I.G. Situational awareness on ports state of the northern sea route in environmental safety management of Arctic Region. *Nadezhnost' i kachestvo slozhnykh sistem = Reliability and quality of complex systems*. 2022;(4):120–134. (In Russ.). doi:10.21685/2307-4205-2022-4-13

Введение

Транспортная система Северный морской транспортный коридор (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).



Рис. 1. Общая схема и порты Северного морского транспортного коридора

В настоящее время СМТК фактически выполняет роль внутреннего транспортного коридора, что подтверждают данные по объемам ежегодных внутренних, импортно-экспортных и международных транзитных грузоперевозок, приведенные в табл. 1 [1, 2].

Таблица 1

Динамика грузоперевозок по СМТК

Годы	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Внутренний и импортно-экспортный грузопоток, млн т	4,0	6,0	7,0	10,0	20,0	31,0	32,0	34,9
Международный транзитный грузопоток, млн т	0,25	0,05	0,22	0,20	0,50	0,70	1,30	2,0
Всего, млн т	4,25	6,05	7,22	10,20	20,50	31,70	33,3	36,90

Согласно данным табл. 1 основную часть грузопотоков по СМТК в настоящее время составляют внутренние для обеспечения потребностей населенных пунктов и предприятий Крайнего Севера и импортно-экспортные грузоперевозки, которые в 2021 г. возросли в 8,7 раза по сравнению с 2014 г. За тот же период международный транзитный грузопоток вырос в 8 раз, однако он остается незначительным.

В связи с ростом грузоперевозок увеличивается и вред, наносимый природе Арктики не только со стороны судов, сжигающих сотни тысяч тонн топлива, но также и со стороны арктических портов, принимающих и отправляющих различные грузы [3, 4].

В работе проведен анализ экологического состояния территории портов и вокруг них, работы портов по хранению и перевалке грузов и негативного влияния эксплуатации портов СМТК на экологическую безопасность Арктической зоны России.

Анализ экологического состояния морских портов по маршруту СМТК

В Арктической зоне России по маршруту СМТК расположены 18 основных портов, 17 из которых нуждаются в технической реконструкции и проведении дноуглубительных работ с целью обеспечения приема крупнотоннажных судов и ритмичной работы по всему маршруту транспортной системы (см. рис. 1).

В табл. 2 приведены некоторые технические характеристики 18 указанных портов, расположенных в Арктической зоне России по маршруту СМТК [5].

Таблица 2

Технические характеристики морских портов по маршруту СМТК

Наименование порта	Период навигации	Площадь территории порта, га	Площадь акватории порта, км ²	Количество причалов	Максимально допустимые габариты судов в метрах у причалов		
					осадка	длина	ширина
Мурманск	Круглогодично	645,9	53,7	111+2 пирса	не ограничены		
Архангельск	Круглогодично	215,26	1120	75	9,2	190	30
Кандалакша	Круглогодично	25,44	5,09	5	9,8	200	33
Витино	Круглогодично	18,66	11,59	4	11,1	230	32,2
Онега	Круглогодично	2,68	845,59	7	13,6	242	32,4
Мезень	01.05–01.10	–	191	3	4,2	120	20
Варандей	01.06–30.12	1,47	24,98	2	3,5	120	15
Нарьян-Мар	01.06–30.11	22,57	5,63	6	3,6	114	16
Сабетга	Круглогодично	179,5	1177	11	12	315	50
Дудинка	01.01–20.05; 15.06–31.12	24,92	30,22	9	11,8	260,3	32,2
Диксон	01.06–31.10	4,77	0,182	2	8	100	20
Хатанга	01.06–31.10	10,62	3,70	5	4,17	136	16,5
Тикси	15.07–30.09	7,29	96,78	2	3,9	129,5	15,8
Певек	03.07–25.10	19	8,90	3	9	172,2	24,5
Анадырь	01.07–01.10	11,89	45,33	6	7	177	25
Провидения	01.06–01.12	12,70	13,02	4	10	200	24
Эгвекино	01.07–01.12	7,17	5,75	2	7,5	150	21
Беринговский	01.07–01.10	22,12	47,07	4	2,7	39,9	12

Порт Мурманск. Местонахождение морского порта: Мурманская область, Баренцево море, южное колено Кольского залива. Основными грузами Мурманского морского порта являются уголь, нефть и нефтепродукты, контейнеры, удобрения, лес. Ежегодный грузооборот порта составляет до 50 млн т. Основными загрязнителями территории и акватории порта являются угольная пыль, нефтяные углеводороды, тяжелые металлы (медь и железо), а также высокие концентрации никеля и марганца. В акватории порта наблюдается повышенное содержание фосфатов. По индексу загрязненности качество вод в торговом порту г. Мурманска оценивается как умеренно загрязненные. Основным загрязнителем атмосферного воздуха в районе порта и в городе является угольная пыль [6].

Порт Архангельск. Местонахождение морского порта: Архангельская область, Белое море, Двинский залив, устье реки Северная Двина. Архангельский морской торговый порт с круглогодичной навигацией – современное, мощное многопрофильное предприятие, которое предоставляет услуги по перегрузке генеральных грузов, контейнеров, леса, пиломатериалов, металлов, удобрений, каменного угля, целлюлозы, оборудования, промышленных, продовольственных товаров и других грузов, кроме наливных. Мощности порта позволяют перерабатывать до 4,5 млн т грузов в год. Порт обслуживается двумя железнодорожными станциями Северной железной дороги. В Архангельском

порту базируется основной состав экспедиционного арктического флота, Северного регионального управления гидрометеослужбы, полярной гидрографии Минтранса России. Развитие Архангельского морского порта, в первую очередь, связано с освоением месторождений углеводородов в Арктике и развитием потоков экспортных грузов.

Основными проблемами в Архангельском порту являются высокий и повышенный уровень загрязнения атмосферного воздуха, территории и акватории порта угольной пылью, а также содержащими различные загрязнения сточными водами [7].

Порт Кандалакша. Местонахождение морского порта: Мурманская область, Кольский полуостров, Белое море, Кандалакшский залив, губа Лупча. Железнодорожные и автомобильные подходы обеспечивают Кандалакшскому порту выход на крупные магистрали страны. Порт связан с железной дорогой «Санкт-Петербург – Мурманск», а также с федеральной автодорогой М18 «Санкт-Петербург – Мурманск».

Основной груз круглогодичного Кандалакшского морского торгового порта: каменный уголь энергетических марок, поступающий по железной дороге с шахт Кемеровской области и поставляемый в Западную Европу и Северную Африку. Действующие мощности порта позволяют перерабатывать до 3 млн т грузов сложившейся номенклатуры (апатитовый концентрат, уголь, глинозем, металллом и др.). Во время перевалки угля облако угольной пыли поднимается в атмосферу и покрывает город и порт плотным слоем. Экологическое состояние атмосферного воздуха неудовлетворительное.

Другим направлением деятельности порта является перевалка генеральных грузов Арктического направления для освоения нефте- и газоконденсатных месторождений, а также для обеспечения строительства и модернизации портов вдоль трасс СМТК. Средние значения концентрации растворенных форм тяжелых металлов (медь, никель, кадмий, марганец, железо, свинец) по данным наблюдений ниже нормы. Воды Кандалакшского морского порта характеризуются лабораторными данными как чистые [6].

Порт Витино. Местонахождение морского порта: Мурманская область, город Кандалакша, населенный пункт Белое море, губа Палкина, Кандалакшский залив, Белое море. Порт используется, главным образом, для экспорта нефти и нефтепродуктов, газового конденсата, поступающих по железной дороге. Экологическая обстановка в этом районе удовлетворительная [8].

