

ISSN (Online): 2658-4255

RUSSIAN ARCTIC

russian-arctic.info

Volume 5 № 2/2023



OCEANOLOGY

INFORMATIVENESS (INFORMATION-BEARING)
OF FACTORS FORMING INTERANNUAL VARIABILITY
OF THE BARENTS SEA AND ITS INDIVIDUAL AREAS
ICE COVEREN

Ph: Yan Silchenko
Lighthouse Aniva

RUSSIAN ARCTIC VOLUME 5 № 2 2023 SCIENTIFIC PEER-REVIEWED JOURNAL

CHIEF EDITOR

KIRA ZMIEVA

EDITORIAL BOARD

Hajime Yamaguchi, professor (Tokyo, Japan)
Younkyoo Kim, professor (Seoul, Korea)
Takuji Waseda (Tokyo, Japan)
Kokin Sergey, PhD (Harbin, China)
Rhee Han Woo, candidate of Doctor of IR (Seoul, Korea)
Thomas Krumpfen, PhD in geoscience (Bremen, Germany)
Belozersky Gennady Doctor of Sciences (St.Peterburg, Russia)
Belonenko Tatiana, Doctor of Sciences (St. Petersburg, Russia)
Bityukova Victoria Doctor of Sciences (Moscow, Russia)
Bryantsev Alexander, Doctor of Sciences (Moscow, Russia)
Chashchin Valery, Doctor of Sciences, Prof (St. Petersburg, Russia)
Chashchin Maxim, Doctor of Sciences (St.Petersburg, Russia)
Chubarova Natalia, Doctor of Sciences (Moscow, Russia)
Degteva Galina, Doctor of Sciences (Arkhangelsk, Russia)
Dmitriev Vasily, Doctor of Sciences (St. Peterburg, Russia)
Eseev Marat, Doctor of Sciences (Arkhangelsk, Russia)
Fridman Krill Doctor of Sciences (St. Petersburg, Russia)
Gavrilov Vladimir, Doctor of Sciences (Moscow, Russia)
Gecha Vladimir, Doctor of Sciences (Moscow, Russia)
Gorbanev Sergey, Doctor of Sciences (St. Petersburg, Russia)
Hrennikov Aleksander, Doctor of Sciences (Moscow, Russia)
Ivanov Vladimir, Doctor of sciences (Moscow, Russia)
Kapitanov Aleksey, Doctor of Sciences (Moscow, Russia)
Korobov Vladimir, Doctor of Sciences (Moscow, Russia)
Kovchin Igor, Doctor of Sciences (Moscow, Russia)
Lebedev Sergey, Doctor of Sciences (Moscow, Russia)
Levykin Sergey, Doctor of Sciences, Prof (Orenburg, Russia)
Maksimov A.L., Doctor of Sciences, Prof (St. Petersburg, Russia)
Malinin Valery, Doctor of Sciences (St. Petersburg, Russia)
Mingazova Elmira, Doctor Sciences, professor (Moscow, Russia)
Mironov Evgeny, Doctor of Sciences (St. Petersburg, Russia)
Mitina Elena, Doctor of Sciences (Murmansk, Russia)
Nikuschenko Dmitry, Doctor of Sciences (St. Petersburg, Russia)
Opekunova Marina, Doctor of Sciences (St. Peterburg, Russia)
Prohorchuk Egor, Doctor of Sciences (Moscow, Russia)
Repina Irina, Doctor of Sciences, Professor (Moscow, Russia)
Romanov Andrey, Doctor of Sciences (Barnaul, Russia)
Rusin Igor, Doctor of Sciences (St. Petersburg, Russia)
Semenov Vladimir, Doctor of Sciences (Moscow, Russia)
Serebryannikov S., Doctor of Technical Sciences (Moscow, Russia)
Schwarzburg Leonid, Doctor of Sciences (Moscow, Russia)
Stepanova Vera, Doctor of Sciences (Arkhangelsk, Russia)
Talykova Lyudmila, Doctor of Sciences (Kirovsk, Russia)
Tishkov Arkady, Doctor of Sciences (Moscow, Russia)
Tokarevich Nikolay, Doctor of Sciences (St. Petersburg, Russia)
Turichin Gleb, Doctor of Sciences (St. Petersburg, Russia)
Varivodov Vladimir, Doctor of Sciences (Moscow, Russia)
Zvorykina Julia, Doctor of Sciences (Moscow, Russia)
Chebrov Danila, PhD (Petropavlovsk Kamchatsky, Russia)
Ivanov Boris, PhD (St.Peterburg, Russia)
Karyakin Yuri, PhD (Moscow, Russia)
Khvostova Marina, PhD (Moscow, Russia)
Klimanov Igor, PhD (Moscow, Russia)
Lopukhina Maria (Moscow, Russian)
Medvedkov Aleksey, PhD (Moscow, Russia)
Nikanov Alexander, PhD (St.Petersburg, Russia)
Pisarev Sergey, PhD (St.Petersburg, Russia)
Ryazanova Natalia, PhD (Moscow, Russia)
Segizova Naylya, Doctor of Sciences
Sharonov Andrey, PhD (St.Petersburg, Russia)
Smolyanitsky Vasily, PhD (St.Petersburg, Russia)
Stepanov Rodion, PhD (Moscow, Russia)
Tretyakov Viktor, PhD (St.Peterburg, Russia)
Tsykalov Anatoly, PhD (Krasnoyarsk, Russia)
Yulin Alexander, PhD (St.Petersburg, Russia)



EDITORIAL STAFF

Science editor

Tatiana Alekseeva (AARI)

Executive secretary

Marina Belikova

PR

Olga Chahovskaya

MANUSCRIPT SUBMISSION

info@arctic-centre.com

ADDRESS

101000, Moscow, Armenian lane,
9/1/1 bld., room 319/44

MASS MEDIA registration

ЭЛ №ФЦ77-72859 от 22 мая 2018 года

FOUNDER AND PUBLISHER

LLC Center for Information and
Legal Support for the Development
of the Arctic
<http://arctic-centre.com>

CEO

Yu.V. Belikova

THE EDITORIAL THANKS

reviewers and editorial board members
for help in preparing this issue



The journal is licensed
under Creative Commons
Attribution 4.0 International
www.creativecommons.org

Issue date: 12.08.2023



CONTENTS

- 04** EDITORIAL
- 05** [PSYCHOLOGICAL STABILITY OF INDIGENOUS STUDENTS OF THE RUSSIAN ARCTIC ZONE](#)
T.P. Bartosh
- 17** [INFORMATIVENESS \(INFORMATION-BEARING\) OF FACTORS FORMING INTERANNUAL VARIABILITY OF THE BARENTS SEA AND ITS INDIVIDUAL AREAS ICE COVEREN](#)
N.A. Lis, E.A. Cherniavskaia , E.U. Mironov, L.A. Timokhov, E.S. Egorova
- 33** [OCCUPATIONAL DISEASES IN TRANSPORT WORKERS IN THE ARCTIC](#)
S.A. Syurin, E.M. Polyakova, A.N. Kizeev
- 44** [EXPERIENCE OF CREATION AND APPLICATION OF AUTOMATIC METEOROLOGICAL STATIONS IN POLAR REGIONS](#)
I.V. Idrisov, A.V. Naumov, I.S. Kovchin
- 54** [USING A COMPOSITION OF CONVECTIVE INSTABILITY INDICES TO PREDICT THE OCCURRENCE OF POLAR MESOCYCLONES IN THE ARCTIC REGION OF RUSSIA](#)
S.A. Petrichenko, O.V. Kalmykova, S.V. Kozlov, L.K. Kulizhnikova
- 65** [PATHOGENETIC ASSESSMENT OF EXTERNAL RESPIRATORY FUNCTION DISTURBANCE AND ITS INTERRELATION WITH BDNF GENE POLYMORPHISM IN MILITARY SERVICEMEN IN EXTREME CONDITIONS OF THE ARCTIC ZONE](#)
A.V. Lemeshchenko, O.I. Gurina, A.B. Makarov, D.V. Berg
- 75** [THE ACTIVITY OF THE DISPATCHER OF THE COMMUNICATION POINT OF THE FIRE AND RESCUE UNIT IN THE CONDITIONS OF THE ARCTIC ZONE OF THE RUSSIAN FEDERATION](#)
Yu.G. Khlopovskikh, Ch.A. Korneychuk, N.V. Martinovich, T.A. Lomaeva, A.I. Fursov
- 84** [FEDERAL STATE UNITARY ENTERPRISE "KRYLOVSKY RESEARCH CENTER"](#)
K.A. Zmieva
- INTERSCHOOL COMPETITION "ARCTIC IN PAINTING, POETRY, PROSE"
- 87** [THE ARCTIC IN ANNA MIKHAILOVA'S WATERCOLORS](#)
Burak Alexandra
- 92** ["BARRIER OF DOUBTS": ABOUT ZINOVY MIKHAILOVICH KANEVSKY AND HIS BOOK "MYSTERIES AND TRAGEDIES OF THE ARCTIC"](#)
Krysin Grigory

У ВАЖАЕМЫЕ ЧИТАТЕЛИ!



В 2023 году Арктика оказалась в эпицентре деловой и социально-экономической активности Петербургского международного экономического форума. Заполярье было представлено на стенде «Арктика — территория диалога», где в рамках 15 мероприятий были подняты самые актуальные вопросы устойчивого развития АЗРФ: перспективы и возможности международного сотрудничества со странами Азии, вопросы арктического биоразнообразия, особо охраняемых природных территорий, развития Северного морского пути, человеческого капитала, арктических городов, научно-образовательного потенциала Арктики, цифровизации северных территорий.

В рамках выступления на ПМЭФ-2023 президент РФ Владимир Путин призвал интенсифицировать развитие инфраструктуры Северного морского пути, где активно наращиваются объемы грузоперевозок. Речь идет не только о строительстве нового флота, импортозамещении технологий и росте количества рейсов, но о комплексной модернизации арктических портов, железнодорожной и авиационной систем связи, энергетического снабжения АЗРФ, строительстве новых судоремонтных предприятий.

В ходе форума были анонсированы масштабные арктические проекты, которые должны послужить интенсификации развития региона. «Росатом» представил проект по строительству 15 плавучих АЭС, которые будут обслуживать потребителей на Северном морском пути. В Архангельской области появится новый судоремонтный завод, который сможет обслуживать до 40% арктического флота. Компания ООО «Норд-Групп» инвестирует в строительство завода по воспроизводству ценных пород рыб в НАО, а индийская компания «САФФАРМ» построит в Мурманской области предприятие по производству лекарств стоимостью 10 млрд рублей. Не обошлось и без высокотехнологичных производств — были заключены новые соглашения о строительстве в Архангельской области завода по производству полимерных труб, в НАО — организации первого перевозчика, использующего беспилотники.

Отдельным пунктом ПМЭФ-2023 стало международное сотрудничество. Директор Арктического и антарктического научно-исследовательского института Александр Макаров в ходе панельной дискуссии «Арктика как уникальная область международного сотрудничества: перспективы и возможности» на площадке Петербургского международного экономического форума 2023 заявил, что именно научное сообщество сможет перезапустить и активизировать международное сотрудничество в Арктике. По его словам, совместная работа ученых, например, в контексте крайне актуальной климатической повестки, может стать базой для рестарта международного сотрудничества.

Современная арктическая повестка в России сочетает в себе интенсивный рост экономики вместе с реализацией масштабных проектов по сохранению природного разнообразия хрупкой экосистемы тундры, акватории и побережья Северного Ледовитого океана. Реализуется ряд проектов, посвященных очистке Арктики от мусора, привлекаются добровольцы. Так, «Русское географическое общество» анонсировало создание нового движения «Доброволец Арктики», которое уже в этом году планирует начать очистку территории вокруг арктического поселка Хатанга. В дальнейшем планируется объединить более 1,5 тыс. человек для совместного участия в заполярных экологических экспедициях.

Россия достигла значительных успехов в развитии Арктических территорий, но впереди еще много работы, осуществить которую невозможно без участия научно-педагогического сообщества и грамотной подготовки кадров. Перед Вами результаты работы отечественных ученых в очередном выпуске журнала «Российская Арктика».

Приятного прочтения!

С уважением,
Главный редактор,
Кира Змиева

Научная статья

УДК 159.91 + 581.524.441

DOI: 10.24412/2658-4255-2023-2-05-16



EDN: HFPGCA

Для цитирования:

Бартош Т.П. Особенности психологической устойчивости студентов – представителей коренных малочисленных народов Арктической зоны России // Российская Арктика. 2023. Т. 5. № 2. С. 05-16. <https://doi.org/10.24412/2658-4255-2023-2-05-16>

Получена: 29.03.2023

Принята: 04.05.2023

Опубликована: 22.05.2023

For citation:

Bartosh T.P. Psychological stability of indigenous students of the Russian Arctic zone. Russian Arctic, 2023, vol. 5, no. 2, pp. 05-16. (In Russian). <https://doi.org/10.24412/2658-4255-2023-2-05-16>

Конфликт интересов.

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов

Финансирование.

Исследование не имело спонсорской поддержки



ОСОБЕННОСТИ ПСИХОЛОГИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ СТУДЕНТОВ – ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ КОРЕННЫХ МАЛОЧИСЛЕННЫХ НАРОДОВ АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ РОССИИ

Т.П.Бартош

ФГБУН Научно-исследовательский центр «Арктика» ДВО РАН, г. Магадан, Россия

E-mail: tabart@rambler.ru

Аннотация

Представлены результаты исследования копинг-стратегий и психологического состояния студентов-представителей коренных малочисленных народов севера (чукчи) Чукотского многопрофильного колледжа в г. Анадырь в условиях пандемии COVID-19.

Методы. При психологическом тестировании использовали стандартизированные методики: копинг-тест Р. Лазаруса и С. Фолькман (WCQ – ways of coping Questionnaire), Торонтская алекситимическая шкала (TAS-26); Уровень социальной фрустрированности (подростковый вариант - УСФ-п), нервно-психическая адаптация (НПА) И.Н. Гурвича.

Результаты. Исследование показало, что наиболее предпочитаемые копинг-стратегии среди юношей: «бегство-избегание», «самоконтроль» и «планирование решения проблемы». У девушек: «бегство-избегание» и «положительная переоценка». Выраженное предпочтение неадаптивной стратегии «бегство-избегание» наблюдается у 56% юношей и 75% девушек. У студентов обоего пола наименее используемая стратегия «принятие ответственности». Определено, что более 40% студентов обоего пола имеют признаки невротизации и признаки стресса. Девушки, в основном, характеризуются нервно-психической неустойчивостью. В среднем, студенты обоего пола относятся к группе риска по уровню алекситимии. Алекситимические черты представлены у 69% юношей и 86% девушек. Социальная фрустрированность различными сферами отчетливо не декларируется. Однако 20-27% студентов обоего пола были неудовлетворены психическим здоровьем и более трети (33-40%) своим здоровьем в целом.

Заключение. Показано, что у значительной части студентов обоего пола обнаружена низкая нервно-психическая устойчивость и высокая напряженность ряда копингов на фоне алекситимии, что в условиях длительного воздействия комплекса неблагоприятных факторов может вести к повышению уязвимости к стрессовым ситуациям, снижению общей психологической устойчивости, расстройству приспособительных реакций и истощению функционального адаптационного потенциала.

Ключевые слова: студенты, коренные малочисленные народы Севера, стрессоустойчивость, COVID-19, копинг-стратегии, фрустрация, нервно-психическая адаптация, алекситимия, Арктика

PSYCHOLOGICAL STABILITY OF INDIGENOUS STUDENTS OF THE RUSSIAN ARCTIC ZONE

Т.П. Bartosh

Scientific Research Center «Arktika» Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, Magadan, Russian Federation

E-mail: tabart@rambler.ru

Abstract

Results of an assessment study on coping strategies and psychological state of indigenous students (Chukchi) of the Chukotsky Multidisciplinary

College in the city of Anadyr under the COVID-19 pandemic conditions were presented in the paper.

Methods. Psychological testing was performed with the following standardized methods: the coping test of R. Lazarus and S. Folkman (Ways of Coping Questionnaire, WCQ), the Toronto Alexithymic Scale (TAS-26), The Level of Social Frustration (adolescent version of LSF), and Neuro Psychic Adaptation (NPA) by I.N. Gurvich.

Results. Overall, male students' preferred coping strategies were "escape-avoidance", "self-control", and "problem solving planning". Female students chose "escape-avoidance" and "positive reassessment". A pronounced preference for the non-adaptive "escape-avoidance" strategy was observed in 56% of boys and 75% of girls. Both male and female students' least used strategy was "taking responsibility". More than 40% of the examined students tended to have signs of neuroticism and stress. Girls were mainly characterized by neuro psychic instability. On average, both male and female students proved to be at risk based on their level of alexithymia. Alexithymic traits were characteristic of 69% of boys and 86% of girls. Social frustration about any fields was uncertain. However, 20-27% of students expressed dissatisfaction about their mental health and more than a third (33-40%) felt unhappy with their health in general.

Conclusion. A big number of students, both males and females, exhibited low neuro psychic stability and highly intensified copings which, along with alexithymia and under prolonged exposure to unfavorable factors, can cause increased vulnerability to stressful situations, lowered overall psychological stability, disturbed reactions of adaptation, and depleted functional adaptive potential.

Keywords: students, indigenous peoples of the North, stress resistance, COVID-19, coping strategies, frustration, neuropsychic adaptation, alexithymia, the Arctic

Введение

Студенческая молодежь, общепризнанно, характеризуется более высоким уровнем стресса, чем население в целом, в связи с переходом к взрослой жизни и началом автономной жизни. Это сказывается не только на академической успеваемости, но приводит к психосоциальным трудностям, эмоциональному истощению, тревоге, аддиктивному поведению и нарушению физического здоровья [1-4].

В свою очередь, в условиях арктической зоны России молодое поколение подвергается сочетанному воздействию неблагоприятных климатогеографических факторов [5-6]. К организму предъявляются повышенные требования, что негативно отражается на его функциональном и психофизиологическом состоянии [7-8]. Успешности адаптации в стрессовых ситуациях способствуют стратегии совладания с проблемными ситуациями или копинг-стратегии, т.е. поведенческие, когнитивные и эмоциональные усилия, осознанно направленные на ослабление влияния стрессора [9], которые формируются и закрепляются в процессе жизни (социогенеза). Трудности совладания с негативными жизненными ситуациями лежат в основе формирования невроза, депрессии и других психических расстройств [10]. На выбор совладающего поведения со стрессом оказывают социокультурные [10], гендерные [11], личностные характеристики, степень выраженности нарушения психической адаптации и т.д. [8, 12-13]. Исследованиями показаны наличие адаптационных трудностей в условиях обучения студентов из числа коренных малочисленных народов Севера. Одним из условий успешности адаптации является возможность приспосабливаться к меняющимся условиям среды с помощью когнитивных и коммуникативных способностей [14]. Бохан Н.А. и соавт. [10] определили общие тенденции и различия, указывающие на дефициты в когнитивном совладании у представителей этнических групп (в том числе чукчей), которые проявляются в снижении рефлексивных возможностей в силу выраженности алекситимического радикала.