Порт Онега. Местонахождение морского порта: Архангельская область, побережье Белого моря, Онежский залив, устье реки Онега. Пропускная способность порта составляет 262 тыс. т грузов в год, из них 3 тыс. т – по нефтеналивным грузам, 259 тыс. т – по сухим грузам. Площадь открытых складов – 73 тыс. м², крытых – 15 тыс. м². Пропускная способность пассажирских терминалов – 160 тыс. пассажиров в год. В акватории порта расположен рейдовый комплекс перегрузки нефти и нефтепродуктов «Осинки». Обеспечение экологической безопасности осуществляется не лабораторными измерениями, а путем регулярного патрулирования акватории на катере капитана порта в летнее время и визуальным осмотром причалов порта инспекторами ГПК в зимний период [9].

Порт Мезень. Местонахождение морского порта: Архангельская область, побережье Белого моря, Мезенский залив, устье реки. Суда обрабатываются в основном на рейде – порт рейдовый. Морское судно заходит в акваторию порта, встает на рейд, к нему подходят сухогрузные или нефтеналивные баржи, перегружают груз и уже баржа идет к причалу или к берегу, где разгружается на необорудованный берег или у одного из трех причалов порта.

Основу перевозок в порту составляет северный завоз – поставки для нужд Мезенского и Лешуконского районов Архангельской области угля, дизельного топлива и ГСМ для внутреннего потребления. Расчетная пропускная способность порта – 132 тыс. т в год, из них по сухим грузам – 116 тыс. т, по наливным грузам – 16 тыс. т. Емкость резервуаров для хранения нефтепродуктов 12 тыс. т. Крытых складов в порту нет. Основной экологической проблемой является наличие угольной пыли при перевалке угля [10].

Порт Варандей. Местонахождение морского порта: Ненецкий автономный округ, побережье Баренцева моря, район Варандейской губы. Морской порт Варандей не имеет связи с железнодорожной сетью России. Грузооборот составляют сырая нефть, ГСМ, генеральные и другие грузы. Порт предназначен для транспортировки морским путем сырой нефти, добываемой компанией «Лукойл» на севере Ненецкого автономного округа (НАО) в Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции. Объем перевалки нефти за январь–апрель 2021 г. составил более 1,5 млн т. Экологическая ситуация в районе порта Варандей характеризуется как удовлетворительная [11, 12].

Порт Нарьян-Мар. Местонахождение морского порта: Ненецкий автономный округ, г. Нарьян-Мар, Баренцево море, река Печора. Основные грузы, проходящие через порт Нарьян-Мар – лес, уголь, минерально-строительные, продовольственные грузы, контейнеры и т.д. На данный момент потенциальная пропускная способность грузового морского терминала составляет 500 тыс. т в год. Порт находится в экологически неудовлетворительном состоянии. Происходит засорение территории и акватории порта древесиной, угольной пылью, цементом, строительными материалами [13].

Порт Сабетта. Местонахождение морского порта: Ямало-Ненецкий автономный округ, Ямальский район, на западном побережье Обской губы Карского моря. Это самый молодой арктический порт России, строительство которого началось в 2012 г. Порт в эксплуатации с 2013 г. Порт построен в рамках проекта «Ямал СПГ» для круглогодичной транспортировки сжиженного природного газа. Грузооборот порта в 2020 г. составил около 30 млн т. Структура грузооборота: сжиженный природный газ, газовый конденсат, сырая нефть, генеральные грузы. Экологическое состояние удовлетворительное [14].

Порт Дудинка. Местонахождение морского порта: Красноярский край, Карское море, река Енисей. Порт Дудинка – структурное подразделение ПАО «Норильский никель» и ключевой транспортный узел для вывоза продукции комбината и жизнеобеспечения Норильского промрайона. Порт Дудинка осуществляет завоз продукции и сырья для комбината ПАО «ГМК "Норильский никель"», а также «северный завоз», в который входят строительные материалы, продовольствие и уголь для населенных пунктов региона. С материком порт соединяет авиатранспорт и водный путь по Енисею. Железнодорожное и автомобильное сообщение отсутствует. В режиме круглогодичной навигации порт перерабатывает около 2 млн т грузов. Территория порта во время ежегодного паводка полностью затопливается. Проводятся регулярные работы по восстановлению инфраструктуры порта.

Основным источником загрязнения окружающей природной среды порта и города является ПАО «ГМК "Норильский никель"». Выбросы от его стационарных источников составляют 2/3 от выбросов по Красноярскому краю и 14 % от объема промышленных выбросов Российской Федерации. Выбросы вредных веществ комбината ежегодно составляют 2,3–2,5 млн т, из них 90 % диоксида серы, помимо диоксида серы, содержатся соединения никеля, меди, кобальта, свинца, фенола, оксиды азота и углерода, сероводород, диоксид селена и других веществ. Количество источников выбросов основную на подведомственной территории комбината более 2,3 тыс. единиц.

Объем отходов производства и потребления на территории муниципального образования составляет более 900 тыс. т, основную массу из которых составляет металлолом – более 600 тыс. т. Однако высокие транспортные затраты и удаленность объектов от г. Дудинка делают экономически невыгодным вывоз металлолома на пункты приема, что ведет к постоянному его накоплению и ухудшению экологической обстановки, отсутствует переработка приборов с ртутьсодержащими элементами и ртутьсодержащих ламп, которые в результате вывоза на полигоны твердых бытовых отходов и на несанкционированные свалки, являются наиболее опасными источниками загрязнения окружающей среды.

Не менее важной проблемой остается проблема утилизации и переработки отработанных масел и продуктов зачистки резервуаров на полевых объектах и в населенных пунктах. При сжигании данных видов отходов в атмосферу попадают опасные вещества, которые отрицательно влияют на окружающую среду и здоровье человека.

Нет объективных данных об общем количестве образующихся и накопившихся отходов производства и потребления, так как с 1998 г. не проводилась инвентаризация объектов размещения отходов. Кроме того, на берегах реки Енисей находится огромное количество древесины, которая до настоящего времени остается невостребованной. При этом большое количество леса ежегодно смывается в море при изменении уровня воды в реке Енисей. Продукты разложения древесины в воде в свою очередь приводят к уменьшению кормовой базы морских биоресурсов и снижению их численности.

Все населенные пункты муниципального образования расположены на берегах крупных и мелких рек, которые являются источниками снабжения населения питьевой водой. Суровые климатические условия, большая обводненность территории, недостаточность финансирования и проблемы с транспортом не позволяют строить полигоны в соответствии со всеми экологическими, санитарными и технологическими требованиями. С каждым годом увеличивается площадь земельных участков, занятых твердыми бытовыми отходами, идет процесс их разложения, а в период паводковых вод и снеготаяния идет загрязнение водных объектов, в том числе и питьевых.

Наиболее распространенными загрязняющими веществами в поверхностных водах являются нефтепродукты, аммонийный и нитратный азот, соединения металлов, соединения серы. В муниципальном образовании открытые водоемы, используемые для забора воды в питьевых целях, имеют повышенное содержание железа, низкое содержание фтора, а также, особенно в паводковый период, не соответствуют гигиеническим нормам по микробиологическим показателям (острые кишечные инфекции, дизентерия, гепатит А и др.). В водоемах периодически регистрируется превышение предельно допустимых концентраций цинка, кобальта, кадмия, все водозаборы, за исключением водозабора на озере Самсонкино (г. Дудинка), не имеют зон санитарной охраны, соответствующих санитарным нормам. Порт и близлежащая обширная территория находятся в экологически неудовлетворительном состоянии [15].