Важная роль в совладании с жизненными трудностями и реакций на них принадлежит фрустрации, которая нередко возникает при столкновении с повседневными проблемами и заботами [10, 15]. Фрустрация часто способствует развитию тревожности,

раздражительности, агрессивных реакций [13] и рассматривается как проблема общей выносливости человека по отношению к жизненным трудностям и риска нарушения психической адаптации при столкновении с факторами-фрустраторами [15].

В свою очередь, в период распространения вируса COVID-19 у людей возникли стрессовые реакции, связанные с потенциальной угрозой жизни. В период пандемии в образовании во всем мире произошли значительные изменения, вследствие которых учащимся пришлось приспосабливаться к новым условиям обучения. Исследованиями показано, что во время изоляции при COVID-19 молодые люди из-за целого комплекса негативных переживаний испытывали наиболее высокий уровень эмоционального стресса по сравнению со старшими возрастными группами [16-17]. Установлено, что наличие ранее существовавших проблем с психическим здоровьем, принадлежность к женскому полу и такие личностные черты, как нетерпимость к неопределенности сыграли свою роль в психологическом стрессе во время пандемии [18]. Последствиями для психического здоровья во время пандемии COVID-19 у студентов были симптомы тревоги, депрессии и посттравматического стресса [19].

В стрессовых условиях важна способность человека сохранять психофизиологическое равновесие и психическое здоровье, которое достигается адекватной оценкой ситуации и собственных ресурсов, личностным потенциалом, стрессоустойчивостью и выбором адаптивных способов совладания [20]. Изучение особенностей совладания с трудными жизненными ситуациями у молодых жителей в ситуации пандемии COVID-19, на фоне экстремальных природноклиматических факторов Арктической зоны, позволяет моделировать и определять тенденции стрессоустойчивости молодого человека в новых социально-политических условиях и современных вызовов в стране и становится особенно актуальным.

Цель – исследование копинг-стратегий и психологического состояния у студентов-представителей коренных малочисленных народов Арктической зоны в условиях пандемии COVID-19.

Материалы и методы исследования

Исследование проводили в марте и сентябре 2020 года, которое пришлось на пандемию COVID-19, в условиях приспособления к новым условиям обучения, на базе Чукотского многопрофильного техникума в г. Анадыре Чукотского автономного округа (ЧАО). Анадырь находится в арктическом климатическом поясе с преобладанием сурового морского климата (координаты: 64° 44' с. ш. 177° 31' в. д.). Всего обследовали 38 студентов: 16 юношей (средний возраст $18,7 \pm 0,65$) и 22 девушки (средний возраст $18 \pm 0,51$ лет) из числа коренных малочисленных народов Севера (чукчи). Отсутствие значимых различий между показателями студентов в различные периоды исследований позволило объединить данные. Большинство учащихся проживали преимущественно в общежитии и прибыли из национальных чукотских сел ЧАО России.

Критерии исключения: в исследование не включали анкеты студентов с отсутствием или пропусками отдельных пунктов опроса.

Психологическое тестирование проводили стандартизированными методиками. Структуру и выраженность используемых копинг-стратегий диагностировали с помощью методики копинг-теста (WCQ – ways of coping Questionnaire) Р. Лазаруса и С. Фолькман [12]. По степени конструктивности копинг - механизмы разделяются на три группы: а) конструктивные: «планирование решения проблемы», «самоконтроль», «поиск социальной поддержки»; б) относительно конструктивные: «принятие ответственности», «положительная переоценка»; в) неконструктивные: «конфронтативный копинг», «дистанцирование», «бегство – избегание». Выраженное предпочтение стратегий - более 60 баллов, редкое использование – менее 40 баллов, $40 \leq 60$ баллов – умеренное использование соответствующей стратегии.

Нервно-психическую адаптацию (НПА) определяли опросником, который диагностирует донозологические, субклинические состояния, сходные с неврозоподобными состояниями [21]. На основании степени выраженности симптомов дезадаптации производили разделение обследуемых на категории по группам психического здоровья [21]. Оценку алекситимии проводили с помощью Торонтской алекситимической шкалы (TAS-26). Использовали методику Уровень социальной фрустрированности подростковый вариант (УСФ-п) [15]. Методика является экспресс-психологической диагностикой сферы личностно-средовых взаимоотношений, оценки риска стрессогенности социальных факторов-фрустраторов и риска нарушений психической адаптации. Включает 20 аспектов личностно-социальных взаимоотношений по 5 направлениям, удовлетворенность которыми испытываемый оценивает по пятибалльной шкале. Чем больше балл, тем выше уровень социальной фрустрированности [4].

Исследование выполнено в соответствии с требованиями биомедицинской этики (протокол заседания комиссии по биоэтике ФГБУН Института биологических проблем Севера ДВО РАН № 001/019 от 29.03.2019 г.).

Статистическая обработка показателей проведена с помощью программ Excel-97 и Statistica-10. Проверку нормальности распределения производили критерием Шапиро-Уилка. Коэффициентом корреляции Спирмена устанавливали зависимость параметров (rs). Межгрупповое сравнение проводили при помощи двустороннего двухвыборочного U-критерия Манна-Уитни, при $p < 0,05$. Качественные показатели описаны относительными частотами (%). Для сравнения долей применяли χ^2 -критерий с поправкой Йетса. В таблице значения представлены в виде медианы (Me) и интерквартильного размаха 25 и 75 перцентилей (C25; C75).

Результаты и обсуждение

Данные исследования выбора копинг-стратегий студентами представлены в таблице 1. В целом, согласно методике [12] у студентов обоего пола медианный показатель Me копинг-стратегий находятся в диапазоне среднего уровня напряженности (табл.1).

Таблица 1.
Выраженность копинг-стратегий и психологических показателей у студентов
г. Анадыря, Me (C₂₅; C₇₅)

Исследуемые показатели, балл	Юноши	Девушки	U, p-value
1. Конфронтативный копинг	50,0 (41,3;56,0)	47,0 (37,5; 56,0)	141,0 0,5558
2. Дистанцирование	44,5 (33,0;62,5)	50,0 (37,5; 68,3)	136,5 0,4640
3. Самоконтроль	61,0 (39,0;72,0)	53,0 (42,8; 72,0)	159,5 0,9874
4. Поиск социальной поддержки	44,0 (37,5;50,0)	56,0 (36,3; 67,0)	126,0 0,2862
5. Принятие ответственности	33,0 (26,5;45,5)	44,0 (17,0; 51,5)	149,0 0,7381
6. Бегство-избегание	61,0 (37,5;72,0)	83,5 (60,5; 94,0)*	96,5 0,0448
7. Планирование решения проблемы	58,5 (50,0;72,0)	44,0 (33,0;67,0)	103,0 0,0720
8. Положительная переоценка	53,0 (31,8;58,8)	61,0 (42,8; 78,0)	114,0 0,1474
НПА	18,5 (8,8; 34,3)	27,0 (10,5; 56,5)*	105,5 0,0384
Алекситимия	66,0 (58,0;74,5)	71,0 (65,3; 83,0)	129,5 0,1738
УСФ-п	1,70 (1,28;2,30)	1,85 (1,13; 2,20)	148,0 0,4161

Иерархия использования копинг-стратегий у юношей следующая: наиболее выражен неконструктивный копинг «бегство-избегание», одновременно популярны конструктивные «самоконтроль» и «планирование решения проблемы», и реже, в порядке убывания, «положительная переоценка», «конфронтативный копинг», «дистанцирование», «поиск социальной поддержки», наименее используемый – «принятие ответственности».

Иерархия стратегий у девушек: «бегство-избегание», «положительная переоценка», следом популярны конструктивные стратегии «поиск социальной поддержки» и «самоконтроль», далее «дистанцирование», «конфронтативный копинг», «планирование решения проблемы», редко прибегали к использованию стратегии «принятие ответственности».

Следует отметить, что у студентов обоего пола наиболее часто используемым способом совладания со стрессом является неконструктивная стратегия «бегство-избегание». Причем, девушки статистически значимо ($p = 0,045$) чаще ее используют,

чем сверстники (табл.1). Выраженное предпочтение стратегии «бегство-избегание» наблюдается у 56% юношей (9 чел.) и 75% (15 чел.) девушек ($\chi^2 = 0,69$; $p = 0,4065$) (всего 16 юношей, 20 девушек).

У юношей, как показывает M_e (табл.1), очень хорошо выражены стратегии, связанные с волевым самоконтролем и эмоциональной саморегуляцией – «самоконтроль» у 56% (9 чел.) и адаптивная стратегия – «планирование решения проблемы» у 50% (8 чел.) – данный метод включает в себе аналитический подход к решению проблемы. В то же время, выраженное применение данных стратегий может указывать на стремление скрывать от окружающих свои переживания в связи с проблемной ситуацией.

У девушек относительно конструктивная стратегия «положительная переоценка» (табл.1) также достаточно выражена у 60% (12 чел.), которая заключается в переосмыслении проблемы и рассмотрении ее как стимула для личностного роста. Однако, согласно методике [12], в таком случае есть вероятность недооценки возможностей действенного разрешения сложной ситуации.

Анализ данных на основании показателя C_{75} (табл.1) в выборке девушек показал выраженное предпочтение 6-ти копинг-стратегий: «дистанцирование», «самоконтроль» (40% - 8 чел.); «поиск социальной поддержки» (45% - 9 чел.), «бегство-избегание» (75% - 15 чел.); «планирование решения проблемы» 30% (6 чел.); «положительная переоценка» (60% - 12 чел.). Среди юношей дезадаптивный выбор 4-х стратегий: «дистанцирование» (31% - 5 чел.); «самоконтроль» (56% - 9 чел.); «бегство-избегание» (56% - 9 чел.); «планирование решения проблемы» (50% - 8 чел.).

Анализ данных показал, что M_e показателя НПА у девушек соответствовал нервно-психической неустойчивости и достоверно ($p < 0,05$) превышал таковой юношей (табл.1). С помощью качественного анализа вероятность пограничной психической патологии и невротизации диагностировали у 43% (7 чел.) юношей и 45% (10 чел.) девушек ($\chi^2 = 0,05$; $p = 0,8212$).

По шкале TAS-26, медиана уровня алекситимии у студентов обоего пола соответствовала переходному типу (табл.1). Исследование алекситимического радикала в структуре личности показало его отсутствие у 31% (5 чел.) юношей и 14% (3 чел.) девушек ($\chi^2 = 0,83$; $p = 0,3618$). Алекситимия выражена у 31% (5 чел.) юношей и 41% (9 чел.) девушек ($\chi^2 = 0,03$; $p = 0,8579$). Переходный тип (группа риска) у 38% (6 чел.) юношей и 45% (10 чел.) девушек ($\chi^2 = 0,02$; $p = 0,8748$).

Как видим из таблицы (табл.1), у студентов обоего пола социальная фрустрированность различными сферами отчетливо не декларируется. В тоже время, почти у трети студентов обоего пола регистрировались отдельные фрустрационные реакции – у 38% (6 чел.) юношей и 36% (8 чел.) девушек ($\chi^2 = 0,07$; $p = 0,7880$).

Корреляционный анализ данных копинг-стратегий с психологическими показателями. В выборке юношей выявлены ассоциации копинга «бегство-избегание» с показателями алекситимии и УСФ-п ($r = 0,55$; $p < 0,01$). Выявлены отрицательные ассоциации возраста с показателем НПА ($r = -0,52$; $p < 0,05$) и УСФ-п ($r = -0,62$; $p < 0,01$). С возрастом снижаются фрустрационные реакции и стрессированность. По всей видимости, у студентов со временем наступает адаптация к окружающей обстановке.

В выборке девушек, в отличие от юношей, установлены положительные ассоциации показателя НПА почти со всеми видами изучаемых стратегий в диапазоне ($r = 0,58-0,81$ $p < 0,01-0,001$), кроме «поиска социальной поддержки». Между тем, последняя стратегия отрицательно ассоциирована с показателем алекситимии ($r = -0,52$; $p < 0,01$). С показателем УСФ-п ассоциирована только стратегия «дистанцирование» ($r = 0,49$; $p < 0,05$).

Более подробное качественное исследование (частотный анализ) фрустрированности студентов по 5 основным направлениям методики УСФ-п представлено ниже (15 юношей и 20 девушек).

В сфере удовлетворенности взаимоотношениями с родными и близкими: основными фрустрирующими аспектами были отношения с отцом у 33% (5 чел.) юношей и 20% девушек (4 чел.) ($\chi^2 = 0,25$; $p = 0,6154$); неудовлетворенность взаимоотношениями с матерью, с братьями и/или сестрами – 6% (1 чел.) юношей и 15% (3 чел.) девушек ($\chi^2 = 0,05$; $p = 0,8181$); не в полной мере удовлетворены (затруднялись ответить положительно) - взаимоотношениями с другими близкими родственниками 27% (4 чел.) юношей и 25% (5 чел.) девушек ($\chi^2 = 0,08$; $p = 0,7802$).

В сфере удовлетворенности ближайшим социальным окружением: на неполную удовлетворенность взаимоотношениями с друзьями и знакомыми сверстниками (в месте обучения, проживания) указывали 13% (2 чел.) юношей и 20% (4 чел.) девушек ($\chi^2 = 0,00$; $p = 0,9484$); взаимоотношениями со сверстниками противоположного пола у 33% (5 чел.) юношей и 10% девушек (2 чел.) ($\chi^2 = 1,64$; $p = 0,2002$); неполную удовлетворенность взаимоотношениями с учителями, воспитателями или

наставниками отмечали 27% (4 чел.) и 25% (5 чел.) ($\chi^2 = 0,08$; $p = 0,7802$); неудовлетворенность обстановкой в училище, дискомфорт отмечали 33% (5 чел.) юношей и 5% (1 чел.) девушек ($\chi^2 = 3,05$; $p = 0,0805$).

В сфере удовлетворенности своим социальным статусом: на неудовлетворенность своей успеваемостью, навыками овладения профессией или другими достижениями (спорте, творчестве и т.п.) указали 40% (6 чел.) юношей и 25% (5 чел.) девушек ($\chi^2 = 0,33$; $p = 0,5632$); своей самостоятельностью, независимостью и уверенностью в себе 33% (5 чел.) и 30% (6 чел.) ($\chi^2 = 0,02$; $p = 0,8747$); неудовлетворенность своим положением среди сверстников 40% (6 чел.) и 25% (5 чел.) ($\chi^2 = 0,33$; $p = 0,5632$); мнением окружающих лиц о себе 27% (4 чел.) и 25% (5 чел.) ($\chi^2 = 0,08$; $p = 0,7802$), юношей и девушек, соответственно.

В сфере удовлетворенности социально-экономическим положением: неудовлетворенность материальным положением 40% (6 чел.) юношей и 5% (1 чел.) девушек ($\chi^2 = 0,08$; $p = 0,7831$); жилищно-бытовыми условиями 27% (4 чел.) и 15% (3 чел.) ($\chi^2 = 0,08$; $p = 0,7831$); проведением свободного времени 33% (5 чел.) и 10% (2 чел.) ($\chi^2 = 0,08$; $p = 0,7831$); своим образом жизни в целом 33% (5 чел.) и 20% (4 чел.) ($\chi^2 = 0,25$; $p = 0,6154$), юношей и девушек, соответственно.

В сфере удовлетворенности своим здоровьем и работоспособностью: на неудовлетворенность и неполную удовлетворенность своим физическим развитием и состоянием указали 13% (2 чел.) юношей и 35% (7 чел.) девушек ($\chi^2 = 1,12$; $p = 0,2889$); своим психическим здоровьем 27% (4 чел.) и 20% (4 чел.) ($\chi^2 = 0,00$; $p = 0,9537$); своими интеллектуальными способностями - 40% (6 чел.) юношей и в два раза меньше девушки 15% (3 чел.) ($\chi^2 = 1,65$; $p = 0,1992$); своим здоровьем в целом 33% (5 чел.) и 40% (8 чел.) ($\chi^2 = 0,00$; $p = 0,9597$), юношей и девушек, соответственно.

Таким образом, в каждой исследуемой социальной сфере был определен набор факторов-фрустраторов, которые несли стрессогенный потенциал и воздействовали на психическое состояние студентов обоего пола.

Интересно, на наш взгляд, в связи с ситуацией во время первой волны пандемии COVID 19, **проведение частотного анализа утверждений по графе «Появилось в последнее время» шкалы НПА (выборка 15 юн., 21 дев.):** жалобы на бессоницу у 20% (3 чел.) юношей и у 29% (6 чел.) девушек ($\chi^2 = 0,04$; $p = 0,8453$); ощущение, что окружающие неодобрительно к вам относятся: 0 юношей и 29% (6 чел.) девушек; головные боли появились у 6% (1 чел.) и у 33% (7 чел.) ($\chi^2 = 2,22$; $p = 0,1360$), соответственно. Интересно отметить, что у 24% (5 чел.) девушек, в отличие от сверстников, и ранее отмечались жалобы на головную боль; изменение настроения без видимых причин отметили 33% (5 чел.) и 5% (1 чел.) ($\chi^2 = 3,29$; $p = 0,0697$), соответственно; склонность к слезам у 20 % (3 чел.) и 24% (5 чел.) ($\chi^2 = 0,02$; $p = 0,8922$); быстрая утомляемость у 20% (3 чел.) и 24% (5 чел.) ($\chi^2 = 0,02$; $p = 0,8922$); опасения по поводу тяжелого заболевания (не подтвержденного при обследовании) у 20% (3 чел.) и 14% (3 чел.) ($\chi^2 = 0,00$; $p = 1,00$); трудности в общении с людьми - 13% (2 чел.) и 5% (1 чел.) ($\chi^2 = 0,09$; $p = 0,7598$); дрожание рук, ног - 20% (3 чел.) и 24% (5 чел.) ($\chi^2 = 0,02$; $p = 0,8922$); невозможность сдерживать проявления своих чувств - 6% (1 чел.) и 21% (4 чел.) ($\chi^2 = 0,33$; $p = 0,5685$); сниженное или подавленное настроение - 40% (6 чел.) и 21% (4 чел.) ($\chi^2 = 1,01$; $p = 0,3143$); сильное сердцебиение появилось у 20% (3 чел.) и 9% (2 чел.) ($\chi^2 = 0,17$; $p = 0,6838$); беспричинная тревога, «предчувствия», ощущение, что может произойти что-то неприятное - 20% (3 чел.) и 5% (1 чел.) ($\chi^2 = 0,80$; $p = 0,3700$); раздражительность, вспыльчивость - 13% (2 чел.) и 14% (3 чел.) ($\chi^2 = 0,17$; $p = 0,6838$); повышенная потливость - 6% (1 чел.) и 14% (3 чел.) ($\chi^2 = 0,03$; $p = 0,8577$); чувство слабости - 6% (1 чел.) и 29% (6 чел.) ($\chi^2 = 1,46$; $p = 0,2263$), соответственно, у юношей и девушек.