Порт Диксон. Местонахождение морского порта: Красноярский край, Таймырский Долгано-Ненецкий муниципальный район, поселок городского типа Диксон, юго-восточная часть Карского моря, Енисейский залив. Самый северный порт России. Основными грузами являются полезные ископаемые с ближайших месторождений, уголь и нефть. Негативное влияние Норильского промышленного узла распространяется далеко за пределы городского округа Норильска и оказывает влияние на атмосферу и территорию поселения и порта Диксон. Оценить это влияние количественно невозможно из-за отсутствия на территории поселения стационарных постов наблюдения за состоянием атмосферного воздуха. Основной вклад в общий объем загрязняющих выбросов в атмосферный воздух п.г.т. Диксон вносят объекты энергетики.

По природным условиям самоочищающаяся способность большинства рек рассматриваемой территории характеризуется как «низкая», а крупных рек – как «пониженная». Состояние водных объектов в западной части поселения неблагоприятное. По территории поселения основные крупные реки (Енисей и Пясины) протекают своей устьевой частью, их воды уже загрязнены в результате хозяйственной деятельности расположенных выше по течению объектов. ПАО «Норильский никель» сбрасывает сточные воды в реки Щучья и Наледная – притоки Пясины. Загрязнение реки Енисей и Енисейского залива формируется преимущественно промышленными объектами, расположенными в среднем течении – предприятиями электроэнергетики, цветной металлургии, топливной химической и целлюлозно-бумажной промышленности. Основные загрязняющие вещества: нефтепродукты, фенолы, медь, никель, кадмий и др. [15].

Порт Хатанга. Местонахождение морского порта: Красноярский край, море Лаптевых, река Хатанга, п. Хатанга. Основное назначение порта – снабжение грузами населенных пунктов, расположенных в бассейне реки Хатанги с притоками Котуй, Хета и Попигаи. Порт играет ключевую роль при поставках каменного угля и нефтепродуктов в рамках северного завоза, а также продовольственных товаров и продукции производственно-технического назначения на территории Таймырского муниципального района.

В грузообороте порта на долю генеральных грузов приходится 20 %, лесных – 7 %, навалочных (уголь и песчано-гравийная смесь) – 70 %, нефтеналивных – 3 %. Перевалку грузов в порту осуществляет АО «Хатангский морской торговый порт (ХМТП)». Для хранения грузов в порту оборудованы открытые складские площадки общей площадью 25,3 тыс. м². Крытых складов нет. В состав территории морского транспорта входят производственные площадки ЗАО «ХМТП», склады и гаражи. Неиспользуемые территории превращены в стихийные свалки металлолома, строительного мусора и других отходов. Отсутствует переработка ртутьсодержащих ламп. С каждым годом увеличивается площадь земельных участков, занятых различными отходами, идет процесс их разложения, а в период паводковых вод и снеготаяния идет загрязнение приближенных водных объектов, в том числе и питьевых. Загрязненные сточные воды ухудшают качество воды и ведут к гибели ценных пород рыб, уменьшению рыбных запасов водных объектов, к заболеваниям людей. Экологическая ситуация в сфере загрязнений почвы, атмосферы и акватории в районе порта и поселка неблагоприятная [15–17].

Порт Тикси. Местонахождение морского порта: Республика Саха (Якутия), море Лаптевых, губа Буор-Хая, бухта Тикси. Грузооборот порта более 300 тыс. т. В основном это нефтепродукты, уголь, строительные материалы и продовольствие, предназначенные для населения северных поселков. При перевалке угля и сильном ветре происходит загрязнение атмосферы и территории порта и поселка угольной пылью. На территории и акватории порта много брошенных и полузатопленных судов [18].

Порт Певек. Местонахождение морского порта: Чукотский автономный округ, г. Певек, Восточно-Сибирское море, Чаунская губа. Через Певек проходит более четверти объема всех поставок на Чукотку. Грузооборот порта составляет более 300 тыс. тонн в год. Основные виды грузов – уголь, песок, щебень, нефтепродукты легких сортов, контейнерные и генеральные грузы для компаний, работающих в Чаун-Билибинском промышленном узле. Экологической проблемой является загрязнение атмосферного воздуха и территории (акватории) порта угольной пылью [19].

Порт Анадырь. Местонахождение: Чукотский автономный округ, Берингово море, Анадырский залив, Анадырский лиман. Анадырь – единственный порт на Чукотке, который осуществляет речные перевозки навалочных, наливных и генеральных грузов в населенные пункты верховья рек Анадырского бассейна. Основные грузы – энергоносители, стройматериалы, продовольствие, генеральные грузы. В 2020 г. грузооборот порта составил 176,5 тыс. т. Большую часть объема переваливаемых грузов занимает уголь – 97 тыс. т; примерно треть, или 57 тыс. т – контейнерные и генеральные грузы; нефтепродукты – 21,9 тыс. т. Экологической проблемой является загрязнение атмосферного воздуха, территории и акватории порта угольной пылью [20].

Порт Провидения. Местонахождение: Чукотский автономный округ, Берингово море, бухта Провидения. Порт расположен у подножия горы. Самый восточный порт России. Основная специализация порта – завоз угля и нефтепродуктов для нужд Чукотки и генеральных грузов, поступающих из порта Владивосток. В 2020 г. в порту Провидения переработано – 26 тыс. т, из них почти половина – уголь, остальное – генеральные грузы и нефтепродукты. Экологической проблемой является загрязнение атмосферного воздуха, территории и акватории порта угольной пылью, а также загрязнение акватории порта нефтепродуктами и сточными водами [21].

Порт Эгвекино́т. Местонахождение: Чукотский автономный округ, п. Эгвекино́т, Берингово море, Залив Креста. Порт расположен у подножия горы. Средние показатели грузооборота порта Эгвекино́т сохраняются на уровне порядка 100 тыс. т в год. Основную долю грузов занимает ввозимый для нужд электростанции бурый уголь из Анадыря. Колебания грузооборота в основном связаны с потребностями Эгвекино́тской ГРЭС – единственным источником электроэнергии для ближайших населенных пунктов и приисков. Примерно четверть грузооборота занимают генеральные грузы и менее десятой части – наливные: дизельное топливо, авиационное топливо и бензин. Генеральные грузы в основном поступают из Владивостока, наливные – из Находки. Наблюдается повышенная защелоченность территории поселка и порта из-за постоянного выброса в атмосферу продуктов сгорания котельных, работающих на угле. Выщелачивание почвы также происходит из-за окиси кальция, присутствующей в выбросах в атмосферу и из-за шлака на территории поселка и порта. Экологическое состояние атмосферы и акватории порта ухудшается из-за наличия угольной пыли при открытом хранении и перевалке угля [22].

Порт Беринговский. Местонахождение: Чукотский автономный округ, Берингово море, северо-западное побережье бухты Угольная. Порт расположен у подножия сопки. Порт Беринговский – морской порт федерального значения, расположенный в бухте Угольная в северной части Берингова моря на юго-западном берегу Анадырского залива вблизи поселка Беринговский. Беринговский является рейдовым портом. Рейд доступен для захода судов с любой осадкой. Погрузка–разгрузка морских судов происходит на внешнем рейде, имеющимися портовыми перегрузочными средствами. Основным грузом является уголь, отправляемый потребителям Чукотки, Камчатки, КНР и в другие страны АТР. Добыча угля на месторождении «Фандюшкинское поле» производится компанией «Берингпромуголь» – дочерним предприятием австралийской угольной компании Tigers Realm Coal. Также в порту осуществляется обработка в небольших объемах генеральных, лесных, продовольственных и других грузов, необходимых для близлежащих населенных пунктов. Экологическая обстановка в районе порта и поселка из-за наличия большого количества угольной пыли, протекания ливневых и талых вод через территории угольных складов в море, а также попадания угля в воду при его перевалке на рейде является неблагоприятной [23].

Интересно, что в навигацию 2020 г. в морских портах Восточной Арктики (Певек, Анадырь, Провидения, Эгвекино́т, Беринговский), находящихся в зоне ответственности администрации портов, случаев нарушения требований безопасности мореплавания и загрязнения акваторий официально не зафиксировано. Это говорит о том, что либо в этих портах не перегружали уголь и убрали весь мусор, либо лаборатории, проводившие замеры загрязнений атмосферы и акватории, находятся в подчинении администрации портов [24].

Оценка влияния работы портов СМТК на экологическую безопасность

Значительное увеличение спроса на энергоносители, в частности, на уголь в странах Азиатско-Тихоокеанского региона и традиционно в северных населенных пунктах Арктической зоны России привели к тому, что большинство арктических портов по трассе СМТК активно заняты перевалкой угля.

Перевалка угля приводит к ухудшению экологической обстановки как в портах, так и вокруг них, так как в результате открытого хранения, воздействия сильных ветров, открытой перегрузке угля происходит существенное загрязнение атмосферного воздуха угольной пылью, а при ее оседании – к загрязнению территории и акватории порта и близлежащих населенных пунктов.

Существующие угольные терминалы не способствуют созданию нормальных условий для проживания людей, даже на расстоянии до нескольких километров от порта. Однако большинство арктических портов практически расположено в черте населенных пунктов в непосредственной близости от жилых застроек.

Главной опасностью, которую представляет уголь для природы и людей, является угольная пыль, которая при длительном воздействии на организм человека приводит к различным легочным заболеваниям, к развитию бронхитов, пневмонии, бронхиальной астмы, эмфиземы, дерматитов, конъюнктивита и другим, оказывает угнетающее воздействие на нервную, сердечно-сосудистую, пищеварительную системы, приводит к нарушению обмена веществ и снижению защитных функций организма. В силу высокой адсорбционной способности пылевые частицы способны удерживать на своей поверхности молекулы газообразных токсичных веществ, например, оксида и диоксида углерода, которые при попадании в организм человека приводят к его химическому поражению [25].

Арктика является самой хрупкой экосистемой на нашей планете, природа которой восстанавливается чрезвычайно медленно. Например, растительный покров – через несколько десятков или даже сотен лет. Угольная пыль приводит к ускоренному таянию вечной мерзлоты, снежного и ледового покрова. Таким образом, необходим особый подход к решению проблемы сохранения экологической системы Арктики с учетом экстремальных природных условий и высокой уязвимости арктической природы.

В результате свертывания хозяйственной деятельности в 90-е гг. прошлого века в Арктике остались многочисленные объекты, на которых расположены свалки пустых бочек, склады горюче-смазочных материалов и свалки бытовых отходов. При этом происходит разлив нефтепродуктов в результате развивающейся коррозии металлических бочек с попаданием нефтепродуктов в грунт и открытое море. Уровень загрязнения почв территорий отдельных портов достигает до сотен ПДК, а среднее суммарное содержание полициклических ароматических углеводородов (масел, технических жидкостей и т.п.) в 2–8 раз превышает значение допустимых концентраций. При этом ущерб экологии увеличивается в связи с процессами глобального потепления и разрушением вечной мерзлоты, которая частично препятствовала дальнейшему распространению загрязняющих веществ в океан [26, 27].

Практически рядом со всеми действующими арктическими портами или на их территории и акватории находятся часто стихийные свалки бытового и строительного мусора, металлических бочек из-под топлива, автомобильных покрышек, брошенных судов, являющихся источником разнообразного экологического вреда, наносимого почве, воде, растительному и животному миру, в том числе и человеку [28].

Однако уборка территории, рекультивация почвы и вывоз металлического лома и другого мусора, наносящего ущерб флоре и фауне, являются в условиях Арктики экономически затратными мероприятиями, поэтому на местах реальное положение в этой сфере часто замалчивается.

Таким образом, проведенное исследование состояния атмосферы, почвы и акватории портов, наличие вредных веществ (не только угольной пыли), влияющих на экологию северной природы, показало необходимость создания системы постоянного мониторинга и сбора данных о состоянии атмосферы, почвы и воды с помощью различных датчиков и передачи данных в системы хранения и обработки для последующего централизованного управления экологическим состоянием объектов обеспечения экологической безопасности.

Сетецентрическое управления экологической безопасностью СМТК

Основными недостатками существующей системы обеспечения экологической безопасности СМТК являются:

- 1) отсутствие целостной информационной среды управления техносферной безопасностью территорий и акваторий портов СМТК;
- 2) несогласованность децентрализованного принятия решений на разных уровнях иерархии организационного управления экологической безопасностью объектов СМТК;
- 3) жесткое иерархическое управление техносферной безопасностью в условиях распределенности и организационной разнородности участников процессов обеспечения экологической безопасности СМТК.

Централизованное управление экологической безопасностью портов СМТК является малоэффективным в реальных условиях и не обеспечивает нужного эффекта. Аспектов экологической безопасности много и они очень разноплановые. Их необходимо системно рассматривать как единое целое. Проблематики добавляют и региональные особенности, специфичные для каждого отдельно-го арктического региона, в котором размещаются элементы критической инфраструктуры СМТК.

Для предупреждения и смягчения последствий критических ситуаций и угроз экологической безопасности на объектах СМТК необходимо принимать согласованные управленческие решения в очень ограниченное время. Это обстоятельство обуславливает необходимость перехода на модель сетецентрического управления экологической безопасностью объектов критической инфраструктуры СМТК. Для этого необходимо, с одной стороны, отказаться от закрытых иерархических структур управления техносферной безопасностью с жесткими организационными связями и централизованным управлением и осуществить переход к открытым сетевым виртуальным организационным структурам с гибкими связями и децентрализованным управлением, а, с другой стороны, сформировать единое информационное поле для принятия согласованных управленческих решений в условиях децентрализованного управления безопасностью. Сетецентрический подход адекватно отражает реальную природу управления сложными эколого-экономическими и транспортными системами и учитывает при этом децентрализованный характер процессов обеспечения экологической безопасности СМТК, как по функциональной структуре, так и по составу участников.

Транспортная инфраструктура СМТК представляет собой сетецентрическую систему взаимосвязанных арктических портов и логистических узлов для перевозки, временного хранения и перевалки грузов. Управление транспортной, экологической и связанными с ними видами безопасности критической инфраструктуры СМТК осуществляется с применением комплексных аварийно-спасательных центров МЧС России, центров мониторинга обстановки и региональных ситуационных центров, имеющих собственные зоны ответственности и сферы интересов.

Эффективным средством реализации сетецентрического управления экологической и другими видами безопасности СМТК в условиях возникновения разнотипных критических ситуаций социально-экономического, техногенного и природного характера является система распределенных ситуационных центров [29] – центров управления и поддержки принятия решений.