Обсуждение

Полученные нами данные показали, что у юношей и девушек ведущей стратегией было бегство-избегание. Можно говорить о высокой напряженности данного копинга, особенно у девушек, поскольку более выражен ($p = 0,045$), чем у юношей. Дезадаптивный вариант данной стратегии предполагает инфантильные формы поведения студентов и уход от проблем в стрессовых ситуациях. Наименее используемой стратегией у студентов обоего пола - «принятие ответственности», которая отражает некоторую степень зрелости личности и ее самостоятельности. Эта стратегия также была наименее популярной стратегией в подростково-юношеской выборке [22-23]. Так, у студентов-европеоидов обоего пола г. Магадана, уроженцев севера в 1-3 поколениях, была схожая структура стратегий и наиболее

предпочитаемыми были копинг «бегство-избегание», а наименее принятие ответственности». Аналогичные результаты исследования предпочитаемых стратегий совладания были получены Тудуповой Т.Ц. с соавт. [23]: у подростков из Республики Бурятия г. Улан-Удэ также преобладали стратегии «избегания», «положительная переоценка», «самоконтроль» и наименее используемая была «принятие ответственности». Кроме того, стратегия «избегания» была одной из ведущих у испанских студентов [24]. Иранские студенты часто прибегали к данной стратегии, когда проблемная ситуация воспринималась как неконтролируемая [25]. Вполне вероятно, что стратегия «избегания» часто применяется обучающимися молодыми людьми. Это косвенно свидетельствует о достаточно большой уязвимости студенческого контингента [1-3, 22].

Успешность копинга определяется достигнутым результатом, с учетом наличия внутренних ресурсов, гибкости, использованием нескольких стратегий в проблемной ситуации [26-27]. На основании показателя C_{75} , как сказано выше, мы установили выраженное (более 60 баллов) предпочтение 6-ти копинг-стратегий у девушек и 4-х стратегий у юношей. По всей видимости, эти студенты могут проявлять ригидность и в стрессовой ситуации выбирают привычные типы копинга, ограничивая использование других. Такое дезадаптивное применение стратегий в длительных проблемных ситуациях может истощать психологические ресурсы студентов.

В результате анализа данных по шкале НПА юноши, в основном отнесены к I и II группам психического здоровья, с благоприятными прогностическими признаками. Девушки, в основном, к III группе: практически здоровые с неблагоприятными прогностическими признаками (предпатология). Причем, судя по C_{75} некоторые студентки входили в IV-V группы психического здоровья: патологии различной степени (табл.1). Девушки, как известно, изначально характеризуются более высокой нервно-психической неустойчивостью и тревожностью [22]. Вероятно, нарушение психической адаптации, психическая напряженность у девушек приводит к включению многих стратегий для совладания с проблемной ситуацией. Очевидно, в большинстве стрессовых ситуациях девушки применяют привычный набор копинг-стратегий, не всегда адекватный ситуации. Известно, что высокая нервно-психическая устойчивость обеспечивает стабильность психофизиологических и психических процессов, повышая стрессоустойчивость и адекватность поведения в экстремальных условиях [20].

Частотный анализ симптомов, представленных в методике НПА показал, что у студентов повысились жалобы на вегетативные проявления, головную боль. В целом, нервно-психическая неустойчивость усугубилась. **В большинстве случаев, на появление симптомов «в последнее время» жалуются юноши.** Отчасти, это связано с тем, что у большинства девушек эти симптомы уже были отмечены в графах «есть и всегда было» и «есть уже длительное время». Например, сниженное или подавленное настроение «всегда было» у 38% (8 чел.) девушек, а юноши его ранее у себя не наблюдали, лишь в последнее время данный симптом возник, как мы указывали выше, уже у 40% лиц, а у девушек, в итоге, регистрируется 59% лиц (12 чел.). Либо симптом «беспричинная тревога, ощущение, что может произойти что-то неприятное» - был «всегда» у 29% (6 чел.) девушек и 13% (2 чел.) юношей ($\chi^2 = 0,46$; $p = 0,4980$), и появился у 5% (1 чел.) и 20% (3 чел.), соответственно. В итоге треть студентов обоего пола отмечают данный симптом 33% (7 чел.) и 33% (5 чел.) девушек и юношей, соответственно.

В свою очередь, как показал частотный анализ по шкале УСФ-п, более трети студентов обоего пола были неудовлетворены своим здоровьем в целом и пятая часть своим психическим здоровьем.

Можем констатировать, что в условиях ситуации пандемии COVID-19 у юношей повысилась нервно-психическая напряженность, что следует рассматривать как неблагоприятный признак истощения ресурсов психической адаптации, и также в некоторой степени может свидетельствовать о стрессогенном потенциале пандемии [16,19]. Исследование уровня алекситимии показало, что в выборке девушек чаще выявлялись лица с алекситимическими чертами. В целом, по выборке студентов Анадыря, алекситимические черты представлены у 69% (11 чел.) юношей и у 86% (19 чел.) девушек ($\chi^2 = 0,83$; $p = 0,3618$). Хочется отметить, что у студентов Магадана, уроженцев севера из числа европеоидов, алекситимические черты представлены у 59% юношей и у 46% девушек [22]. При алекситимии, как известно, наблюдается нарушение контакта с эмоциональной сферой, у обследуемых девушек выраженность алекситимического радикала ведет к проблеме эмоциональной поддержки, внимания и конкретной помощи в стрессовой ситуации. На фоне алекситимии могут развиваться соматические заболевания и аддиктивное поведение [28-29].

подросткам часто свойственен способ бегства от тревоги в виде ухода в болезнь, когда нормализация эмоционального состояния идет за счет ухудшения физического здоровья [9]. Показано [29], что у подростков первичные головные боли сопряжены с высоким уровнем алекситимии. Юноши-северяне с признаками алекситимии в проблемной ситуации демонстрируют уход от проблемы, либо ее отрицание. Данные подтверждают исследования, в том числе наши, проведенные среди магаданских студентов, которые выявили ассоциации алекситимии с неадаптивными стратегиями совладания [10, 22, 30].

Интересно отметить, как показывает корреляционный анализ, что в ситуации действия фрустрирующих факторов, студенты обоего пола применяют схожие неадаптивные стратегии, главным признаком которых является уход от активного стремления решать проблему. В итоге, девушки-студентки предпочитают дистанцирование и отстранение, а юноши избегание и уклонение от стрессовой ситуации.

Ограничение исследования. Настоящее исследование имело ограничения, поскольку не включало предпандемическую оценку психологического состояния студентов. В самооценке социальной фрустрированности студенты чаще всего заполняли графу «трудно сказать», что может быть связано с социальной желательностью.

Заключение

Наше исследование психологической устойчивости (стрессоустойчивости) студентов - представителей коренных малочисленных народов Севера арктической зоны России в условиях пандемии COVID-19 показало: среди юношей наиболее предпочитаемые копинг-стратегии: «бегство-избегание», «самоконтроль» и «планирование решения проблемы». У девушек: «бегство-избегание» и «положительная переоценка». Наименее используемой стратегией у студентов обоего пола «принятие ответственности». Более 40% студентов обоего пола имеют признаки невротизации и вероятность пограничной психической патологии. Девушки, в основном, характеризуются нервно-психической неустойчивостью. В среднем, студенты обоего пола относятся к группе риска по уровню алекситимии. Алекситимические черты представлены у 69% юношей и 86% девушек. Социальная фрустрированность различными сферами отчетливо не декларируется у студентов обоего пола. Между тем, 20-27% студентов обоего пола были не удовлетворены психическим здоровьем и более трети (33-40%) своим здоровьем в целом.

Выраженное предпочтение неадаптивной стратегии «бегство-избегание» наблюдается у 56% юношей и 75% девушек. Девушки стратегию «бегство-избегание» значительно чаще используют ($p = 0,045$), чем юноши. У немалой части обследуемых девушек выраженное предпочтение 6-ти копинг-стратегий: «дистанцирование», «самоконтроль», «поиск социальной поддержки», «бегство-избегание», «планирование решения проблемы», «положительная переоценка». Среди большинства юношей дезадаптивный выбор 4-х стратегий: «дистанцирование», «самоконтроль», «бегство-избегание», «планирование решения проблемы».

Установленные ассоциации показали, что юноши с признаками алекситимии в проблемной, фрустрирующей ситуации демонстрируют уход от проблемы, либо ее отрицание. Тем самым выраженность алекситимии снижает психологическую устойчивость юношей. У девушек реакция на фрустрацию происходит в виде дистанцирования от нее и отрицания проблемы. Состояние нервно-психической неустойчивости у девушек ведет к частому использованию широкого спектра способов совладания со стрессом. При выраженном алекситимическом радикале в проблемной жизненной ситуации они испытывают трудности в социальной поддержке.

Выраженность алекситимического радикала снижает поведенческую адаптивность к сложной ситуации. У значительной части студентов обоего пола обнаружена низкая нервно-психическая устойчивость и высокая напряженность ряда копингов на фоне алекситимии, что в условиях длительного воздействия комплекса неблагоприятных факторов может вести к повышению уязвимости к стрессовым ситуациям, снижению общей психологической устойчивости, расстройству приспособительных реакций и истощению функционального адаптационного потенциала.

Таким образом, студенты-представители коренных малочисленных народов Арктической зоны переживают эмоциональное напряжение, выбранные копинг-стратегии не всегда могут обеспечивать благополучное разрешение проблемы. В этой связи, показательно исследование в культуральном аспекте, в котором установлено, что для иранских студентов колледжей [25] религиозное совладание является важным компонентом преодоления стрессовых ситуаций, поскольку в иранской культуре религия представляется как «образ жизни». С этих позиций важно изучение психического

здоровья аборигенов Аляски и американских индейцев в работе Walters K. L., et al. [31]. Авторы предполагают, что представители коренных народов могут полагаться на культурные резервы, такие как семья и община, духовные стратегии преодоления трудностей, традиционные методы охраны здоровья и культурную самобытность. С помощью этих механизмов преодоления коренные северные народы менее подвержены негативным последствиям для психического здоровья в сложных жизненных ситуациях, включая снижение потребления психоактивных веществ.

И, наконец, ценным является опыт Северо-Восточного Государственного Университета г. Магадана, на базе которого в свое время был организован Центр народов Севера [32], где одной из задач являлось обеспечение адаптации студентов из числа коренных малочисленных народов в современных социально-экономических условиях, что способствовало курированию студентов северных народов на протяжении всего образовательного процесса и расширяло возможности психологической службы различных образовательных учреждений.

Полученные нами данные показали, что на фоне длительного воздействия комплекса неблагоприятных факторов в условиях образовательной среды дополнительные хронические негативные воздействия могут вести к более широкому спектру уязвимости к стрессовым ситуациям, снижению общей психологической устойчивости, расстройству приспособительных реакций и истощению функционального адаптационного потенциала студенческой молодежи. Наши данные будут полезны при разработке и проведении профилактических и коррекционных мероприятий в студенческой среде, являться основой для поиска эффективных способов совладания со стрессом и нарушения психической устойчивости. Считаем, что в современных условиях для совершенствования профилактических мероприятий и оптимальной психологической помощи студенческой молодежи важно учитывать индивидуально-типологические особенности [33]. В этой связи необходимо увеличить количество штатных психологов в образовательных учреждениях.

Проведенная работа позволяет наметить пути дальнейших исследований по разработке конкретных мер и подходов (с учетом культуральных особенностей) по улучшению психологической устойчивости с помощью адаптивных стратегий совладания, в том числе для студентов из числа коренных малочисленных народов Севера.

Благодарность

Автор выражает благодарность ведущему научному сотруднику лаборатории истории и экономики (г. Анадырь) СВКНИИ ДВО РАН к.и.н. Коломиец Оксане Петровне за помощь в проведении данного исследования.

Список литературы:

1. Bonneville-Roussy A., Evans P., Verner-Filion J., Vallerand R. J. et al. Motivation and Coping with the Stress of Assessment: Gender Differences in Outcomes for University Students. *Contemporary Educational Psychology*. 2017. Vol. 48. P. 28–42. DOI:10.1016/j.cedpsych.2016.08.003
2. Deasy C., Coughlan B., Pironom J., Jourdan D. et al. Psychological Distress and Coping Amongst Higher Education Students: A Mixed Method Enquiry. *PloS One*. 2014. Vol. 9 (12). e115193. DOI:10.1371/journal.pone.0115193.
3. Schönfeld P., Brailovskaia J., Zhang X.C. et al. Self-efficacy as a mechanism linking daily stress to mental health in students: a three-wave cross-lagged study. *Psychol. Rep.* 2019. Vol. 122. P. 2074–2095. DOI: 10.1177/0033294118787496.
4. Уманская И.А., Голубев В.В. Самоэффективность и совладающее поведение студентов в период обучения в вузе // *Вестник Костромского государственного университета. Серия: Педагогика. Психология. Социокинетика*. 2020. Т. 26. № 1. С. 118–123. DOI: 10.34216/2073-1426-2020-26-1-118-123.
5. Клейн С.В., Землянова М.А., Кольдибекова Ю.В., Глухих М.В. Климатические и химические факторы риска здоровью населения регионов арктической и субарктической зон: популяционный и субпопуляционный уровни // *Анализ риска здоровью*. 2022. № 3. С. 39–52. DOI: 10.21668/health.risk/2022.3.03.
6. Шур П.З., Кирьянов Д.А., Камалтдинов М.Р., Хасанова А.А. К оценке риска для здоровья населения, обусловленного влиянием климатических факторов в условиях Крайнего Севера // *Анализ риска здоровью*. 2022. № 3. С. 53–62. DOI: 10.21668/health.risk/2022.3.04.
7. Аверьянова И.В., Вдовенко С.И. Сравнительный анализ макро- и микронутриентного профиля рациона питания юношей северо-востока России // *Социальные аспекты здоровья населения [сетевое издание]*. 2021. № 67(2). С. 13. URL: <http://vestnik.mednet.ru/content/view/1255/30/lang,ru/>. DOI:

- 10.21045/2071-5021-2021-67-2-13.
8. Бартош Т.П., Бартош О.П. Стратегии совладающего поведения и агрессивные реакции высокотревожных мальчиков-подростков, проживающих в Магадане // Психическое здоровье. 2016. № 6. С. 15 -21.
 9. Lazarus R. Emotions and interpersonal relationships: toward a person-centered conceptualization of emotions and coping // Journal of Personality. 2006. 74(1). P. 9-43. DOI: 10.1111/j.1467-6494.2005.00368.x
 10. Бохан Т.Г., Бохан Н.А., Терехина О.В., Галажинская О.Н. и др. Особенности когнитивных ресурсов совладания с трудными жизненными ситуациями у представителей этнических групп Сибири // Сибирский психологический журнал. 2016. № 61. С. 64–77. DOI: 10.17223/17267080/61/5.
 11. Ершова И.А., Пермьякова М.Е., Садкина Т.М. Связь жизнестойкости с самооценкой и копинг-стратегиями у юношей и девушек подросткового возраста // Педагогическое образование в России. 2019. № 4. С. 133-140. DOI 10.26170/po19-04-18.
 12. Вассерман Л.И., Абабков В.А., Трифонова Е.А. Совладание со стрессом: теория и психодиагностика / Под научн. ред. Л.И. Вассермана. СПб.: Изд-во «Речь». 2010. 192 с.
 13. Бартош Т.П., Бартош О.П. Стратегии совладающего поведения и агрессивные реакции высокотревожных девочек-подростков, проживающих в Магадане // Наркология. 2015. № 10 (166). С.45-49.99.
 14. Милькова Е.В., Н. В. Беляева Адаптация студентов-представителей коренных малочисленных народов Севера, Сибири и Дальнего Востока в социально-педагогической деятельности КемГУКИ // Вестник Кемеровского государственного университета культуры и искусств. 2010. 13. С.103-109.
 15. Вассерман Л.И., Беребин М.А., Иовлев Б.В. Психологическая диагностика уровня социальной фрустрированности // Психологическая диагностика расстройств эмоциональной сферы и личности: Коллект. моногр. / Науч. ред. Вассерман Л.И., Щелкова О.Ю. СПб.: Скифия-принт, 2014. С. 187-213.
 16. Ходос Л.А., Чухрова М.Г., Пронин С.В. Взаимосвязь тревожности и копинг-стратегий при коронавирусной эпидемии у студентов // Международный журнал медицины и психологии. 2021. Том 4. №6. С.122-130.
 17. Gambin M., Sękowski M., Woźniak-Prus M., Wnuk A., Oleksy T. et al. Generalized Anxiety and Depressive Symptoms in Various Age Groups during the COVID-19 Lockdown in Poland. Specific Predictors and Differences in Symptoms Severity. Compr. Psychiatry. 2021. № 105. P. 152222. DOI:10.1016/j.comppsy.2020.152222
 18. Marchetti D., Fontanesi L., Camisasca E., Colasanti M., et al. The Role of Pre-Pandemic Mental Health Status and Personality Traits on Psychological Distress during the COVID-19 Lockdown among Italian Young Adults Behav. Sci. 2023. № 13(2). P. 141 DOI:10.3390/bs13020141.
 19. Hawes M.T., Szency A.K., Klein D.N., Hajcak G., Nelson B.D. Increases in Depression and Anxiety Symptoms in Adolescents and Young Adults during the COVID-19 Pandemic. Psychol. Med. 2022. № 52(14). P. 1-25. DOI: 10.1017/S0033291720005358.
 20. Александровский Ю.А. Катастрофы и психическое здоровье. М.:ГЭОТАР- Медиа. 2020. С. 144.
 21. Гурвич И.Н. Тест нервно-психической адаптации // Вестник гипнологии и психотерапии. 1992. № 3. С. 46-53.
 22. Бартош Т.П., Бартош О.П., Мычко М.В. Гендерные особенности психологических предпосылок суицидального риска у студентов Магадана // Сибирский вестник психиатрии и наркологии. 2020. № 1 (106). С. 77–88. DOI:10.26617/1810-3111-2020-1(106)-77-88.
 23. Тудупова Т.Ц., Батуева Н.Г., Парфентьева Т.А. Развитие адаптивных копинг-стратегий у подростков как средство профилактики суицидальных рисков // Психология. Историкокритические обзоры и современные исследования. 2018. Т. 7. № 6А. С. 74-85.
 24. Gustems-Carnicer J., Calderon C., Calderon-Garrido D. Stress, coping strategies and academic achievement in teacher education students. European Journal of Teacher Education. 2019. DOI: 10.1080/02619768.2019.1576629.
 25. Aguilar-Vafaie M.E., Abiari M. Coping Response Inventory: Assessing Coping among Iranian College Students and Introductory Development of an Adapted Iranian Coping Response Inventory (CRI). Mental Health, Religion and Culture. 2007. № 10 (5), P. 489–513. DOI: 10.1080/13674670600996639.
 26. Крюкова Т.Л., Гущина Т.В. Культура, стресс и копинг: социокультурная контекстуализация совладающего поведения. 2015. Кострома: КГУ им. Н.А. Некрасова; КГТУ.
 27. Битюцкая Е.В. Успешность копинга // Психология. Журнал Высшей школы экономики. 2022. Т. 19. № 1. С. 382–404.
 28. Брель Е.Ю., Стоянова И.Я. Характеристики алекситимии в контексте психического здоровья // Вестник Кемеровского государственного университета. 2018. № 1. С.