Таким образом, сетецентрическое управление экологической безопасностью СМТК заключается в реализации сетевой структуры организационного управления объектами критической инфраструктуры СМТК с выделенными управляющими ситуационными центрами, имеющими свои зоны ответственности и взаимодействующими между собой посредством их интеграции в единое региональное информационное пространство.

Для повышения экологической устойчивости объектов критической инфраструктуры СМТК к изменениям условий их функционирования в ходе исследований предложена адаптация метода ситуационного управления структурой и параметрами промышленно-природных сетецентрических систем [30], разработанного в Институте информатики и математического моделирования им. В. А. Путилова ФИЦ «Кольский научный центр РАН». Метод основан на получении и анализе числовых оценок ситуационной осведомленности лиц, принимающих решения, ответственных за работу критически важных объектов этих систем. Отличительной особенностью данного метода является автоматическое назначение координаторов и формирование их зон ответственности в виде областей локальных максимумов текущих значений оценок ситуационной осведомленности. Переформирование зон осуществляется при диагностировании быстрой деградации оценки осведомленности для какого-либо из координаторов. Концептуальная схема оперативного формирования зон ответственности (ЗО) лиц, принимающих решения (ЛПР), в модели сетецентрического управления экологической безопасностью объектов критической инфраструктуры СМТК представлена на рис. 2.

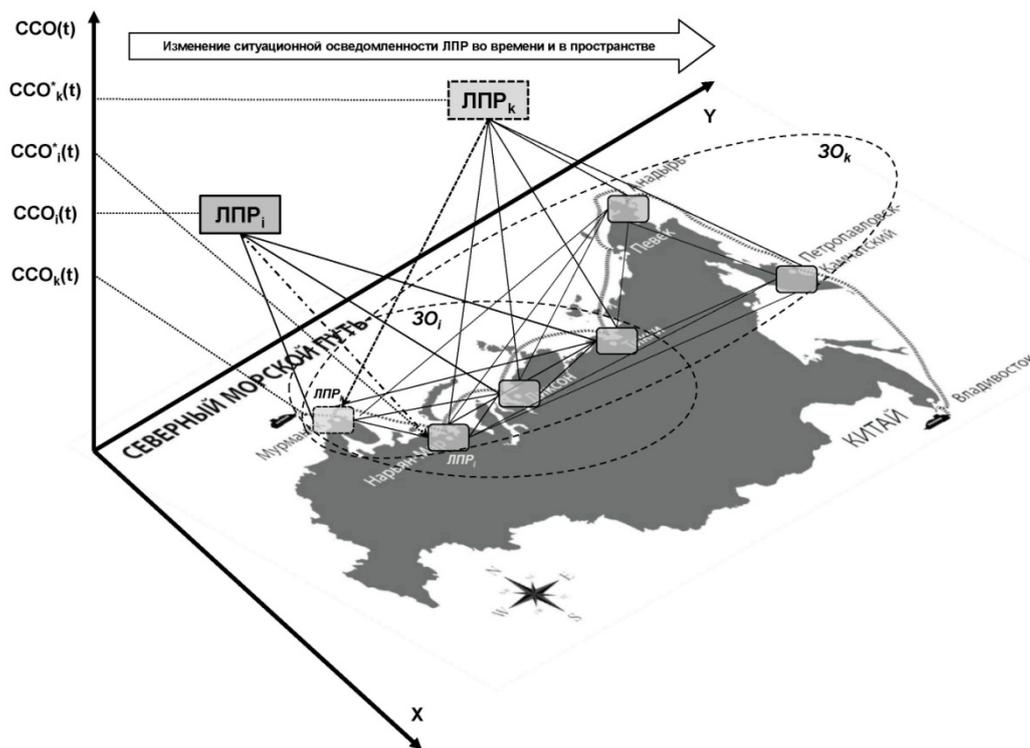


Рис. 2. Общая схема оперативного формирования зон ответственности лиц, принимающих решения, в сетевцентрической системе СМТК: ССО – степень ситуационной осведомленности

В общем случае степень ситуационной осведомленности определяется соотношением между мощностями множества входной информации (ресурсов) зоны ответственности лица, принимающего решения, изменяющейся без его участия; множества выходной информации и ресурсов, подконтрольных этому управляющему субъекту, и их долей в общем количестве информации и ресурсов, существенных для функционирования объекта управления или всей сетевцентрической системы в целом [31]. Эти соотношения позволяют объективно оценить важность решений данного субъекта управления и учитывать эту важность при поиске баланса интересов всех лиц, принимающих решения в сетевцентрической системе и влияющих на характеристики отдельного объекта управления или совокупности объектов (системы).

В рамках применения метода [30] для поддержки адаптивного управления структурой и параметрами взаимосвязанных объектов (арктических портов) критической инфраструктуры СМТК предлагается формализовать транспортную сетевцентрическую систему СМТК как функционально-территориальную сеть, каждый узел (вершина) в которой имеет свою цель, задаваемую некоторым критерием качества. Все иерархические связи «скрываются» во внутренней структуре узлов. В зависимости от сложившейся ситуации любой узел сети может стать центром некоторой связанной части или всей системы в целом, в таком случае он получает право и возможность координировать взаимодействия узлов, вошедших в его зону ответственности. При этом могут быть совместно использованы известные модели и методы координации [32], например, градиентные или игровые. Изначально сеть является пиринговой (одноранговой) не только и не столько в чисто сетевом смысле этого термина, сколько в равноправии узлов в плане принятия решений. В ходе работы такой сетевцентрической системы ранги узлов меняются в зависимости от количества подведомственных им узлов.

При реализации метода использованы следующие числовые оценки ситуационной осведомленности и трех ее основных уровней для каждого лица, принимающего решения, влияющего на работу сетевцентрической системы [31, 33]:

1) степень восприятия окружающей среды (I^{ER}) – отношение количества контролируемых i -м лицом, принимающим решения, ресурсов к количеству ресурсов, влияющих на его зону ответственности ($ЗО_i$);

2) степень понимания ситуации (I^{SU}) – мера близости состояния $ЗО$ к идеальному, зависит от вектора невязок собственных критериев качества работы $ЗО_i$ и вектора невязок входных ресурсов $ЗО_i$;

3) степень прогноза будущего (I^{FU}) – мера скорости изменения ситуации в $3O_i$.

Значения числовых оценок степени ситуационной осведомленности и каждой из ее компонент характеризуются неотрицательным числом с максимальным значением 1, т.е. все оценки меняются в диапазоне от 0 до 1.

Формальная модель степени ситуационной осведомленности лица, принимающего решения, в общем случае имеет вид [33]

$$I^{SA} = I^{ER} \times I^{SU} \times I^{FU},$$

$$I^{ER} = \frac{n}{n+m}, I^{SU} = \frac{2 - \delta a^{own} - \delta a^{in}}{2 - (\delta a^{own})^2 - (\delta a^{in})^2}, I^{FU} = 1 - e^{-\tilde{T}}, T = \frac{\alpha}{\Phi |\Lambda \Phi|},$$

где I^{ER} – степень восприятия окружающей среды, равная отношению количества контролируемых лицом, принимающим решение, ресурсов к общему количеству ресурсов, влияющих на его зону ответственности; I^{SU} – степень понимания ситуации или процесс синтеза элементов I^{ER} (мера близости текущего состояния управляемых объектов к идеальному); I^{FU} – степень прогноза будущего состояния объектов управления, которая определяется скоростью изменения ситуации в зоне ответственности субъекта управления; n – количество входных ресурсов в зоне ответственности лица, принимающего решения; m – количество вырабатываемых им ресурсов; $\delta a^{own} = \sqrt{\sum_{j=1}^n \delta a_j^2}$ – вектор

невязок собственных критериев качества работы субъекта управления; $\delta a^{in} = \sqrt{\sum_{k=1}^m \delta a_k^2}$ – вектор

невязок входных ресурсов субъекта управления; Φ – критерий качества работы субъекта управления; T – интервал достоверного прогноза; \tilde{T} – сглаженное значение T ; α – параметр, задающий временную динамику функционирования субъекта управления, то есть изменение его зоны ответственности в процессе принятия решений, $\alpha > 0$.

Согласно работе [31] необходимо учитывать асимптотические свойства компонентов модели ситуационной осведомленности, а именно:

– для I^{SU} : при $\delta a^{own} \rightarrow 0$ и $\delta a^{in} \rightarrow 0$ $I^{SU} \rightarrow 1$; при $\delta a^{own} \gg 1$ $I^{SU} \rightarrow 0$; при $\delta a^{in} \gg 1$ $I^{SU} \rightarrow 0$;

– для I^{FU} : при $\Phi \rightarrow 0$ и $\Lambda \Phi \rightarrow 0$ $I^{FU} \rightarrow 1$, $T \rightarrow \infty$; при $|\Lambda \Phi| \rightarrow \infty$ $I^{FU} \rightarrow 0$, $T \rightarrow 0$; при

$\Phi \gg 1$ $I^{FU} \rightarrow 0$, $T \rightarrow 0$.

Совместно с приведенными числовыми метриками ситуационной осведомленности могут применяться и другие известные виды оценок и их комбинации.

Предложенная концептуальная схема проблемного мониторинга и оперативного формирования ситуационной осведомленности лиц, принимающих решения, об угрозах экологической безопасности и параметрах функционирования арктических портов для реализации модели сетецентрического управления критической инфраструктурой СМТК обеспечивает улучшение координируемости критически важных объектов СМТК на различных уровнях организационного управления.

Заключение

Все порты по маршруту СМТК, занимающиеся перевалкой экологически опасных грузов, небрежное обращение с которыми представляет опасность для флоры и фауны, являются источниками реальной экологической угрозы хрупкой северной природе Арктики.

Наиболее заметной и вызывающей наибольшие опасения и жалобы жителей населенных пунктов, расположенных вблизи морских портов, является перевалка угля и сопровождающая ее угольная пыль.

В целях уменьшения вредного воздействия угольной пыли на человека и экологию необходимо принятие следующих практических мер: обеспечение регулярного смачивания и поддержания необходимого уровня влажности в местах хранения запасов угля; строительство на территории портов крытых складов и закрытых погрузочных средств для подачи угля в трюмы сухогрузов; осуществление регулярных проверок лабораториями, независимыми от администраций портов, почвы, атмосферы и акватории на наличие угольной пыли и других вредных веществ.

Для контроля и управления экологической безопасностью на территории и акватории портов необходимо создание системы постоянного мониторинга и сбора данных о наличии вредных веществ в атмосфере, почве и воде с помощью различных датчиков и передачи экологических данных в системы хранения и обработки для последующего централизованного управления экологическим состоянием объектов обеспечения экологической безопасности.

Сетецентрический подход к организации обеспечения экологической безопасности и поддержания устойчивого функционирования объектов критической инфраструктуры СМТК в динамически меняющихся условиях обстановки позволяет повысить качество управления структурой и параметрами этих объектов на разных уровнях принятия решений, а также эффективность реализации государственной политики в сфере охраны окружающей среды на Арктическом региональном направлении. Для получения комплексного эффекта на практике необходимо обеспечить оперативное формирование ситуационной осведомленности лиц, принимающих решения, и координацию их деятельности согласно их зонам ответственности и сферам интересов. Такой эффект достигается за счет авторских теоретических разработок.

Результаты работы смогут найти применение для информационно-аналитической поддержки региональных ситуационных центров, ответственных за работу составных частей (портов и узлов) сетецентрической транспортной инфраструктуры Северного морского пути, в части решения задач обеспечения экологической и других видов безопасности в Арктике.

Список литературы

1. Северный морской путь. Итоги 2020 года. Макеты инфографики // РОСАТОМ. М., 2021. 24 с. URL: <https://arctic.gov.ru/wp-content/uploads/2021/02/2020.pdf> (дата обращения: 19.04.2021).
2. Грузооборот Севморпути в 2021 году: рост сверх ожиданий. URL: <https://arctic-russia.ru/article/gruzooborot-sevmorputi-v-2021-godu-rost-sverkh-ozhidaniy/> (дата обращения: 15.06.2022).
3. Гурлев И. В., Макоско А. А., Малыгин И. Г. Анализ состояния и развития транспортной системы Северного морского пути // Арктика: экология и экономика. 2022. № 2. С. 258–270.
4. Гурлев И. В., Малыгин И. Г., Маслобоев А. В. Северный морской транспортный коридор как угроза экологии Арктики // Труды Института системного анализа РАН. 2022. Т. 72, № 4. С. 82–95.
5. Знаете, сколько портов в Арктике у России? URL: <https://zen.yandex.ru/media/logistics/znaete-skolko-portov-v-arktike-u-rossii-5fa5af2bb1fbcf2e23f5099b> (дата обращения: 05.08.2021).
6. Интернет-бюллетень. Загрязнение акватории и районов морских портов Российской Федерации в 2020 г. URL: http://xn--c1akpc.xn--p1ai/lmz-docs/ports_20.pdf (дата обращения: 08.09.2022).
7. Архангельск – порт круглогодичной навигации // Морские порты. 2020. № 1. URL: <http://www.morvesti.ru/analitika/1688/84878/> (дата обращения: 28.08.2022).
8. Новая жизнь Белого моря. Порт Витино: открыть заново. URL: <https://arctic-russia.ru/project/novaya-zhizn-belogo-morya/> (дата обращения: 02.09.2022).
9. Служба капитана порта Онега на страже безопасности и порядка // Морские порты. 2020. № 10. URL: <http://www.morvesti.ru/analitika/1688/88222/> (дата обращения: 08.09.2022).
10. Порт Мезень: Северный завоз как жизненная необходимость // Морские порты. 2018. № 3. URL: <http://www.morvesti.ru/analitika/1692/72216/> (дата обращения: 05.09.2022).
11. Порт Варандей – уникальный центр перевалки нефти в Арктике // Морские порты. 2021. № 4. URL: <http://www.morvesti.ru/analitika/1688/90572/> (дата обращения: 06.09.2022).
12. Мискевич И. В., Деменков О. В. Оценка влияния хозяйственной деятельности в районе острова Варандей на геоэкологическую ситуацию в Печорском море // Успехи современного естествознания. 2021. № 5. С. 88–93.
13. Порт Нарьян-Мар с терминалом Амдерма нужен Севморпути // Морские порты. 2019. № 8. URL: <http://www.morvesti.ru/analitika/1688/82402/> (дата обращения: 30.08.2022).
14. Порт Сабетта растет вширь и вглубь // Морские порты. 2020. № 9. URL: <http://www.morvesti.ru/exclusive/88221/> (дата обращения: 02.09.2022).
15. Генеральная схема санитарной очистки муниципальных образований Красноярского края. Кн. 2. Раздел 2. СПб. : ООО «ИПЭиГ», 2015. 220 с.
16. Хатангский морской торговый порт. URL: <http://my.krskstate.ru/docs/infrasrtructure/khatangskiy-morskoy-torgovuy-port/> (дата обращения: 07.09.2022).
17. Хатанга – река, арктический поселок и морской порт // Морские порты. 2016. № 6. URL: <http://www.morvesti.ru/analitika/1688/63207/> (дата обращения: 07.09.2022).
18. Порт Тикси – новый арктический рубеж // Морские порты. 2019. № 7. URL: <http://www.morvesti.ru/exclusive/81615/> (дата обращения: 05.09.2022).