- 102–108. DOI:10.21603/2078-8975- 2018-1-102-108
29. Горобец Е.А., Есин О.Р. Алекситимия и психосоматические заболевания у подростков: первичные головные боли. *Acta biomedica scientifica*. 2023. № 8(1). P. 140-147. DOI: 10.29413/ABS.2023-8.1.
30. Besharat M.A. Relationship of alexithymia with coping styles and interpersonal problems. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*. 2010. Vol. 5, P. 614–618. DOI: 10.1016/j.sbspro.2010.07.152.
31. Walters K.L., Simoni J.M., Evans-Campbell T. Substance use among American Indians and Alaska Natives: Incorporating culture in an “Indigenist” stress-coping paradigm. 2002. *Public Health Reports*. №117 (suppl. 1). P. 104-117.
32. Положение о центре народов Севера. Магадан. СВГУ. 2017. <https://www.svgu.ru/documents/141>.
33. Бартош О.П. Проблемы школьной адаптации и определение эффективности психокоррекции // *Вестник психофизиологии*. 2022. № 1. Т.1. С. 140-151. DOI: 10.34985/t6113-6985-5781-0.

References:

1. Bonneville-Roussy A., Evans P., Verner-Filion J., Vallerand R. J. et al. Motivation and Coping with the Stress of Assessment: Gender Differences in Outcomes for University Students. *Contemporary Educational Psychology*, 2017, no. 48, pp. 28–42. DOI:10.1016/j.cedpsych.2016.08.003.
2. Deasy C., Coughlan B., Pironom J., Jourdan D. et al. Psychological Distress and Coping Amongst Higher Education Students: A Mixed Method Enquiry. *PloS One*. 2014, no. 9 (12), e115193. DOI: 10.1371/journal.pone.0115193.
3. Schönfeld P., Brailovskaia J., Zhang X.C. et al. Self-efficacy as a mechanism linking daily stress to mental health in students: a three-wave cross-lagged study. *Psychol. Rep.*, 2019, no. 122, pp. 2074–2095. DOI: 10.1177/0033294118787496.
4. Umanskaya I.A., Golubev V.V. Self-efficacy and coping behaviour of students during their studies at a university. *Vestnik of Kostroma State University. Series: Pedagogy. Psychology. Sociokinetics*. 2020, no. 26(1), pp. 118–123. (In Russian). DOI: 10.34216/2073-1426-2020-26-1-118-123.
5. Kleyn S.V., Zemlyanova M.A., Koldibekova Yu.V., Glukhikh M.V. Climatic and chemical health risk factors for people living in Arctic and Sub-Arctic regions: population and sub-population levels. *Health Risk Analysis*, 2022, no. 3, pp. 39–52. DOI: 10.21668/health.risk/2022.3.03.eng.
6. Shur P.Z., Kiryanov D.A., Kamaltdinov M.R., Khasanova A.A. Assessing health risks caused by exposure to climatic factors for people living in the Far North. *Health Risk Analysis*, 2022, no. 3, pp. 53–62. DOI: 10.21668/health.risk/2022.3.04.eng
7. Averyanova I.V., Vdovenko S.I. Comparative analysis of macro- and micronutrient profile of young males in the Russian northeast. *Social'nye aspekty zdorov'a naselenia / Social aspects of population health [serial online]*. 2021, no. 67(2), 13 p. Available from: <http://vestnik.mednet.ru/content/view/1255/30/lang,ru/>. (In Russian). DOI: 10.21045/2071-5021-2021-67-2-13.
8. Bartosh T.P., Bartosh O.P. Coping behavior strategies and aggressive responses observed in high anxiety male adolescents residing in Magadan town. *Psychic Health*, 2016, no. 6, pp. 15–21. (In Russian).
9. Lazarus R. Emotions and interpersonal relationships: toward a person-centered conceptualization of emotions and coping. *Journal of Personality*. 2006, no. 74 (1), pp. 9–43. DOI: 10.1111/j.1467-6494.2005.00368.x
10. Bokhan T.G., Bokhan N.A. Terekhina O.V., Galazhinskaya O.N. et al. Features of cognitive resources of coping with difficult life situations in representatives of ethnic groups of Siberia. *Siberian journal of psychology*, 2016, no. 61, pp. 64–77. (In Russian). DOI: 10.17223/17267080/61/5.
11. Ershova I.A., Permyakova M.E., Sadkina T.M. Relation of life-resistance with self-assessment and coping strategies at young people and girls of adolescent age. *Pedagogical education in Russia*, 2019, no. 4, pp. 133-140. (In Russian). DOI: 10.26170/po19-04-18.
12. Vasserman L.I., Ababkov V.A., Trifonova E.A. *Sovladanie so stressom: teoriya i psihodiagnostika [Coping behavior: theory and psychodiagnostics]*, red. L.I. Vasserman., SPb.: “Rech”, 2010, 192 p. (In Russian).
13. Bartosh T.P., Bartosh O.P. Strategii sovladayushchego povedeniya i agressivnye reakcii vysokotrevoznyh devochek-podrostkov, prozhivayushchih v Magadane [Strategies for coping behavior and aggressive reactions of high-anxious adolescent girls residing in Magadan], *Narkologija-Narcology*, 2015, no. 10 (166), pp. 45-49. (In Russian).
14. Milkova E.V., Belyaeva N.V. Adaptation of the students, representatives of indigenous

- peoples of the North, Siberia and Far East in social pedagogical activity of KemUCA, 2010, no. 13, pp. 103-109. (In Russian).
15. Vasserman L.I., Berebin M.A., Iovlev B.V. Psihologicheskaya diagnostika urovnya social'noj frustrirovannosti. In: L.I. Vasserman, O.Yu. Shchelkovej (eds.). Psihologicheskaya diagnostika rasstrojstv emocional'noj sfery i lichnosti. Saint Petersburg: Skifiya-print, 2014, pp. 187-213. (In Russian).
 16. Khodos L.A., Chukhrova M.G., Pronin S.V. The relationship between anxiety and coping strategies in the coronavirus epidemic in students. *International Journal of Medicine and Psychology*, 2021, no. 4(6), pp. 122-130. (In Russian).
 17. Gambin M., Sękowski M., Woźniak-Prus M., Wnuk A., et al. Generalized Anxiety and Depressive Symptoms in Various Age Groups during the COVID-19 Lockdown in Poland. Specific Predictors and Differences in Symptoms Severity. *Compr. Psychiatry*. 2021, 105, 152222 p.. DOI: 10.1016/j.comppsy.2020.152222
 18. Marchetti D., Fontanesi L., Camisasca E., Colasanti M., et al. The Role of Pre-Pandemic Mental Health Status and Personality Traits on Psychological Distress during the COVID-19 Lockdown among Italian Young Adults *Behav. Sci.* 2023, no. 13(2), p. 141. DOI: 10.3390/bs13020141
 19. Hawes M.T., Szenczy A.K., Klein D.N., Hajcak G. et al. Increases in Depression and Anxiety Symptoms in Adolescents and Young Adults during the COVID-19 Pandemic. *Psychol. Med*, 2022, no. 52(14), pp. 1-25. DOI: 10.1017/S0033291720005358
 20. Aleksandrovsij Yu.A. Katastrofy` i psicheskoe zdorov`e [Catastrophes and mental health]. M. GEOTAR Media, 2020, 144 p. (In Russian).
 21. Gurvich I.N. Test nervno-psihicheskoy adaptacii [Test to determine neuro-psychic adaptation]. *Vestnik gipnologii i psihoterapii- Bulletin of hypnology and psychotherapy*, 1992, no. 3, pp. 46-53. (In Russian).
 22. Bartosh T.P., Bartosh O.P., Mychko M.V. Gender characteristics of psychological premises of suicide risk in students of Magadan. *Siberian Herald of Psychiatry and Addiction Psychiatry*. 2020. 1 (106), pp. 77-88. (In Russian). DOI:10.26617/1810-3111-2020-1(106)-77-88.
 23. Tudupova T.Ts., Batueva N.G., Parfent'eva T.A. Development of adaptive coping strategies in adolescents as a means of preventing suicidal risks. *Psikhologiya. Istoriko-kriticheskie obzory i sovremennye issledovaniya [Psychology. Historical-critical Reviews and Current Researches]*, 2018, 7 (6A), pp. 74-85. (In Russian).
 24. Gustems-Carnicer J., Calderon C., Calderon-Garrido D. Stress, coping strategies and academic achievement in teacher education students. *European Journal of Teacher Education*, 2019. DOI: 10.1080/02619768.2019.1576629.
 25. Aguilar-Vafaie M.E., Abiari M. Coping Response Inventory: Assessing Coping among Iranian College Students and Introductory Development of an Adapted Iranian Coping Response Inventory (CRI). *Mental Health, Religion and Culture*, 2007, no. 10 (5), pp. 489-513. DOI:10.1080/13674670600996639.
 26. Kryukova T.L., Gushchina T.V. Kul'tura, stress i koping: sotsiokul'turnaya kontekstualizatsiya sovladayushchego povedeniya [Culture, stress and coping: socio-cultural contextualization of coping behavior], 2015, Kostroma: KGU im. N.A. Nekrasova; KGTU. (In Russian).
 27. Bityutskaya E.V. Coping Success. *Psychology. Journal of the Higher School of Economics*, 2022, 19 (1), pp. 382-404. (In Russian). DOI: 10.17323/1813-8918-2022-1-382-404.
 28. Brel E. Iu., Stoianova I. Ia. Kharakteristiki aleksitimii v kontekste psikhicheskogo zdorov'ia [Characteristics of Alexithymia in the Context of Mental Health]. *Bulletin of Kemerovo State University*, 2018, no. (1), pp. 102-108. (In Russ.). DOI:10.21603/2078-8975-2018-1-102-108.
 29. Gorobets E.A., Esin O.R. Alexithymia and psychosomatic diseases in adolescents: primary headaches. *Acta biomedica scientifica*, 2023, no. 8(1), pp. 140-147. (In Russ.). DOI: 10.29413/ ABS.2023-8.1.16.
 30. Besharat M.A. Relationship of alexithymia with coping styles and interpersonal problems. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, 2010, no. 5, pp. 614-618. DOI: 10.1016/j.sbspro.2010.07.152.
 31. Walters K.L., Simoni J.M., Evans-Campbell T. Substance use among American Indians and Alaska Natives: Incorporating culture in an "Indigenist" stress-coping paradigm. *Public Health Reports*, 2002, 117 (suppl. 1), pp. 104-117.
 32. The position of the center of the peoples of the North. Magadan. North-Eastern State University, 2017, <https://www.svgu.ru/documents/141>
 33. Bartosh O.P. School adaptation and effectiveness of Psychocorrection. *Psychophysiology News*, 2022, no. 1(1), pp. 140-151. (In Russian). DOI: 10.34985/t6113-6985-5781-o.

Научная статья

УДК 551.467.3 + 551.326.1

DOI: 10.24412/2658-4255-2023-2-17-32



EDN: GIFQLU

Для цитирования:

Лис Н.А., Чернявская Е.А.,
Миронов Е.У., Тимохов Л.А.,
Егорова Е.С. Информативность
факторов, формирующих
долгопериодные колебания
ледовитости отдельных
районов Баренцева моря //
Российская Арктика. 2023.
Т. 5. № 2. С. 17-32.
<https://doi.org/10.24412/2658-4255-2023-2-17-32>

Получена: 10.04.2023

Принята: 10.05.2023

Опубликована: 24.05.2023

For citation:

Lis N.A., Cherniavskaia E.A.,
Mironov E.U., Timokhov L.A.,
Egorova E.S. Informativeness
(information-bearing) of
factors forming interannual
variability of the Barents Sea
and its individual areas ice
coveren. Russian Arctic, 2023,
vol. 5, no. 2, pp. 17-32.
(In Russian).
<https://doi.org/10.24412/2658-4255-2023-2-17-32>

**ИНФОРМАТИВНОСТЬ ФАКТОРОВ, ФОРМИРУЮЩИХ
ДОЛГОПЕРИОДНЫЕ КОЛЕБАНИЯ ЛЕДОВИТОСТИ
ОТДЕЛЬНЫХ РАЙОНОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ**

Н.А. Лис* , Е.А. Чернявская , Е.У. Миронов, Л.А. Тимохов,
Е.С. Егорова

Арктический и антарктический научно-исследовательский институт,
Санкт-Петербург, Россия

E-mail: nalis@aari.ru**Аннотация**

Проанализированы различные факторы, формирующие долгопериодные изменения ледовитости западного, северо-восточного и юго-восточного районов Баренцева моря за период 1950–2022 годы. Отмечены совпадающие циклические колебания между ледовитостью и индексами атмосферной циркуляции (5 - 7 и 8 - 14 лет), с атлантическим мультитендекадным колебанием (5 - 9 лет), солнечной активностью (10 лет), параметрами нутации оси вращения Земли и другими астрогеофизическими характеристиками (6, 9 и 10 лет). Построены уравнения множественной регрессии для зимнего и летнего сезонов для каждого района. Оценены сопряженность и вклад каждого предиктора. Показано, что факторы, формирующие межгодовую изменчивость ледовитости, различаются в зависимости от района и сезона. Наибольший вклад в общую дисперсию ледовитости Баренцева моря в западном и северо-восточном районах вносит предшествующее состояние ледяного покрова (78% и 74% соответственно), а в юго-восточном – приповерхностная температура атмосферы (45%).

Ключевые слова: Баренцево море, ледовитость, информативность, межгодовая изменчивость, регрессия, цикличность, статистическое моделирование

**INFORMATIVENESS (INFORMATION-BEARING) OF
FACTORS FORMING INTERANNUAL VARIABILITY OF
THE BARENTS SEA AND ITS INDIVIDUAL AREAS ICE
COVEREN**

N.A. Lis* , E.A. Cherniavskaia , E.U. Mironov, L.A. Timokhov,
E.S. Egorova

Arctic and Antarctic Research Institute, St. Petersburg, Russia

E-mail: nalis@aari.ru**Abstract**

The various combinations of factors that form an interannual variability of ice coveren in the western, northeastern and southeastern parts of the Barents Sea were analysed for the period 1950 - 2022. The co-phased cyclic fluctuations between the Barents Sea ice coveren and atmospheric circulation indices (5 - 7 and 8 - 14 years), Atlantic multidecadal oscillation (5 - 9 years), solar activity (10 years), parameters of the Earth's rotation axis and other astrogeophysical characteristics (6, 9 and 10 years) were reported. Multiple regression equations for the winter and summer seasons for each part of the Barents Sea were formed. The connecting of each predictor with ice coveren variability and their contribution to the ice coveren total dispersion were evaluated. It was shown that the set of factors forming interannual variability of the Barents Sea ice coveren is differs depending on the area and season. It appears that previous state of the ice coveren has the greatest impact at the ice coveren variability in the western and the northeastern parts of the Barents Sea (78% and

74% of total dispersion respectively). And in the southeastern part of the Barents Sea the highest impact at the ice cover volatility has the atmosphere temperature variability – 45% of total dispersion.

Keywords: Barents Sea, ice coverage, informativeness, interannual variability, regression, cyclic processes, statistical modeling

Введение

Баренцево море относится к Атлантической климатической области Арктики [1] и одним из первых реагирует на современные изменения климата. Южная часть моря находится под влиянием тепла, поступающего в его акваторию с Северо-Атлантическим течением [2 - 4], благодаря чему обеспечивается круглогодичное функционирование крупнейшего незамерзающего порта заполярья в г. Мурманск. В северных районах Баренцева моря преобладает влияние холодных арктических течений и льдов, что формирует сложную динамическую систему взаимодействия водных масс на всей его акватории [2, 5].

Арктический морской лед очень чувствителен к изменениям климата и его состояние может служить в качестве индикатора этих изменений. В настоящее время наблюдается уменьшение ледовитости в Северном Ледовитом океане (СЛО) в целом [6, 7]. Наиболее заметно сокращение площади льда в окраинных арктических морях, и Баренцево море является одним из лидеров, где скорость уменьшения сплоченности морского льда за период 1979–2014 годы составляла - 0,52% в год [8]. Так, за последние 20 лет ледовитость Баренцева моря в летний сезон сократилась в три раза [9]. При этом сокращение ледяного покрова наблюдается не только на пике его минимального развития, но в зимний сезон [10]. Баренцево море – единственное из арктических морей, где уменьшение ледовитости наиболее интенсивно происходит именно в зимне-весенний период [8].

Исследованию ледовитости Баренцева моря посвящено множество работ. Например, в [3] автор обобщил имеющиеся данные по основным элементам ледового режима районов Баренцева моря, а также предложил новые методы прогнозов изменения ледового режима заблаговременностью от одного до шести месяцев. Другие авторы рассматривали либо особенности всей акватории моря целиком [6, 10 - 12], либо только его юго-восточного района [13]. Однако, отдельные районы моря, в силу особенностей своих гидрологических и ледовых режимов, имеют существенные различия [3, 9] и исследование факторов, формирующих ледовитость в каждом отдельном районе, особенно в современных условиях меняющегося климата, актуально как никогда.

В изменчивости ледовитости Баренцева моря выделяются низкочастотные колебания с периодами 6–8, 9–11 и 22 года и более высокочастотные с периодами 2–4 года [12]. Циклы с периодами 6–8 лет проявляются и в атмосферной циркуляции, и в глобальных аномалиях температуры атмосферы и уровня моря [14]. Данные периоды близки к лунным циклам продолжительностью 18,6, 8,85 и 6 лет, что вероятно и проявляется в наличии выявленных периодичностей [15]. Во многих работах предполагается, что указанные ритмы формирует, так называемый, 11-летний цикл солнечной активности, который колеблется в пределах от 8 до 14 лет. Также в работе [16] приводится ряд аргументов в пользу того, что 19-летний цикл представляет собой сумму 8 и 11 летних колебаний, которые в свою очередь образованы сериями (2+3+3) и (2+3+3+3) лет соответственно.

Воздействие солнечной активности на данном уровне развития науки напрямую измерить невозможно. Предполагается, что ее влияние проявляется через возмущение магнитного поля и циркуляцию атмосферы. Нутационные движения Земли также не равномерны и испытывают колебания [16, 17]. По терминологии А.С. Мониной [18] колебания 2 - 4 года относятся к межгодовым, 6–8, 9–11 и 22 года – к внутривековым. В данной работе рассматриваются долгопериодные колебания, включающие в себя и межгодовые и внутривековые циклы, которые связаны с воздействием как гидрометеорологических, так и астрогеофизических процессов.