19. Морской порт Певек – опорный пункт системы безопасности мореплавания в Арктике // Морские порты. 2017. № 9. URL: <http://www.morvesti.ru/exclusive/72276/> (дата обращения: 04.09.2022).
20. Порт Анадырь – в госпрограммах развития Чукотки // Морские порты. 2021. № 2. URL: <http://www.morvesti.ru/analitika/1688/89497/> (дата обращения: 06.09.2022).
21. Морской порт Провидения – нетронутая жемчужина Арктики // Морские порты. 2021. № 8. URL: <http://www.morvesti.ru/analitika/1688/93357/> (дата обращения: 02.09.2022).
22. Порт Эгвекинот намерен увеличить грузооборот по итогам года на треть // Морские порты. 2020. № 6. URL: <http://www.morvesti.ru/news/1679/86035/> (дата обращения: 31.08.2022).
23. ТОП «Беринговский» даст Чукотке первый круглогодичный порт // Морские порты. 2018. № 2. URL: <http://www.morvesti.ru/analitika/1692/71616/> (дата обращения: 06.09.2022).
24. Навигация-2020 закрыта во всех портах Чукотки. URL: <https://lenoblast.bezformata.com/listnews/2020-zakrita-vo-vseh-portah/89531978/> (дата обращения: 10.09.2022).
25. Юркова А. А. Влияние угольной пыли на экологию // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2020. № 3-1. С. 11–13.
26. Паспорт Федеральной целевой программы «Ликвидация накопленного экологического ущерба» на 2014–2025 годы. М. : Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации, 2013. 47 с.
27. Гребенец В. И., Толманов В. А., Хайрединова А. Г., Юров Ф. Д. Проблема размещения отходов в арктических регионах России // Проблемы региональной экологии. 2019. № 3. С. 63–67.
28. Васильков В. С., Яшалова Н. Н., Новиков А. В. Климатические и экологические риски развития прибрежных арктических территорий // Арктика: экология и экономика. 2021. № 3. С. 341–352.
29. Зацаринный А. А., Сучков А. П. Информационное взаимодействие в распределенных системах ситуационного управления. М. : ТОРУС ПРЕСС, 2021. 268 с.
30. Фридман А. Я., Кулик Б. А. Когнитивный подход к оценке ситуационной осведомленности в сетевых системах гражданского назначения // Гибридные и синергетические интеллектуальные системы: материалы V Всероссийской Поспеловской конференции с международным участием / под ред. А. В. Колесникова. Калининград : Издательство БФУ им. И. Канта, 2020. С. 489–497.
31. Кулик Б. А., Фридман А. Я. Количественная оценка ситуационной осведомленности в системе концептуального моделирования // Системный анализ в проектировании и управлении: тр. XXIII Междунар. науч. конф. СПб. : СПбПУ, 2019. С. 449–460.
32. Михайлов Р. Л. Анализ научно-методического аппарата теории координации и его использования в различных областях исследований // Системы управления, связи и безопасности. 2016. № 4. С. 1–30.
33. Маслобоев А. В., Цыгичко В. Н. Анализ информационной структуры и конфигурирование систем поддержки принятия решений региональных ситуационных центров // Надежность и качество сложных систем. 2020. № 2. С. 68–84.

References

1. The Northern Sea Route. Results of 2020. Layouts of infographics. *ROSATOM*. Moscow, 2021:24. (In Russ.). Available at: <https://arctic.gov.ru/wp-content/uploads/2021/02/2020.pdf> (accessed 19.04.2021).
2. *Gruzooborot Sevmorputi v 2021 godu: rost sverkh ozhidaniy = Cargo turnover of the Northern Sea Route in 2021: growth beyond expectations*. (In Russ.). Available at: <https://arctic-russia.ru/article/gruzooborot-sevmorputi-v-2021-godu-rost-sverkh-ozhidaniy/> (accessed 15.06.2022).
3. Gurlev I.V., Makosko A.A., Malygin I.G. Analysis of the state and development of the transport system of the Northern Sea Route. *Arktika: ekologiya i ekonomika = Arctic: ecology and economics*. 2022;(2):258–270. (In Russ.)
4. Gurlev I.V., Malygin I.G., Masloboev A.V. The Northern Sea transport corridor as a threat to the Arctic ecology. *Trudy Instituta sistemnogo analiza RAN = Proceedings of the Institute of System Analysis of the Russian Academy of Sciences*. 2022;72(4):82–95. (In Russ.)
5. *Znaete, skol'ko portov v Arktike u Rossii? = Do you know how many ports in the Arctic Russia has?* (In Russ.). Available at: <https://zen.yandex.ru/media/logistics/znaete-skolko-portov-v-arktike-u-rossii-5fa5af2bb1fbcf2e23f5099b> (accessed 05.08.2021).
6. *Internet-byulleten'. Zagryaznenie akvatorii i rayonov morskikh portov Rossiyskoy Federatsii v 2020 g. = Internet bulletin. Pollution of the water area and areas of seaports of the Russian Federation in 2020*. (In Russ.). Available at: http://xn--clakpc.xn--plai/lmz-docs/ports_20.pdf (accessed 08.09.2022).
7. Arkhangelsk is a year-round navigation port. *Morskie porty = Seaports*. 2020;(1). (In Russ.). Available at: <http://www.morvesti.ru/analitika/1688/84878/> (accessed 28.08.2022).
8. *Novaya zhizn' Belogo Morya. Port Vitino: otkryt' zanovo = New Life of the White Sea. Vitino port: reopen*. (In Russ.). Available at: <https://arctic-russia.ru/project/novaya-zhizn-belogo-morya/> (accessed 02.09.2022).
9. The service of the captain of the port of Onega on the guard of security and order. *Morskie porty = Seaports*. 2020;(10). (In Russ.). Available at: <http://www.morvesti.ru/analitika/1688/88222/> (accessed 08.09.2022).