Акватория Баренцева моря – важная часть Северного морского транспортного коридора, функционирование и развитие которого напрямую зависят от ледовых условий в арктических морях СЛО. Поэтому задача по развитию методов прогнозирования долгопериодных изменений ледовитости актуальна как никогда. В данной статье для исследования изменчивости ледовитости применяются методы, базирующиеся на статистическом моделировании, которые, в перспективе, позволяют получать долгопериодные прогнозы (на несколько лет вперед). Качество этих прогнозов во мно-

гом будет зависеть от подобранных предикторов, которые будут отражать не только уже установленные ранее физически взаимосвязанные процессы, но и иметь статистически значимые и устойчивые связи. Поэтому, целью данной работы является исследование информативности различных комбинаций факторов, которые формируют изменения ледовитости в Баренцевом море.

Данные и методы

В работе анализируется изменчивость ледовитости западного, северо-восточного и юго-восточного районов Баренцева моря (рис. 1) в зимний и летний сезоны за период 1950–2022 годы. Границы исследуемых районов для удобства и унификации обозначены также, как в работе Миронова [3].

Под информативностью понимается вносимый предикторами вклад в изменчивость моделируемого предиктанта (ледовитости), выраженный в долях от единицы или процентах от дисперсии ряда. В работе использовались данные по среднемесячным значениям ледовитости, которые рассчитываются в ААНИИ. Для дальнейшего анализа было выполнено осреднение по периодам с декабря по апрель (зимний сезон) и с июля по сентябрь (летний сезон) [3].

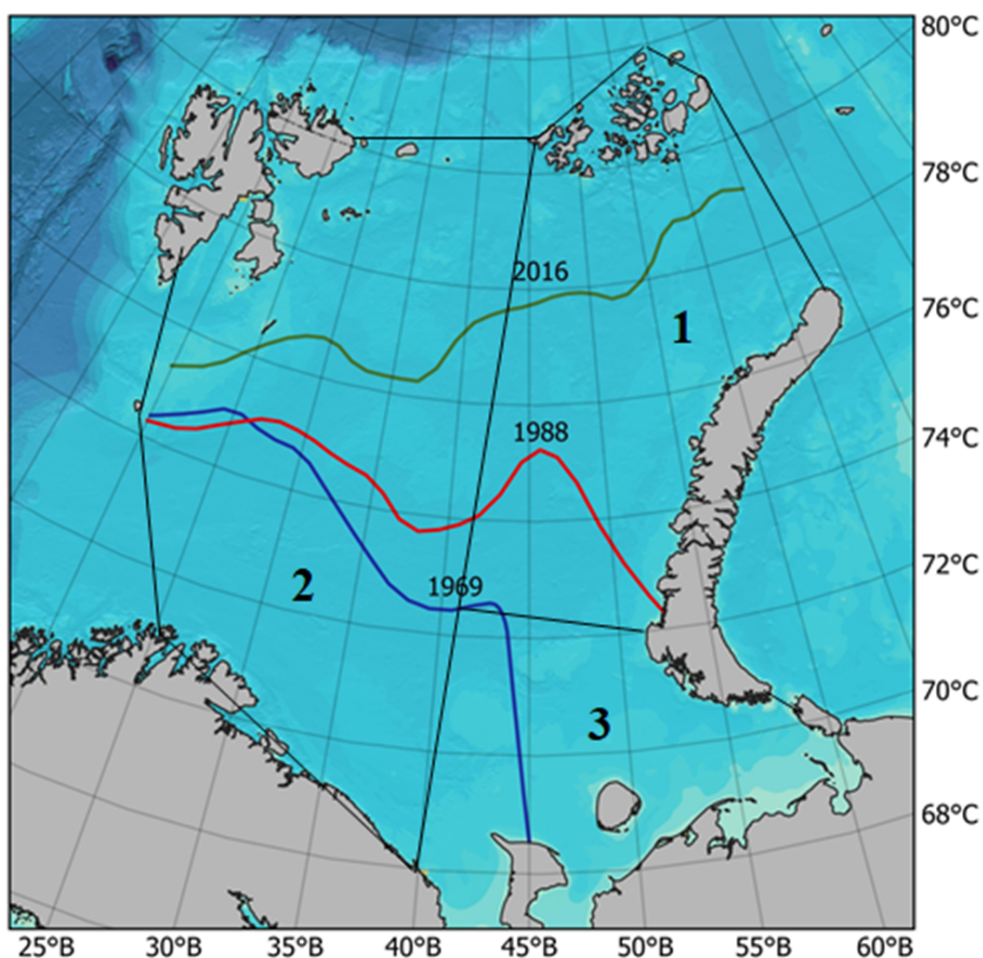


Рисунок 1. Границы районов с однородными ледовыми условиями (черные линии): 1 – северо-восточный, 2 – западный, 3 – юго-восточный районы. Цветные линии – расположение кромки льдов в зимний сезон за характерные годы

Для выявления зависимости изменений ледовитости от различных гидрометеорологических и астрогеофизических факторов применялись физико-статистические методы анализа с использованием мультирегрессионных моделей (метод включения переменных) [19], которые строились с помощью программного пакета Статистика [20]. В качестве предикторов использовались различные гидрометеорологические и астрогеофизические параметры, их список приведен в таблице 1.

Таблица 1.

Гидрометеорологические и астрогеофизические параметры, используемые в качестве предикторов для уравнений

Гидрометеорологические параметры	
индекс Арктического колебания, АО	www.ncei.noaa.gov/access/monitoring/ao/
индекс Арктического диполя, AD	Предоставлен Janout M.A. (Alfred Wegener Institute Helmholtz Centre for Polar and Marine Research (AWI) Bremerhaven, Germany), [21]
Тихоокеанско-Североамериканский индекс, PNA	www.ncei.noaa.gov/access/monitoring/pna/
Североатлантическое колебание, NAO	www.ncei.noaa.gov/access/monitoring/nao/
Атлантическое мульти декадное колебание, AMO	www.esrl.noaa.gov/psd/data/timeseries/AMO/
приповерхностная температура воздуха ПТВ	http://iridl.ldeo.columbia.edu/
Астрогеофизические параметры	
аномалии расстояния между Землей и Солнцем, С	astro.ukho.gov.uk/nao/lvm/#tabs-d3
поправки к широтной и долготной координатам положения полюса Земли dX и dY	https://hpiers.obspm.fr/eop-pc/index.php?index=C01&lang=en
параметры нутации оси Земли в долготе и наклоне Δψ и Δε	https://hpiers.obspm.fr/eop-pc/index.php?index=C01&lang=en
числовой показатель солнечной активности – числа Вольфа Wolf	solarscience.msfc.nasa.gov/

К каждому предиктору, который предполагалось включить в рабочий массив данных, предъявлялся ряд требований. Прежде чем анализировать сопряженность процессов с помощью статистических методов, была изучена взаимосвязь самих процессов, формирующих ледовитость Баренцева моря, с параметрами, которыми данные процессы могут быть представлены.

Информативность предикторов определялась путем численных экспериментов, в ходе которых отсеивались предикторы с наименьшим вкладом в изменчивость ледовитости каждого из районов Баренцева моря. В результате были получены физико-статистические уравнения для зимнего и летнего сезонов. Качество воспроизведения фактической ледовитости полученными уравнениями оценивалось с помощью коэффициента корреляции R и коэффициента детерминации R².

Сопряженность гидрометеорологических и астрогеофизических параметров с ледовитостью

В работе [22] было установлено, что одним из важнейших факторов, формирующих ледовитость, является ветер. Потоки воздуха механически воздействуют на подстилающую поверхность, усиливая или ослабляя скорость поверхностных течений и дрейф льдов [2, 3, 23]. В свою очередь, изменчивость параметров ветра зависит от барической обстановки в регионе – расположения относительно друг друга зон повышенного и пониженного давления. К климатическим факторам, описывающим барическую обстановку, относятся следующие индексы (таблица 1):

- Индекс Арктического колебания (АО) характеризует барическую обстановку в Северном полушарии [24]. В зависимости от фазы (положительной или отрицательной) западный перенос воздушных масс между средними и высокими широтами будет усиливаться или ослабевать, соответственно.
- Индекс Североатлантического колебания (NAO) характеризует западно-восточный перенос воздушных масс в зависимости от углубления или ослабления центров действия атмосферы (ЦДА) – Исландского минимума и Азорского максимума [25, 26].
- Индекс Арктического диполя (AD) так же имеет положительную и отрицательную фазы и характеризует движение воздушных масс либо в сторону морей Северо-Европейского бассейна, либо в сторону Берингова пролива [27].
- Индекс Тихоокеанско-североамериканского колебания (PNA) характеризует изменение направления и интенсивности Атмосферной циркуляции над территориями Западной Европы, Северной Америки и центральной частью Тихого океана [28].

- Влияние адвективного переноса тепла, поступающего с Северо-Атлантическим течением, учитывалось с помощью индекса Атлантического мультидекадного колебания (АМО). Индекс АМО характеризует аномалии поверхностной температуры воды в районе Северной Атлантики [11, 29, 30].

Перечисленные гидрометеорологические характеристики и механизмы их взаимодействия с ледовитостью неоднократно описывались во многих работах [31 - 33]. В тоже время связь изменения климата Арктики и астрогеофизических параметров до сих пор остается дискуссионным вопросом. Однако, в ряде работ [16, 17, 34] приводятся результаты исследования этих механизмов и предлагаются различные аргументы в пользу использования астрогеофизических параметров. Например, показывается сопряженность их циклических вариаций [6]. А также то, что низкочастотные колебания многих гидрометеорологических характеристик, включая ледовитость морей, обусловлены циклическим (50–60 лет) колебанием. Данные циклы, по одной из гипотез, связаны с изменением расстояния между Землей и Солнцем [35], по другой – с межпланетарными гравитационными силами [16].

Перед анализом временных рядов ледовитости, гидрометеорологических и астрогеофизических параметров из них был удален линейный тренд. Затем рассчитан коэффициент парной корреляции и проверен на значимость (при уровне значимости 0,05). Статистически значимые коэффициенты приведены в таблице 2. Наибольшие коэффициенты корреляции отмечаются с индексом АМО (с заблаговременностью от двух до четырех лет) и с приземной температурой воздуха. Связь ледовитости с индексом АМО отрицательна и для западного, северо-восточного и юго-восточного районов максимальные по модулю коэффициенты составляют соответственно 0,51, 0,45 и 0,25. Между ледовитостью с приземной температурой воздуха также отмечается отрицательная связь, которая наиболее сильно проявляется в зимний сезон: модули коэффициентов корреляции для западного и северо-восточного районов больше 0,7, для юго-восточного района – несколько меньше и составляет 0,46. Отметим, что для летней ледовитости юго-восточного района сохраняется значимая отрицательная связь с зимней приземной температурой воздуха (модуль коэффициента корреляции 0,45).

Для юго-восточного района моря не удалось получить значимых коэффициентов корреляции ни с гидрометеорологическими, ни с астрогеофизическими характеристиками. Это может объясняться тем, что данный район находится под влиянием дрейфующих льдов, поступающих из акватории Белого моря, теплых вод Северо-Атлантического течения, речного стока Печоры и ледообмена с Карским морем, которые, в совокупности, формируют сложную структуру юго-восточной части акватории Баренцева моря [2, 3, 9]. По-видимому, для описания столь сложного взаимодействия различных факторов помимо предикторов глобального масштаба должны использоваться и более локальные параметры.

Стоит отметить, что значения парного коэффициента корреляции между ледовитостью и индексами атмосферной циркуляцией довольно низкие ($t_{кр}$ близко к пороговому значению) или вовсе не значимые (ниже порогового значения $t_{кр}$). Индекс NAO имеет значимый коэффициент корреляции лишь с ледовитостью юго-восточного района (зимний сезон). Тогда как при использовании анализа множественной регрессии вносит значимый вклад практически во всех районах.

Анализ циклических гидрометеорологических и астрогеофизических параметров и ледовитости позволил дополнить понимание сопряженности этих процессов. Для каждого из предполагаемых предикторов была построена периодограмма, аналогичная графикам распределения спектральной плотности ледовитости [12]. По спектрограммам были выделены пики спектральных плотностей, а соответствующие им годы (периоды колебаний) занесены в таблицу 3, где полужирным шрифтом также выделены периоды, совпадающие с циклами ледовитости.

При исследовании циклических колебаний особое внимание было уделено периодам, совпадающим для гидрометеорологических и астрогеофизических характеристик и ледовитости. Высокочастотные колебания (менее 3 лет) отмечаются практически во всех рассматриваемых характеристиках и, вероятнее всего, связаны с локальными процессами, возникающими в результате взаимодействия океана и атмосферы и под влиянием атмосферной циркуляции [6]. Циклические колебания с периодами 5, 6, 7 лет и от 8 до 13 лет характерны для всех гидрометеорологических индексов. Наибольшее количество совпадений по периодам циклических колебаний между ледовитостью и индексом NAO, что говорит о сопряженности ледовитости и флуктуаций силы и направления западного переноса с глобальными механизмами, которые их формируют. Например, данные колебания могут быть связаны, в том числе, с влиянием 11-летнего цикла солнечной активности. Последний, в свою очередь, представляет собой осредненный период относительно минимумов солнечной активности, наступающих каждые 8–14 лет [35]. Либо с комбинациями 2-х и 3-х летних периодичностей [16].

Таблица 2.

Коэффициенты парной корреляции между ледовитостью отдельных районов Баренцева моря в зимний и летний сезоны и гидрометеорологическими и астрогеофизическими параметрами за 1950 - 2022 годы

Гидрометеорологические характеристики														
	AMO ₋₂	AMO ₋₃	AMO ₋₄	NAO _W	ПТВ(НМ) _{W-1}	ПТВ(НМ) _{Spr-1}	ПТВ(НМ) _{Aut-1}	Ta(БМ) _W	Ta(БМ) _S	AO _W	AD _S			
L _W (West)	-0,42	-0,43	-0,51	-	-0,40	-0,29	-0,42	-0,78	-	0,29	-			
L _S (West)	-	-	-	-	-0,25	-	-0,20	-	-0,30	0,21	-			
L _W (N-E)	-0,45	-0,43	-0,43	-	-0,51	-0,35	-0,49	-0,75	-	0,29	-			
L _S (N-E)	-0,35	-0,41	-0,41	-	-0,41	-0,28	-0,39	-	-0,33	-	-			
L _W (S-E)	-0,25	-	-	-0,35	-0,34	-0,32	-0,24	-0,46	-	-	-			
L _S (S-E)	-	-	-0,24	-	-0,21	-0,29	-	-0,45	-	0,23	0,22			
Астрогеофизические характеристики														
	dX	dX ₋₁	dY	dY ₋₁	Δψ	Δψ ₋₁	Δψ ₋₂	Δψ ₋₃	Δε	Δε ₋₃	Wolf _S	Wolf _W	C _S	C _W
L _W (West)	-0,45	-0,26	-0,23	-	-0,30	-0,31	-0,28	-0,23	-	-	-	-	-	-
L _S (West)	-	-	-0,38	-0,38	-0,28	-0,30	-0,29	-0,25	-	-	0,21	-	-	-
L _W (N-E)	-0,45	-0,31	-	-	-0,37	-0,38	-0,34	-0,27	-	-0,25	0,28	0,27	-	-
L _S (N-E)	-0,37	-0,31	-0,33	-0,28	-0,33	-0,36	-0,35	-0,30	0,21	-	-	-	-0,21	0,27
L _W (S-E)	-0,25	-0,34	-0,22	-0,21	-0,22	-0,21	-	-	-	-	0,32	0,21	-	0,35
L _S (S-E)	-0,21	-	-0,24	-0,21	-0,24	-0,21	-	-	-	-0,21	-	-	-	-

Примечание. L(West) – ледовитость Западного района; L(N-E) – ледовитость Северо-Восточного района; L(S-E) – ледовитость Юго-Восточного района; S – летний, W – зимний, Spr – весенний и Aut – осенний сезоны; AMO – индекс Атлантического мультидекадного колебания; NAO – индекс Североатлантического колебания; ПТВ – приповерхностная температура воздуха; AO – индекс Арктического колебания; AD – индекс Арктического диполя; X и Y – поправки к широтной и долготной координатам положения полюса Земли; Δψ и Δε – параметры нутации оси Земли; Wolf – числа Вольфа; C – изменение расстояния от Земли до Солнца; НМ и БМ – Норвежское и Баренцево моря; -1, -2, -3, -4 – заблаговременность относительно ледовитости в годах.

Таблица 3.

Периоды циклических колебаний гидрометеорологических индексов и астрогеофизических параметров, выделенные по пикам спектральной плотности

Параметр / индекс	Периоды циклических колебаний в годах				
	более 14	8 - 13	6-8	3-5	менее 3
AO _W	17,5	8,8	-	4,4; 3,7	2,8; 2,4
AO _S	17,5	10 14	7,0	4,4	2,8; 2,3
AD _W	17,5	14	7,0	5,0; 3,5	2,7; 2,4
AD _S	-	11,7	7,0	4,1; 3,3	2,9; 2,4
PNA _W	-	-	7,8	3,7	2,5; 2,3
PNA _S	-	11,7	7,0	4,4; 3,3	2,3
AMO	16,4	9,1	7,5; 6,1	5,3; 4,6; 3,6	2,5
NAO _W	38,8	13,9	7,8	5,7; 5,0	2,7; 2,4
NAO _S	32,2	13,9; 8,8	7,2	5,5; 4,0; 3,5	2,7; 2,3
Wolf	-	11,5; 10,2	-	5,4; 3,8; 3,3	2,7; 2,4
C _W	18,6	13,1; 8,4	6,1	4,0	2,7
C _S	18,6	9,2	6,1	4,0	2,7
Δε	18,6	9,2	-	-	-
Δψ	18,6	9,2	-	-	-
dX	-	10,2	6,6	-	-
dY	-	9,2	6,1	-	-

Примечание. AO – индекс Арктического колебания; AD – индекс Арктического Диполя; PNA – индекс Тихоокеанско-Североамериканского колебания; AMO – Атлантическое мультидекадное колебание; NAO – Североатлантическое колебание; Wolf – числа Вольфа; C – изменение расстояния от Земли до Солнца;

$\Delta\psi$ и $\Delta\epsilon$ – параметры нутации Земли; dY , dX – поправки к широтной и долготной координатам положения полюса Земли; латинскими буквами обозначаются сезоны – S (лето), W (зима); полужирным шрифтом выделены периоды, совпадающие с циклами ледовитости.

В колебаниях астрогеофизических параметров выделяются циклы с периодами 6–7 лет и 9–10 лет, которые так же отмечаются и в колебаниях ледовитости Баренцева и Гренландского морей [12]. Цикл 6–7 лет обнаруживается в колебаниях изменения положения полюса Земли, причем этот цикл совпадает с 7-летним колебанием изменения скорости вращения Земли [37] и с 7-летним циклом, формирующимся наложением вынужденного двенадцатимесячного колебания оси вращения Земли и свободного четырнадцатимесячного Чандлеровского колебания [34, 35, 38]. Цикличность с периодами 9–10 лет, вероятнее всего, сформирована либо влиянием 11-летнего цикла солнечной активности [36], либо комбинациями 2-х и 3-х летних периодичностей [16].

Таким образом, наличие совпадающих цикличностей является дополнительным аргументом в пользу включения составляющих нутации оси вращения Земли ($\Delta\psi$ и $\Delta\epsilon$), изменения координат её полюса, а также индексов атмосферной циркуляции в качестве предикторов при разработке статистических уравнений долгопериодных изменений ледовитости Баренцева моря.

Статистические уравнения связи ледовитости с гидрометеорологическими и астрогеофизическими параметрами

Построение статистических уравнений выполнялось путем перебора различных комбинаций для получения уравнения с наиболее высокими коэффициентами корреляции и детерминации. Переменные, входящие в состав уравнений, проверялись на значимость. Для каждого предиктора p-level составил менее 0,05 (менее 5% вероятности, что связь предиктора и предиктанта случайна). В результате, для всего исследуемого периода 1951–2022 гг. построены уравнения множественной регрессии с соответствующими им коэффициентами корреляции и детерминации (таблица 4). Для всех коэффициентов корреляции R критерий Стьюдента был равен $\pm 0,21$ при уровне значимости $\alpha=0,05$. Также все уравнения прошли успешную проверку на адекватность по критерию Фишера. Стандартное отклонение расчетного ряда не превышало среднеквадратического отклонения (СКО) фактической ледовитости. Так же был проведен ряд экспериментов с полученными уравнениями, в результате которых было показано сохранение устойчивости связи до 15 лет (рабочая выборка 1951–2006 годы, независимая 2007–2022 годы). Результаты экспериментов представлены в таблице 4 в виде коэффициентов детерминации по рабочей выборке 1951–2006 годы R^{2*} .

Таблица 4.
Статистические уравнения связи ледовитости Баренцева моря с гидрометеорологическими и астрогеофизическими факторами за период 1951–2022 годы

№	Уравнение	R	R ²	R ^{2*}
Западный район				
1	$L_W = 0,22 \cdot L_{AUT-1} - 1,76 \cdot ПТВ_W - 7,81 \cdot АМО_{-2} - 2,22 \cdot NAO_{W-1} - 0,51 \cdot \Delta\epsilon_{-3} - 0,39 \cdot dX + 25,56$	0,90	0,81	0,80
2	$L_S = 0,51 \cdot L_{SPR} + 2,24 \cdot PNA_S - 2,31 \cdot AO_S + 0,01 \cdot Wolf_W - 0,28 \cdot dY_{-1} + 6,50$	0,92	0,85	0,85
Северо-восточный район				
3	$L_W = - 2,65 \cdot ПТВ_W - 0,16 \cdot АМО_{-4} - 5,18 \cdot NAO_{W-1} - 0,77 \cdot AO_W + 0,04 \cdot Wolf_{S-1} + 50,81$	0,88	0,78	0,78
4	$L_S = 0,35 \cdot L_{SPR} - 2,46 \cdot ПТВ_S - 0,11 \cdot АМО_{-4} + 1,69 \cdot PNA_S - 1,37 \cdot NAO_S - 0,35 \cdot dY + 16,57$	0,90	0,80	0,79
Юго-восточный район				
5	$L_W = - 1,36 \cdot ПТВ_W - 7,59 \cdot NAO_W - 3,68 \cdot PNA_{S-1} - 0,11 \cdot \Delta\epsilon_{-3} - 0,11 \cdot dX_{-1} + 0,05 \cdot Wolf_W + 42,83$	0,65	0,47	0,45
6	$L_S = -0,28 \cdot ПТВ_W + 1,04 \cdot AD_{S-1} - 1,28 \cdot AO_{W-1} - 0,57 \cdot NAO_W - 0,14 \cdot \Delta\epsilon_{-3} - 2,04$	0,59	0,35	0,34

Примечание. L – ледовитость; ПТВ – приповерхностная температура воздуха в соответствующем районе; $\Delta\epsilon$ – параметр нутации оси Земли; NAO – индекс Североатлантического колебания; AD – индекс Арктического диполя; AO – индекс Арктического колебания;

PNA – индекс Тихоокеанско-североамериканского колебания; AMO – индекс Атлантического Мультидекадного колебания; Wolf – числа Вольфа; dX и dY – поправки к широтной и долготной координатам положения полюса Земли; латинскими буквами обозначаются сезоны – S (лето), AUT (осень), W (зима), SPR (весна); -1, -2, -3 – опережение параметра на 1, 2 и 3 года соответственно; R – коэффициент корреляции между фактическими и расчетными значениями; R^2 – коэффициент детерминации; R^{2*} – коэффициент детерминации для случая проверки на устойчивость на 16 годах.

Подобранные комбинации предикторов демонстрируют тесную связь с ледовитостью западного и северо-восточного районов, и среднюю/заметную – с ледовитостью юго-восточного района. Следует отметить, что во всех уравнениях связи (за исключением уравнения для летнего сезона западного района), в качестве предикторов участвуют приземная температура воздуха и NAO. Другие наиболее часто используемые предикторы (в трех уравнениях из шести): ледовитость предыдущего сезона, AMO, AO, PNA, числа Вольфа и нутация $\Delta\epsilon$.

При проверке устойчивости полученных статистических уравнений был выполнен ряд следующих экспериментов. Из временных рядов были выделены независимые выборки длиной от семи лет и более (периоды 2016–2022 годы, 2015–2022 годы и т.д.). На зависимых выборках (периоды 1951–2015 годы, 1951–2014 годы и т.д.) были получены новые числовые коэффициенты с помощью составленных ранее статистических уравнений связи ледовитости с гидрометеорологическими и астрогеофизическими характеристиками. В результате, было установлено, что уравнения сохраняют свою устойчивость вплоть до 16 лет. Результаты моделирования с рабочей выборкой для периода 1951–2006 годы представлены в таблице 4 (коэффициент детерминации R^{2*}), моделирования с независимыми выборками на рисунке 2 (для периода 2017–2022 годы – зеленая линия, для периода 2007–2022 годы – синяя линия). При сравнении характеристик качества моделей, отмечено, что коэффициент детерминации укороченного ряда (R^{2*}) для уравнений изменчивости ледовитости отдельных районов Баренцева моря уменьшился не более чем на 0,02 (таблица 4). Это связано в первую очередь с более короткой длиной ряда (на 16 лет). Малое уменьшение коэффициента детерминации говорит о высокой устойчивости полученных уравнений, по крайней мере, на 16 годах.

В целом смоделированная ледовитость с достаточно высокой синхронностью повторяет фактическую изменчивость. Причем, данная закономерность лишь незначительно меняется на независимом ряду, начиная с 2006 года.

Информативность различных факторов в зависимости от вариаций комбинаций предикторов в статистических уравнениях

Исследование информативности различных предикторов выполнялось по уравнениям 1–6 (таблица 4) путем вычисления доли вклада предиктора в общую дисперсию ледовитости, принимаемую за 100%. Результаты оценок приведены в таблице 5.

Таблица 5.

Вклад (%) предикторов в уравнениях связи ледовитости Баренцева моря с гидрометеорологическими и астрогеофизическими параметрами за период 1951–2022 годы

Предикторы Районы и сезоны	ПТВ	L	AMO	AO	AD	NAO	PNA	Wolf	dX	dY	$\Delta\epsilon$
West W	9,3	61,3	16,4	-	-	6,1	-	-	3,5	-	3,4
West S	-	78,1	-	5,1	-	-	5,7	4,1	-	7,0	-
N-E W	73,5	-	8,6	5,6	-	8,4	-	3,9	-	-	-
N-E S	7,3	75,7	6,9	-	-	1,4	2,0	-	-	6,7	-
S-E W	19,6	-	-	-	-	19,2	4,9	6,5	13,5	-	36,3
S-E S	45,3	-	-	7,8	7,8	5,9	-	-	-	-	33,2

Примечание. L – ледовитость; ПТВ – приповерхностная температура воздуха соответствующего района; $\Delta\epsilon$ – параметр нутации оси Земли; NAO – индекс Североатлантического колебания; AD – индекс Арктического диполя; AO – индекс Арктического колебания; PNA – индекс Тихоокеанско-североамериканского колебания; AMO – индекс Атлантического Мультидекад-

ного колебания; Wolf — числа Вольфа; X и Y — поправки к широтной и долготной координатам положения полюса Земли; районы: West — западный, N-E — северо-восточный, S-E — юго-восточный. Сезоны: S — летний, W — зимний.

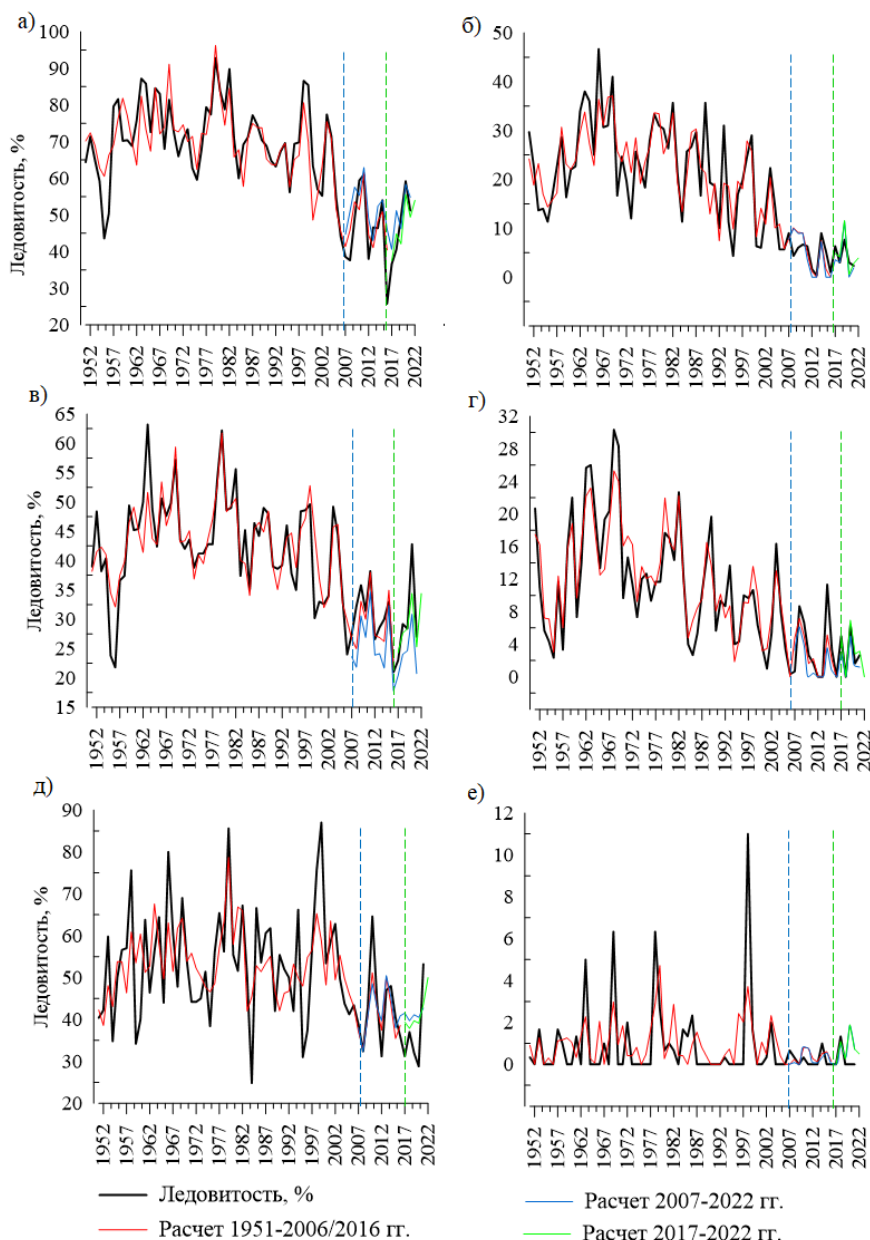


Рисунок 2. Сопоставление фактических и восстановленных по уравнениям значений ледовитости отдельных районов Баренцева моря (а, в, д – зимний, б, г, е – летний сезоны): а, б – западный район; в, г – северо-восточный район; д, е – юго-восточный район за период 1951–2022 годы

Примечание. Вертикальными пунктирными линиями обозначены границы рабочих (1951–2016 гг., зеленая; 1951–2006 гг., синяя) и независимых (2017–2022 гг.; 2007–2022 гг.) выборок.

Анализ выполненных расчетов позволяет сделать следующие выводы. Для ледовитости западного района Баренцева моря характерным является преобладающее влияние предшествующего состояния ледяного покрова как в зимний (вклад 61,3%), так и в летний (вклад 78,1%) сезоны (таблица 5). Это связано с высокой (относительно других районов) инерционностью положения кромки морских льдов, которой способствует расположенный в районе Шпицбергена массив сплоченных однолетних и многолетних льдов. Помимо этого, несколько восточнее Шпицбергена, так же в северной части западного района, где глубины не превышают 200 м, происходит вынос льдов из Арктического бассейна с холодными водами Восточно-Шпицбергенского течения [3]. Влияние адвекции атлантических вод в западном районе также достаточно сильно проявляется. Связано это с тем, что в более глубоководной части западного района (южнее в сторону Скандинавии) происходит поступление теплых

атлантических вод с Северной и Центральной ветвями Норвежского течения в районе Медвежинского желоба и Центрального плато и с Нордкапским течением (у берегов Скандинавии) [38]. Это влияние моделируется индексом АМО, вклад которого в изменчивость ледовитости района составляет 16,4% в зимний сезон (таблица 5). В северо-восточном и юго-восточном районах влияние притока теплых атлантических вод уменьшается и преобладающее влияние оказывает изменчивость приземной температуры атмосферы, которая описывает до 73,5% изменчивости в северо-восточном и до 45% изменчивости в юго-восточном районах (таблица 5). Это может быть связано с интенсивной циклонической активностью и ледообменом с Карским морем.

Несмотря на то, что атмосферная циркуляция вносит значительно меньший вклад (по отдельным предикторам от 1,4 до 8,4%) в изменчивость ледовитости западного и северо-восточного районов Баренцева моря по сравнению с предшествующим состоянием ледовитости и температурой воздуха, ее влияние имеет вполне понятный физический смысл. В юго-восточном районе заметно влияние температуры приземного воздуха и атмосферной циркуляции. Вклад приповерхностной температуры атмосферы составляет 45,3% в зимний и 19,6% в летний сезоны. А предшествующее состояние ледовитости из-за её низкой инерционности, не проявляется вовсе. Интенсивность Северо-Атлантического колебания в зимний сезон имеет максимальное развитие в марте [26], что проявляется практически во всех уравнениях для ледовитости как зимнего, так и летнего сезонов. Аналогичная ситуация наблюдается и в уравнениях описания долгопериодной изменчивости ледовитости Гренландского моря [40, 41]. Длительное сохранение отрицательной фазы NAO приводит к усилению меридионального переноса воздушных масс и, как следствие, увеличению интенсивности поступления теплых атлантических вод в Северо-Европейский бассейн, включая и Баренцево море, что приводит к уменьшению ледовитости. Положительная фаза NAO приводит к противоположному воздействию. В летний сезон уменьшается градиент давления между высокими и средними широтами, происходит интенсификация меридионального переноса. В то же время, влияние NAO снижается, а атмосферная циркуляция моделируется индексами AO и PNA. Описанные особенности атмосферной циркуляции проявляются в уравнениях всех районов для зимнего сезона, а вклад NAO превышает таковой для летнего сезона и составляет 6,1% (западный район), 8,4% (северо-восточный район) и 19,2% (юго-восточный район). Наибольший вклад атмосферная циркуляция вносит в описание изменчивости ледовитости юго-восточного района и составляет суммарно 21,5% для летнего и 24,1% для зимнего сезонов. Вероятно, это связано с тем, что представленные уравнения для юго-восточного района не учитывают речной сток (влияние которого значительно) и ледообмен с Карским морем из-за отсутствия рядов данных за весь рассматриваемый период. В этой связи, данный район требует дальнейшего исследования с расширенным набором более локальных предикторов и за более короткий период.

Связь между ледовитостью Баренцева моря, поправками к широтной и долготной координатам положения полюса Земли и нутацией оси вращения Земли обратная. В положительную фазу, геострофический поток воды имеет доминирующее направление в сторону Центрального Арктического бассейна от средних широт из-за изменения наклона уровня [34]. Что приводит к усилению интенсивности поступления теплых вод из Северной Атлантики в Баренцево море, и ослаблению дрейфа льдов и холодных вод из Центрального Арктического бассейна, способствуя уменьшению ледовитости. На долю нутации оси вращения Земли в наклоне ($\Delta\epsilon$) приходится от 3,4% (западный район) до 36,3% (юго-восточный район) изменчивости общей дисперсии ледовитости. Связь ледовитости с нутацией проявляется через температуру атмосферы. Дело в том, что изменение наклона оси вращения Земли приводит не только к изменению наклона уровня, но и к большему (меньшему) нагреву поверхности Земли и воздуха вследствие инсоляции. На данный момент происходит уменьшение угла наклона оси вращения Земли, что приводит к увеличению поступления солнечной радиации в экваториальные районы и уменьшению в полярные. В свою очередь, это ведет к увеличению градиента между низкими и высокими широтами и к интенсификации меридионального переноса тепла [14, 34]. Поскольку в юго-восточном районе доминирующее влияние на ледовые процессы оказывает атмосфера [3, 13], параметр нутации, в данном случае, косвенно характеризует изменение температуры воздуха Северного полушария. Это находит отражение в уравнениях (таблица 5), где видно, что для юго-восточного района характерно относительно более равномерное распределение вкладов температур воздуха (19,6–45,3% вклада), индексов атмосферной циркуляции (21,5–24,1% вклад суммарно) и нутации оси Земли в наклоне (33,2–36,3% вклада) (таблица 5).

Стоит отметить, что влияние поступления Атлантических вод в Баренцевом и Грен-

ландском морях проявляется с разной заблаговременностью: с запаздыванием в 4 года в Гренландском море [40] и 2 года и 4 года – в Баренцевом море (таблица 4). Дело в том, что в зимний сезон происходит углубление Исландской депрессии и усиление Сибирского антициклона, а их взаимодействие приводит к обострению арктического фронта [26, 42, 43]. В свою очередь, это приводит к усилению западных и юго-западных ветров и способствует более интенсивному поступлению Атлантических вод в Баренцево море. Тогда как в Гренландское море приток этих вод замедляется. Между колебаниями теплого Северо-Атлантического течения и холодного Восточно-Гренландского течения наблюдается взаимосвязь: при усилении интенсивности теплого течения, интенсивность системы холодных течений несколько ослабевает [44]. Это проявляется в двухлетнем запаздывании индекса АМО в уравнениях для ледовитости западного района Баренцева моря и четырехлетней – для Гренландского моря [41] и северо-восточного района Баренцева моря. В летний период Исландский минимум ослабевает, а Сибирский антициклон и вовсе распадается. Влияние атмосферной циркуляции ослабевает и поступление атлантических теплых вод относительно «выравнивается» в обоих морях.