10. Port of Mezen: Northern delivery as a vital necessity. *Morskie porty = Seaports*. 2018;(3). (In Russ.). Available at: <http://www.morvesti.ru/analitika/1692/72216/> (accessed 05.09.2022).
11. The port of Varandey is a unique center of oil transshipment in the Arctic. *Morskie porty = Seaports*. 2021;(4). (In Russ.). Available at: <http://www.morvesti.ru/analitika/1688/90572/> (accessed 06.09.2022).
12. Miskevich I.V., Demenkov O.V. Assessment of the impact of economic activity in the area of Varandey Island on the geoecological situation in the Pechora Sea. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya = Successes of modern natural science*. 2021;(5):88–93. (In Russ.)
13. Naryan-Mar port with Amderma terminal on the Northern Sea Route. *Morskie porty = Seaports*. 2019;(8). (In Russ.). Available at: <http://www.morvesti.ru/analitika/1688/82402/> (accessed 30.08.2022).
14. The port of Sabetta is growing in breadth and depth. *Morskie porty = Seaports*. 2020;(9). (In Russ.). Available at: <http://www.morvesti.ru/exclusive/88221/> (accessed 02.09.2022).
15. *General'naya skhema sanitarnoy ochistki munitsipal'nykh obrazovaniy Krasnoyarskogo kraya. Kn. 2. Razdel 2 = General scheme of sanitary cleaning of municipalities of the Krasnoyarsk Territory. Book 2. Section 2*. Saint Petersburg: OOO «IPEiG», 2015:220. (In Russ.)
16. *Khatangskiy morskoy torgovyy port = Khatanga Commercial Sea Port*. (In Russ.). Available at: <http://my.krskstate.ru/docs/infrastructure/khatangskiy-morskoy-torgovyy-port/> (accessed 07.09.2022).
17. Khatanga – river, Arctic settlement and seaport. *Morskie porty = Seaports*. 2016;(6). (In Russ.). Available at: <http://www.morvesti.ru/analitika/1688/63207/> (accessed 07.09.2022).
18. Tiksi Port – new Arctic frontier. *Morskie porty = Seaports*. 2019;(7). (In Russ.). Available at: <http://www.morvesti.ru/exclusive/81615/> (accessed 05.09.2022).
19. The seaport of Pevek is a strong point of the navigation safety system in the Arctic. *Morskie porty = Seaports*. 2017;(9). (In Russ.). Available at: <http://www.morvesti.ru/exclusive/72276/> (accessed 04.09.2022).
20. The port of Anadyr – in the state programs of development of Chukotka. *Morskie porty = Seaports*. 2021;(2). (In Russ.). Available at: <http://www.morvesti.ru/analitika/1688/89497/> (accessed 06.09.2022).
21. Providence Seaport is an untouched pearl of the Arctic. *Morskie porty = Seaports*. 2021;(8). (In Russ.). Available at: <http://www.morvesti.ru/analitika/1688/93357/> (accessed 02.09.2022).
22. Egvekinot port intends to increase cargo turnover by a third by the end of the year. *Morskie porty = Seaports*. 2020;(6). (In Russ.). Available at: <http://www.morvesti.ru/news/1679/86035/> (accessed 31.08.2022).
23. The Beringovskiy TOR will give Chukotka the first year-round port. *Morskie porty = Seaports*. 2018;(2). (In Russ.). Available at: <http://www.morvesti.ru/analitika/1692/71616/> (accessed 06.09.2022).
24. *Navigatsiya-2020 zakryta vo vseh portakh Chukotki = Navigation 2020 is closed in all ports of Chukotka*. (In Russ.). Available at: [https:// lenoblast.bezformata.com/listnews/2020-zakryta-vo-vseh-portah/89531978/](https://lenoblast.bezformata.com/listnews/2020-zakryta-vo-vseh-portah/89531978/) (accessed 10.09.2022).
25. Yurkova A.A. The influence of coal dust on ecology. *Mezhdunarodnyy zhurnal gumanitarnykh i estestvennykh nauk = International Journal of Humanities and Natural Sciences*. 2020;(3-1):11–13. (In Russ.)
26. *Pasport Federal'noy islevooy programmy «Likvidatsiya nakoplennoy ekologicheskogo ushcherba» na 2014–2025 gody = Passport of the Federal Target program "Elimination of accumulated environmental damage" for 2014–2025*. Moscow: Ministerstvo prirodnnykh resursov i ekologii Rossiyskoy Federatsii, 2013:47. (In Russ.)
27. Grebenets V.I., Tolmanov V.A., Khayredinova A.G., Yurov F.D. The problem of waste disposal in the Arctic regions of Russia. *Problemy regional'noy ekologii = Problems of regional ecology*. 2019;(3):63–67. (In Russ.)
28. Vasil'kov V.S., Yashalova N.N., Novikov A.V. Climatic and environmental risks of the development of coastal Arctic territories. *Arktika: ekologiya i ekonomika = Arctic: ecology and economics*. 2021;(3):341–352. (In Russ.)
29. Zatsarinnyy A.A., Suchkov A.P. *Informatsionnoe vzaimodeystvie v raspredelennykh sistemakh situatsionnogo upravleniya = Information interaction in distributed situational control systems*. Moscow: TORUS PRESS, 2021:268. (In Russ.)
30. Fridman A.Ya., Kulik B.A. Cognitive approach to assessing situational awareness in network-centric systems of civil purpose. *Gibridnye i sinergeticheskie intellektual'nye sistemy: materialy V Vserossiyskoy Pospelovskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem = Hybrid and synergetic intelligent systems: materials of the V All-Russian Pospelovskaya Conference with international participation*. Kaliningrad: Izdatel'stvo BFU im. I. Kanta, 2020:489–497. (In Russ.)
31. Kulik B.A., Fridman A.Ya. Quantitative assessment of situational awareness in the conceptual modeling system. *Sistemnyy analiz v proektirovanii i upravlenii: tr. XXIII Mezhdunar. nauch. konf. = System analysis in design and management: Proceedings of the XXIII International scientific conference*. Saint Petersburg: SPbPU, 2019:449–460. (In Russ.)
32. Mikhaylov R.L. Analysis of the scientific and methodological apparatus of the theory of coordination and its use in various fields of research. *Sistemy upravleniya, svyazi i bezopasnosti = Control systems, communications and security*. 2016;(4):1–30. (In Russ.)
33. Masloboev A.V., Tsygichko V.N. Analysis of the information structure and configuration of decision support systems of regional situational centers. *Nadezhnost' i kachestvo slozhnykh sistem = Reliability and quality of complex systems*. 2020;(2):68–84. (In Russ.)

Информация об авторах / Information about the authors

Игорь Валентинович Гурлев

доктор технических наук,
старший научный сотрудник,
ведущий научный сотрудник лаборатории
проблем организации транспортных систем,
Институт проблем транспорта имени Н. С. Соломенко
Российской академии наук
(Россия, г. Санкт-Петербург, 12-я линия ВО, 13)
E-mail: gurleff@mail.ru

Андрей Владимирович Маслобоев

доктор технических наук, доцент,
ведущий научный сотрудник,
заведующий лабораторией информационных
технологий управления региональным развитием,
Институт информатики и математического
моделирования имени В. А. Путилова
Федерального исследовательского центра
«Кольский научный центр Российской академии наук»
(Россия, г. Апатиты, ул. Ферсмана, 14)
E-mail: masloboev@iimm.ru

Игорь Геннадьевич Малыгин

доктор технических наук, профессор, директор,
Институт проблем транспорта имени Н. С. Соломенко
Российской академии наук
(Россия, г. Санкт-Петербург, 12-я линия ВО, 13)
E-mail: malygin_com@mail.ru

Igor V. Gurlev

Doctor of technical sciences, senior researcher,
leading researcher of laboratory
of the transport systems organization,
Solomenko Institute of Transport Problems
of the Russian Academy of Sciences
(13 12-th Line VO, St. Petersburg, Russia)

Andrey V. Masloboev

Doctor of technical sciences, associate professor,
leading researcher, head of the laboratory
of information technologies
for regional development management,
Putilov Institute for Informatics and Mathematical
Modeling of the Federal Research Centre
"Kola Science Centre of the Russian Academy of Sciences"
(14 Fersmana street, Apatity, Russia)

Igor G. Malygin

Doctor of technical sciences, professor, director,
Solomenko Institute of Transport Problems
of the Russian Academy of Sciences
(13 12-th Line VO, St. Petersburg, Russia)

**Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов /
The authors declare no conflicts of interests.**

Поступила в редакцию / Received 28.02.2022

Поступила после рецензирования / Revised 30.03.2022

Принята к публикации / Accepted 18.04.2022