Заключение

Выполненный анализ показал наличие совпадающих периодов в циклических колебаниях как ледовитости Баренцева моря, так и гидрометеорологических и астрогеофизических параметров, что может свидетельствовать о сопряженности их колебаний. С астрогеофизическими параметрами определяются общие циклические периоды 6–10 лет. Общие периоды циклическостей за 5–8 лет и 9–14 лет определяются также с NAO и 7–14 лет с индексами AO, AD и PNA. Что подтверждает статистическую связь изменений ледовитости Баренцева моря с колебаниями атмосферной циркуляции.

Представленные статистические уравнения хорошо описывают изменения ледовитости западного района, воспроизводя до 85% общей дисперсии ледовитости. Это связано, в первую очередь, с близостью западного района к массиву сплоченных льдов и тем, что холодные арктические воды формируют высокую инерционность положения кромки льдов в его северной части. Влияние поступления теплых атлантических вод с Нордкапским течением, которое моделируется индексом АМО с вкладом 16%, лишь в малой степени распространяется на север. В результате, сохраняется высокое влияние предшествующего состояния ледяного покрова, которое вносит до 78% вклада в общую изменчивость ледовитости района.

До 80% от общей дисперсии описывают уравнения для северо-восточного района. Здесь наибольшее влияние оказывают приповерхностная температура атмосферы (74% в зимний сезон) и предшествующее состояние ледовитости (76% в летний сезон). Этот район подвержен влиянию течений Макарова и Персея, приносящих холодные воды и дрейфующие льды из Карского моря с севера. Такая особенность, а также собственные льды местного образования способствуют высокой зависимости ледовитости от предшествующего состояния ледяного покрова. В южную часть района с Западно-Приноземельским течением поступают теплые трансформированные воды атлантического происхождения, что способствует высокой изменчивости расположения кромки льда: от полного очищения до полного замерзания этой части района.

Невысокий процент дисперсии (47%) описывают уравнения ледовитости юго-восточного района. Влияние водо- и ледообмена с Карским и Белым морями, речной сток и заток теплых атлантических вод в совокупности с мелководностью района способствуют самой высокой изменчивости как сплоченности, так и площади льдов. Это единственный район Баренцева моря, который в летний сезон полностью очищается ото льда. В связи с чем, данная акватория требует дополнительного исследования с использованием предикторов, характеризующих более локальные процессы.

Из оценок информативности следует, что влияние атмосферной циркуляции проявляется во всех районах. Индекс NAO имеет наибольший вклад в изменчивость ледовитости зимнего сезона во всех районах (6,1–19,2%). Что говорит о преобладающем влиянии меридионального переноса воздушных масс, которое может приводить к интенсификации поступления в Баренцево море как теплого воздуха, так и теплых атлантических вод.

Из астрогеофизических параметров суммарно наибольший вклад вносит нутация оси вращения Земли – до 36%. Нутация может приводить к изменениям наклона уровня от средних широт к высоким и, таким образом, служить косвенной характеристикой интенсивности дрейфа льда из Арктического бассейна. Кроме того, нутация напрямую влияет на поступление солнечной радиации, способствуя увеличению ме-

ридионального переноса тепла при уменьшении угла наклона оси.

В целом, рассчитанная ледовитость достаточно хорошо описывает её фактические изменения. Выбранные предикторы имеют высокую информативность и устойчивость, поэтому могут быть использованы при дальнейшем анализе долгопериодной изменчивости ледовитости Баренцева моря и его отдельных районов. Полученные комбинации предикторов могут также послужить основой для разработки прогностических уравнений с заблаговременностью 2–4 года. Главной проблемой перехода к прогнозам является низкая заблаговременность параметров атмосферных процессов. В первую очередь это относится к приповерхностной температуре воздуха, которая вносит довольно ощутимый вклад в изменчивость ледовитости и при этом обладает низкой инерционностью. Это не позволяет использовать её предшествующее состояние при расчетах на полгода и более, как в случае с предшествующей ледовитостью. Одним из способов решения данной проблемы служит поиск предикторов, которые могут косвенно характеризовать температуру воздуха и иметь при этом высокую заблаговременность, как, например, нутация Земли.

Благодарности

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда в рамках научного проекта № 22–27–00443.

Список литературы:

1. Прик З. М. Климатическое районирование Арктики //Тр. АНИИ. Л. 1971. Т. 304. С. 72.
2. Никифоров Е.Г., Шпайхер А.О. Закономерности формирования крупномасштабных колебаний гидрологического режима Северного Ледовитого океана. Л.: Гидрометеиздат, 1980. 270 с.
3. Миронов Е.У. Ледовые условия в Гренландском и Баренцевом морях и их долгосрочный прогноз. СПб.: АНИИ, 2004. 320 с.
4. Аксенов П.В., Иванов В.В. «Атлантификация» как вероятная причина сокращения площади морского льда в бассейне Нансена в зимний сезон // Проблемы Арктики и Антарктики. 2018. Т. 64 (1). С. 42–54. doi: 10.30758/0555-2648-2018-64-1-42-54.
5. Система Баренцева моря / под ред. академика А. П. Лисицына. М.: ГЕОС, 2021. 672 с.
6. Фролов И.Е., Гудкович З.М., Карклин В.П., Ковалев Е.Г., Смоляницкий В.М. Научные исследования в Арктике: Т. 2. Климатические изменения ледяного покрова Евразийского шельфа. СПб.: Наука, 2007. 135 с.
7. JCOMM Expert Team on Sea Ice. Sea-Ice Nomenclature: snapshot of the WMO Sea Ice Nomenclature No. 259. Geneva, Switzerland: WMO-JCOMM, 2014. 121 p. doi: 10.25607/OBP-1515.
8. Wang L., Yuan X., Li C. Subseasonal forecast of Arctic sea ice concentration via statistical approaches // Climate Dynamics. 2019. Vol. 52. P. 4953-4971.
9. Лис Н.А., Егорова Е.С. Климатическая изменчивость ледовитости Баренцева моря и его отдельных районов // Проблемы Арктики и Антарктики. 2022. Т. 68. № 3. С. 234–247. <https://doi.org/10.30758/0555-2648-2022-68-3-234-247>.
10. Onarheim I. H., Årthun M. Toward an ice-free Barents Sea // Geophys. Res. Lett. 2017. № 44. P. 8387–8395. doi:10.1002/2017GL074304.
11. Крашенинникова С. Б., Крашенинникова М. А. Причины и особенности долговременной изменчивости ледовитости Баренцева моря //Лед и снег. 2019. 59(1). С. 112–122. <https://doi.org/10.15356/2076-6734-2019-1-112-122>
12. Тимохов Л.А., Вязигина Н.А., Миронов Е.У., Юлин А.В. Климатические изменения сезонных и долгопериодных колебаний ледовитости Гренландского и Баренцева морей // Проблемы Арктики и Антарктики. 2019. 65(2). С. 148–168. <https://doi.org/10.30758/0555-2648-2019-65-2-148-168>
13. Тюряков А. Б., Мочнова Л. П. Метод долгосрочного прогноза распределения молодых и однолетних льдов в осенне-зимний период в юго-восточной части Баренцева моря с заблаговременностью 30-45 суток // Гидрометеорологические исследования и прогнозы. 2019. №. 3. С. 73-92.
14. Zotov L., Bizouard C., Sidorenkov N. Common oscillations in global Earth temperature, sea level, and Earth rotation //EGU General Assembly Conference Abstracts. 2014. С. 5683.
15. Сидоренков Н. С., Сумерова К. А. Синхронизация вариаций атмосферной циркуляции колебаниями лунно-солнечных приливов и подбор аналогов для долгосрочных прогнозов погоды //Труды Гидрометцентра России. 2010. Т. 14. №. 344. С. 325.
16. Федоров В.М. Солнечная радиация и климат Земли. М.: Физматлит, 2018. 232 с.

17. Абдусаматов Х.И. Солнце диктует климат Земли. СПб.: Изд-во «Logos», 2009. 197 с.
18. Монин А. С. Введение в теорию климата. Л.: Гидрометеоздат, 1982. 247 с.
19. Малинин В.Н., Гордеева С.М. Физико-статистический метод прогноза океанологических характеристик (на примере Северо-Европейского бассейна). Мурманск: ПИНРО, 2003. 129 с.
20. Hill T., Lewicki P., Lewicki P. Statistics: methods and applications: a comprehensive reference for science, industry, and data mining. StatSoft, Inc., 2006.
21. Janout M.A., Holemann J., Timokhov L., Gutjahr O., Heinemann G. Circulation in the northwest Laptev Sea in the eastern Arctic Ocean: Crossroads between Siberian River water, Atlantic water and polynya-formed dense water // Journ. of Geophys. Research: Oceans. 2017. V. 122. Is. 8. P. 6630–6647. doi: 10.1002/2017JC013159.
22. Зубов Н. Н. Морские воды и льды. М.: Гидрометиздат, 1938. 454 с.
23. Алексеев Г. В. Исследования изменений климата Арктики в XX столетии // Труды ААНИИ. 2003. 446 с. С. 6-21.
24. Thompson D. W. J., Wallace J. M. The Arctic Oscillation signature in the wintertime geopotential height and temperature fields // Geophysical research letters. 1998. T. 25. №. 9. С. 1297-1300.
25. Goldenberg, S. B., Landsea, C. W., Mestas-Nuñez, A. M., Gray, W. M. The recent increase in Atlantic hurricane activity: Causes and implications // Science. 2001. T. 293. №. 5529. С. 474-479.
26. Нестеров Е.С. Североатлантическое колебание: атмосфера и океан. М.: Триада ЛТД, 2013. 144 с.
27. Wu B., Wang J., Walsh J. E. Dipole anomaly in the winter Arctic atmosphere and its association with sea ice motion // Journal of Climate. 2006. T. 19. №. 2. С. 210-225.
28. Barnston A. G., Livezey R. E. Classification, seasonality and persistence of low-frequency atmospheric circulation patterns // Monthly weather review. 1987. 115(6). С. 1083-1126.
29. Холопцев А. В., Гуменный М. М. Изменения ледовитости Арктики и атлантическая мультидекадная осцилляция // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. География. Геология. 2017. 3(2). С. 243-254.
30. Сумкина А.А., Кивва К.К., Иванов В.В., Смирнов А.В. Сезонное очищение ото льда Баренцева моря и его зависимость от адвекции тепла Атлантическими водами // Фундаментальная и прикладная гидрофизика. 2022. 15(1). С. 82-97. <https://doi.org/10.48612/fpg/1krp-xbuk-6grz>
31. Алексеев Г.В., Кузмина С.И., Глок Н.И., Вязилова А.Е., Иванов Н.Е., Смирнов А.В. Влияние Атлантики на потепление и сокращение морского ледяного покрова в Арктике // Лёд и Снег. 2017. 57(3). С. 381-390. <https://doi.org/10.15356/2076-6734-2017-3-381-390>
32. Alekseev G, Kuzmina S, Bobylev L, Urazgildeeva A, Gnatiuk N. Impact of atmospheric heat and moisture transport on the Arctic warming. Int J Climatol. 2019. Vol. 39. С. 3582–3592. <https://doi.org/10.1002/joc.6040>
33. Бокучава Д.Д., Семенов В.А. Роль естественных колебаний и факторов внешнего воздействия на климат в потеплении середины XX века в Северном полушарии // Лёд и Снег. 2022. 62(3). С. 455-474. <https://doi.org/10.31857/S2076673422030144>
34. Максимов И.В. Геофизические силы и воды океана. Л.: Гидрометеоздат, 1970. 447 с.
35. Медведев И. П., Куликов Е. А., Рабинович А. Б., Лапшин В. Б. Чандлеровские биения и полюсный прилив в Северном и Балтийском морях // Гелиогеофизические исследования. 2018. № 18 С. 9–17.
36. Воейков А.И. Избранные сочинения. Т. 1. Климаты земного шара, в особенности России. М. Л.: Изд. АН СССР, 1948. 423 с.
37. Белашов В. Ю., Белашова Е. С., Харшиладзе О. А. Длиннопериодные нутационно-прецессионные движения мгновенного полюса вращения Земли // Ученые записки Казанского университета. Серия Физико-математические науки. 2020. Т. 162. №. 4. С. 467-480
38. Слепцов-Шевлевич Б.А., Бояринов А.М. Солнечный ветер, вращение Земли и климат. СПб: Типография Бланк Издат, 2002. 159 с.
39. Экологический Атлас. Баренцево море. Роснефть, Арктический научный центр, Фонд «НИР». М.: Фонд «НИР», 2020. 447 с.
40. Тимохов Л.А., Вязигина Н.А., Миронов Е.У., Попов А.В. Особенности сезонной и межгодовой изменчивости ледяного покрова Гренландского моря // Лёд и Снег. 2018. Т. 58. № 1. С. 127–134.
41. Вязигина Н.А., Тимохов Л.А., Егорова Е.С., Юлин А.В. Информативность гидрометеорологических и астрогеофизических факторов в задаче описания

- межгодовых колебаний ледовитости Гренландского моря //Лёд и Снег. 2021. 61(3). С. 431-444. <https://doi.org/10.31857/S2076673421030099>
42. Добровольский А. Д., Залогин Б. С. Моря СССР. М. МГУ, 1982. 192 с.
43. Бардин М. Ю., Платова Т. В., Самохина О. Ф. Особенности изменчивости циклонической активности в умеренных широтах Северного полушария, связанные с ведущими модами атмосферной циркуляции в Атлантико-Европейском секторе //Фундаментальная и прикладная климатология. 2015. 2. С. 14-40.
44. Серяков Е. И. Долгосрочные прогнозы тепловых процессов в Северной Атлантике. Л.: Гидрометеиздат, 1979. 135 с.

References:

1. Prik Z.M. Klimaticheskoe rajonirovanie Arktiki. Climatic zoning of Arctic. Trudy Arkticheskogo i Antarkticheskogo nauchno-issledovatel'skogo institute. In: Bulletin of Arctic and Antarctic Research Institute. Leningrad, 1971, vol. 304, p. 72–84 (In Russian).
2. Nikiforov E.G., Shpajher A.O. Zakonomernosti formirovaniya krupnomasshtabnyh kolebanij gidrologicheskogo rezhima Severnogo Ledovitogo okeana. Patterns of formation of large-scale fluctuations of the hydrological regime of the Arctic Ocean. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1980, 270 p. (In Russian).
3. Mironov E.U. Ledovye usloviya v Grenlandskom i Barencevom moryah i ih dolgosrochnyj prognoz . Ice conditions in the Greenland and Barents Seas and their long-term forecast. St. Petersburg: ANI, 2004. 319 p. (In Russian).
4. Aksenov P.V., Ivanov V.V. «Atlantifikaciya» kak veroyatnaya prichina sokrashcheniya ploshchadi morskogo l'da v bassejne Nansena v zimnij sezon. "Atlantification" as a Possible Cause for Reducing of the Sea-Ice Cover in the Nansen Basin in winter. Problemy Arktiki i Antarktiki. Arctic and Antarctic Research. 2018, 64(1), pp. 42-54. (In Russian) <https://doi.org/10.30758/0555-2648-2018-64-1-42-54>
5. Sistema Barenceva morya / pod red. akademika A. P. Lisicyna. The Barents Sea system/ edited by Academician A.P. Lisitsyn M.: GEOS, 2021, 672 p.
6. Frolov I., Gudkovich Z., Karklin V., Kovalev E. Smolyanitsky V. Nauchnye issledovaniya v Arktike: T. 2. Klimaticheskie izmeneniya ledyanogo pokrova Evrazijskogo shel'fa. Climate Change in Eurasian Arctic Shelf Seas. Centennial Ice Cover Observations. Praxis Publishing Ltd. UK, Chichester. 2007, 135 p.
7. JCOMM Expert Team on Sea Ice. Sea-Ice Nomenclature: snapshot of the WMO Sea Ice Nomenclature No. 259. Geneva, Switzerland: WMO-JCOMM, 2014, 121 p. doi: 10.25607/OBP-1515.
8. Wang L., Yuan X., Li C. Subseasonal forecast of Arctic sea ice concentration via statistical approaches //Climate Dynamics. 2019, vol. 52, pp. 4953-4971.
9. Lis N.A., Egorova E.S. Klimaticheskaya izmenchivost' ledovitosti Barenceva morya i ego ot del'nyh rajonov. Climatic variability of the ice extent of the Barents Sea and its individual areas. Problemy Arktiki i Antarktiki. Arctic and Antarctic Research. 2022, Vol. 68(3), pp. 234-247. (In Russian) <https://doi.org/10.30758/0555-2648-2022-68-3-234-247>
10. Onarheim I. H., Årthun M. Toward an ice-free Barents Sea //Geophys. Res. Lett. 2017. № 44, pp. 8387–8395. doi:10.1002/2017GL074304.
11. Krasheninnikova S. B., Krasheninnikova M. A. Prichiny i osobennosti dolgovremennoj izmenchivosti ledovitosti Barenceva moray. Causes and features of long-term variability of the ice extent in the Barents Sea. Lyod i sneg. Ice and Snow. 2019, vol. 59(1), pp. 112-122. (In Russian) <https://doi.org/10.15356/2076-6734-2019-1-112-122>
12. Timokhov L.A., Vyazigina N.A., Mironov E.U., Yulin A.V. Klimaticheskie izmeneniya sezonnyh i dolgoperiodnyh kolebanij ledovitosti Grenlandskogo i Barenceva morej. Climatic changes of seasonal and inter-annual variability of the ice cover of the Greenland and Barents Seas. Problemy Arktiki i Antarktiki. Arctic and Antarctic Research. 2019, Vol. 65(2), pp. 148-168. (In Russian) <https://doi.org/10.30758/0555-2648-2019-65-2-148-168>
13. Tyuryakov A.B., Mochnova L.P. Metod dolgosrochnogo prognoza raspredeleniya molodyh i odnoletnih l'dov v osenne-zimnij period v yugo-vostochnoj chasti Barenceva morya s zablagovremennost'yu 30-45 sutok. A method for long-range forecasting of young and first-year ice distribution in the southeastern Barents Sea in autumn-winter with a lead time of 30-45 days. Gidrometeorologicheskie issledovaniya i prognozy. Hydrometeorological Research and Forecasting. 2019, №. 3, pp. 73-92. (In Russian)

14. Zotov L., Bizouard C., Sidorenkov N. Common oscillations in global Earth temperature, sea level, and Earth rotation //EGU General Assembly Conference Abstracts. 2014, p. 5683.
15. Sidorenkov N. S., Sumerova K. A. Sinhronizaciya variacij atmosfernoj cirkulyacii kolebaniyami lunno-solnechnyh prilivov i podbor analogov dlya dolgosrochnyh prognozov pogody. Synchronization of atmospheric circulation variations by fluctuations of lunisolar tides and selection of analogues for long-term weather forecasts //Trudy Gidrometcentra Rossii. Proceedings of the Hydrometeorological Center of Russia. 2010, Vol. 14, no. 344, p. 325.
16. Fedorov V.M. Solnechnaya radiaciya i klimat Zemli. Solar radiation and earth's climate. M.: Fizmatlit, 2018, 232 p. (In Russian)
17. Abdusamatov H.I. Solnce diktuet klimat Zemli. The Sun dictates the Earth's climate. St. Petersburg: Logos, 2002, 197 p. (In Russian)
18. Monin A. S. Vvedenie v teoriyu klimata. An Introduction to the Theory of Climate. L.: Gidrometeoizdat, 1982, 247 p. (In Russian)
19. Malinin V.N., Gordeeva S.M. Fiziko-statisticheskij metod prognoza okeanologicheskikh kharakteristik (na primere Severo-Evropejskogo bassejna). Physical and statistical method for forecasting oceanological characteristics (on the example of the North European Basin). Murmansk, 2003, 129 p. (In Russian)
20. Hill T., Lewicki P., Lewicki P. Statistics: methods and applications: a comprehensive reference for science, industry, and data mining. StatSoft, Inc., 2006.
21. Janout M.A., Holemman J., Timokhov L., Gutjahr O., Heinemann G. Circulation in the northwest Laptev Sea in the eastern Arctic Ocean: Crossroads between Siberian River water, Atlantic water and polynya-formed dense water // Journ. of Geophys. Research: Oceans. 2017, vol. 122, Is. 8, pp. 6630–6647. doi: 10.1002/2017JC013159.
22. Zubov N. N. Morskie vody i l'dy. Sea waters and ices. M.: Gidrometizdat, 1938, 454 p. (In Russian)
23. Alekseev G. V. Issledovaniya izmenenij klimata Arktiki v XX stoletii. Studies of climate changes in the Arctic of XX century. Trudy Arkticheskogo i Antarkticheskogo nauchno-issledovatel'skogo institute. In: Bulletin of Arctic and Antarctic Research Institute. 2003, № 446, pp. 6-21. (In Russian)
24. Thompson D. W. J., Wallace J. M. The Arctic Oscillation signature in the wintertime geopotential height and temperature fields //Geophysical research letters. 1998, Vol. 25. no. 9, pp. 1297-1300.
25. Goldenberg, S. B., Landsea, C. W., Mestas-Nuñez, A. M., Gray, W. M. The recent increase in Atlantic hurricane activity: Causes and implications //Science. 2001, Vol. 293, №. 5529, pp. 474-479.
26. Nesterov E.S. Severoatlanticheskoe kolebanie: atmosfera i okean. North Atlantic oscillation: atmosphere and ocean M.: Triada LTD, 2013, 144 p. (In Russian)
27. Wu B., Wang J., Walsh J. E. Dipole anomaly in the winter Arctic atmosphere and its association with sea ice motion //Journal of Climate. 2006, Vol. 19, № 2, pp. 210-225.
28. Barnston A. G., Livezey R. E. Classification, seasonality and persistence of low-frequency atmospheric circulation patterns //Monthly weather review. 1987, 115(6), pp. 1083-1126.
29. Holopcev A. V., Gumennyj M. M. Izmeneniya ledovitosti Arktiki i atlanticheskaya mul'tidekadnaya oscillyaciya. Variation the ice coverage in the Arctic regions and the Atlantic multidecadal oscillation. Uchenye zapiski Krymskogo federal'nogo universiteta imeni VI Vernadskogo. Scientific Notes of V.I. Vernadsky Crimean Federal University. Geografiya. Geologiya. 2017, 3(2), pp. 243-254 (In Russian).
30. Sumkina A.A., Kivva K.K., Ivanov V.V., Smirnov A.V. Sezonnoe ochishchenie oto l'da Barenceva morya i ego zavisimost' ot advekcii tepla Atlanticheskimi vodami. Seasonal ice removal in the Barents Sea and its dependence on heat advection by Atlantic waters. Fundamental'naya i prikladnaya gidrofizika. Fundamental and Applied Hydrophysics. 2022, 15(1), pp. 82-97 (In Russian) <https://doi.org/10.48612/fpg/1krp-xbuk-6gpz>
31. Alekseev G.V., Kuzmina S.I., Glok N.I., Vyazilova A.E., Ivanov N.E., Smirnov A.V. Vliyanie Atlantiki na poteplenie i sokrashchenie morskogo ledyanogo pokrova v Arktike. Influence of Atlantic on the warming and reduction of sea ice in the Arctic. Lyod i Sneg. Ice and Snow. 2017, 57(3), pp. 381-390. <https://doi.org/10.15356/2076-6734-2017-3-381-390> (In Russian)
32. Alekseev G, Kuzmina S, Bobylev L, Urazgildeeva A, Gnatiuk N. Impact of atmospheric heat and moisture transport on the Arctic warming. Int J Climatol. 2019, 39, pp. 3582–3592. <https://doi.org/10.1002/joc.6040>

33. Bokuchava D.D., Semenov V.A. Rol' estestvennykh kolebanij i faktorov vneshnego vozdejstviya na klimat v poteplenii serediny HKH veka v Severnom polusharii. The role of natural fluctuations and factors of external forcing in the Early 20th Century Warming in Northern Hemisphere. *Lyod i Sneg. Ice and Snow*. 2022, 62(3), pp. 455-474. <https://doi.org/10.31857/S2076673422030144> (In Russian)
34. Maksimov I.V. Geofizicheskie sily i vody okeana. Geophysical forces and ocean waters. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1970, 447 p. (In Russian)
35. Medvedev I.P., Kulikov E.A., Rabinovich A.B., Lapshin V.B. Chandler Beats and Pole Tide in the North and Baltic Seas. *Geliogeofizicheskie issledovaniya. Heliogeophysical Research*. 2018, 18, pp. 9–17 (In Russian)
36. Voejkov A.I. Izbrannye sochineniya. T. 1. Klimaty zemnogo shara, v osobennosti Rossii. Selected works. V. 1. Global climate, especially Russian one. Moscow – Leningrad: Publishing House of the USSR Academy of Sciences, 1948, 423 p. (In Russian)
37. Belashov V. YU., Belashova E. S., Harshiladze O. A. Dlinnoperiodnye nutacionno-precessionnye dvizheniya mgnovennogo polyusa vrashcheniya Zemli. Long-period nutational-precessional motions of the instantaneous Earth rotation pole. // *Uchenye zapiski Kazanskogo universiteta. Seriya Fiziko-matematicheskie nauki*. 2020, Vol. 162, №. 4, pp. 467-480 (In Russian)
38. Sleptsov-Shevlevich B.A., Boyarinov A.M. Solnechnyi veter, vrashchenie Zemli i klimat. Solar wind, Earth's rotation and climate. St. Petersburg, 2002, 159 p. (In Russian)
39. *Ekologicheskij Atlas. Barencevo more. Rosneft', Arkticheskij nauchnyj centr, Fond «NIR»*. M.: Fond «NIR», 2020, 447 p. (In Russian)
40. Timokhov L.A., Vyazigina N.A., Mironov E.U., Popov A.V. Osobennosti sezonnoj i mezhgodovoj izmenchivosti ledyanogo pokrova Grenlandskogo morya. Seasonal and inter-annual variability of the ice cover in the Greenland sea. *Lyod i Sneg. Ice and Snow*. 2018, Vol. 58, № 1, pp. 127–134. (In Russian)
41. Vyazigina N.A., Timokhov L.A., Egorova E.S., Yulin A.V. Informativnost' gidrometeorologicheskikh i astrogeofizicheskikh faktorov v zadache opisaniya mezhgodovykh kolebanij ledovitosti Grenlandskogo morya. Informativeness (information-bearing) of hydrometeorological and astrogeophysical factors in the problem of describing interannual fluctuations of the Greenland Sea ice coverage. *Lyod i Sneg. Ice and Snow*. 2021, 61(3), pp. 431-444. <https://doi.org/10.31857/S2076673421030099> (In Russian)
42. Dobrovol'skij A. D., Zalogin B. S. *Morya SSSR. Seas of the USSR*. M. MGU, 1982, 192 p. (In Russian)
43. Bardin M. YU., Platova T. V., Samohina O. F. Osobennosti izmenchivosti ciklonicheskoy aktivnosti v umerennykh shirotah Severnogo polushariya, svyazannye s vedushchimi modami atmosfernoj cirkulyacii v Atlantiko-Evropejskom sektore. Specific features of variability of cyclone activity in northern extratropics associated with leading atmospheric circulation modes in atlantic-european sector. *Fundamental'naya i prikladnaya klimatologiya*, 2015, 2, pp. 14-40. (In Russian)
44. Seryakov E. I. Dolgosrochnye prognozy teplovykh processov v Severnoj Atlantike. Long-term forecasts of thermal processes in the North Atlantic. L.: Gidrometeoizdat, 1979, 135 p. (In Russian)

Научная статья

УДК 613.6 (985)

DOI: 10.24412/2658-4255-2023-2-33-43



EDN: ELYHNY

Для цитирования:

Сюрин С.А., Полякова Е.М., Кизеев А.Н. Профессиональная патология работников транспорта в Арктике // Российская Арктика. 2023. Т. 5. № 2. С. 33–43. <https://doi.org/10.24412/2658-4255-2023-2-33-43>

Получена: 06.04.2023
Принята: 22.05.2023
Опубликована: 29.05.2023

For citation:

Syurin S.A., Polyakova E.M., Kizeev A.N. Occupational diseases in transport workers in the Arctic. Russian Arctic, 2023, vol. 5, no. 2, pp. 33-43. (In Russian). <https://doi.org/10.24412/2658-4255-2023-2-33-43>

Конфликт интересов.




Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Финансирование.

Исследование не имело спонсорской поддержки



ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ПАТОЛОГИЯ РАБОТНИКОВ ТРАНСПОРТА В АРКТИКЕ

С.А. Сюрин* , Е.М. Полякова , А.Н. Кизеев 

Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

E-mail: [*kola.reslab@mail.ru](mailto:kola.reslab@mail.ru)

Аннотация

Введение. Эффективная транспортная система невозможна без сохранения здоровья, занятых в ней работников.

Цель исследования: изучение особенностей развития, числа и структуры профессиональных заболеваний у работников транспорта АЗРФ.




Материалы и методы. Изучены данные социально-гигиенического мониторинга «Условия труда и профессиональная заболеваемость» и регистра выписок из карт учета профессионального заболевания (Приказ Министерства здравоохранения России № 176 от 28.05.2001 г.) населения Арктической зоны Российской Федерации (АЗРФ) в 2007–2021 гг.

Результаты. В 2007–2021 гг. у 711 работников транспорта выявлено 749 профессиональных заболеваний или 7,24% их числа в АЗРФ. В 2007–2009 годах происходил рост числа заболеваний, в 2010–2015 гг. – их стабилизация на более высоком уровне (в 2–2,5 раза выше исходного) и в 2016–2021 гг. снижение в 2,7–3,0 раза (по сравнению с 2010–2015 гг.) до уровня ниже исходного. На работников воздушного транспорта приходилось 74,4%, автомобильного – 19,9%, водного – 3,7%, железнодорожного – 2,0% заболеваний. Основным вредным фактором, вызывавшим их развитие, являлся шум (82,0%), а в структуре профессиональной патологии преобладала нейросенсорная тугоухость (81,0%). Установлены различия в условиях развития, числе и структуре профессиональной патологии у работников четырех видов транспорта. Так, у работников автомобильного транспорта выявлено более раннее развитие и большее число заболеваний у одного работника. Наибольшие уровни профессиональной заболеваемости работников транспорта отмечаются в Ненецком и Чукотском АО (35,66 и 20,62 / 10000 работников).

Заключение. На предприятиях транспорта АЗРФ профессиональные болезни формируются преимущественно у работников гражданской авиации (74,4%), а наибольшие уровни профессиональной заболеваемости отмечаются в Ненецком и Чукотском АО. В структуре вредных факторов основным остается шум (82,0%), а профессиональных заболеваний – нейросенсорная тугоухость (81,0%).

Ключевые слова: работники транспорта, условия труда, профессиональная патология, Арктика

OCCUPATIONAL DISEASES IN TRANSPORT WORKERS IN THE ARCTIC

Sergei A. Syurin* , Ekaterina M. Polyakova , Alexei N. Kizeev 

Northwest Public Health Research Center, S-Petersburg, Russia

E-mail: [*kola.reslab@mail.ru](mailto:kola.reslab@mail.ru)

Abstract

Introduction. Efficient functioning of the transport system is impossible

without maintaining the health of the workers employed in it.

The aim of the study was to analyze the causes, number and structure of occupational diseases among transport workers in the Russian Arctic.

Materials and methods. We studied data of the socio-hygienic monitoring "Working conditions and occupational morbidity" and the Register of extracts from occupational disease records (Order of the Ministry of Health of the Russian Federation No. 176 dated May 28, 2001) of the population of the Russian Arctic in 2007-2021.

Results. In 2007-2021, 749 occupational diseases were detected for the first time among transport workers, which accounted for 7.24% of their total number in the Russian Arctic. 74.4% accounted for air transport workers, 19.9% for road transport, 3.7% for water transport, and 2.0% for railway transport. The main harmful factor that caused occupational pathology was noise (82.0%), while the largest share in the structure of occupational pathology was taken by sensorineural hearing loss (81.0%). Significant differences in the causes, number and structure of occupational pathology among workers of four types of transport have been established. The highest levels of occupational morbidity among transport workers are observed in the Nenets and Chukotka Autonomous Okrugs (35.66 and 20.62 cases / 10,000 workers, respectively).

Conclusion. In the Russian Arctic, occupational pathology among transport workers is formed mainly among civil aviation workers (74.4% of cases), and the highest levels of occupational morbidity are noted in the Nenets and Chukotka Autonomous Regions. Despite the ongoing preventive measures, noise remains the main factor in the structure of harmful factors (82.0%), and sensorineural hearing loss (81.0%) continues to be the most prevalent occupational disease.

Keywords: transport workers, working conditions, occupational diseases, Arctic

Введение

В российской Арктике сосредоточены крупнейшие залежи полезных ископаемых и другие природные ресурсы, являющиеся базой для дальнейшего социально-экономического развития страны [1-3]. Реализация ресурсного потенциала Арктики, помимо экстремальных климатических условий, значительно затрудняется зависимостью от поставок из других регионов, большими расстояниями между районами промышленно-хозяйственной деятельности, недостаточным развитием или отсутствием инфраструктуры, труднодоступностью и отдаленностью от основных промышленных и научных центров страны [4-6]. Поэтому условием эффективного освоения Арктики является опережающее развитие транспортной системы, включающей воздушный, железнодорожный, автомобильный и водный виды транспорта. Это важный сегмент экономики, доля которого в валовом региональном продукте достигает 8%, а число работников превышает 40 тыс. человек или 9,5% общей численности трудоспособного населения [7].

Надежное и эффективное функционирование транспортной системы невозможно без сохранения здоровья, занятых в ней работников. Анализ данных литературы свидетельствует о том, что труд работников транспорта в Российской Федерации сопровождается комплексным воздействием вредных и опасных производственных факторов различной природы и интенсивности [8-14]. Несмотря на это уровень профессиональной заболеваемости на предприятиях транспорта за последние 10 лет снизился на 62,24%, достигнув в 2021 году среднего показателя по стране для всех видов экономической деятельности¹.

Среди работников транспорта наиболее подвержены развитию профессиональных заболеваний члены летного состава воздушных судов [9, 15] и локомотивных бригад

1 О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2021 году: Государственный доклад. – М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2022.

на железнодорожном транспорте [8, 16]. К возникновению нарушений здоровья у данного контингента работников преимущественно приводят неустраняемые в настоящее время повышенные уровни шума, вызывающие формирование нейросенсорной тугоухости [8, 10, 16]. Большинство профессиональных болезней водителей различных типов автомобилей обусловлены повышенной тяжестью труда (неудобная или фиксированная рабочая поза), общей вибрацией, шумом и вредными химическими веществами. Наиболее распространенными нозологическими формами патологии у водителей являются вибрационная болезнь, радикулопатии и нейросенсорная тугоухость [11, 13, 14]. У работников водного транспорта нарушения здоровья профессиональной этиологии главным образом связаны с воздействием вредных факторов физической природы: шумом и вибрацией. По сравнению с работниками других видов транспорта профессиональная патология у лиц, занятых на речных и морских судах, а также в портовом хозяйстве регистрируется реже [9, 12].

Учитывая вышеизложенное, можно полагать, что новые знания о причинах и особенностях развития профессиональной патологии будут способствовать сохранению здоровья и продлению трудовой деятельности работников транспорта в Арктике.

Цель исследования заключалась в изучении особенностей развития, числа и структуры профессиональных заболеваний у работников транспорта в Арктической зоне Российской Федерации (АЗРФ)².

Материалы и методы

Проведен анализ данных социально-гигиенического мониторинга по разделу «Условия труда и профессиональная заболеваемость» и Регистра выписок из карт учета профессионального заболевания (отравления) (Приказ Министерства здравоохранения Российской Федерации № 176 "О совершенствовании системы расследования и учета профессиональных заболеваний в Российской Федерации" от 28.05.2001 г.) в 2007-2021 годах в АЗРФ. Каждый случай заболевания связывался с его вызвавшим фактором, сопутствующими обстоятельствами, классом условий труда, полом, возрастом, стажем на момент регистрации заболевания, специальностью работника, типом транспорта, субъектом АЗРФ, календарным годом. Изучены следующие вредные производственные факторы: тяжесть и напряженность труда, шум, общая и локальная вибрация, химические и биологические факторы, неионизирующие электромагнитные поля и излучения, ионизирующие излучения, аэрозоли с преимущественно фиброгенным действием, освещенность, инфразвук, микроклимат. В зависимости от вида эксплуатируемого транспорта выделены четыре группы работников: первая (воздушный), вторая (автомобильный), третья (водный) и четвертая (железнодорожный).

Полученные результаты обработаны методами параметрической и непараметрической статистики с использованием пакетов прикладных программ Ms Excel 2016 и Statistica 10. Методами описательной статистики рассчитывались средняя арифметическая, среднее квадратическое отклонение, ошибка средней, медиана, верхний и нижний квартили. Проверку на нормальность распределения совокупностей количественных данных в изучаемых группах проводили с помощью критерия Колмогорова-Смирнова. Числовые данные представлены в абсолютных и процентных величинах, а также в формате медианы (Me), нижнего и верхнего квартилей (Q25, Q75). Так как распределение показателей в выборочных совокупностях отличалось от нормального, их множественное сравнение осуществляли с использованием критерия Краскела-Уоллиса (H), а попарное - критерия Манна-Уитни. Для сравнения уровней и структуры профессиональной заболеваемости использовался критерий χ^2 Пирсона. Для описания характеристики изучаемых взаимосвязей использовали коэффициент аппроксимации (R²). Уровень значимости нулевой гипотезы считался критическим при $p < 0,05$.

Результаты исследования

В 2007-2021 годах в АЗРФ были впервые диагностированы 749 профессиональных заболеваний у 711 работников четырех видов транспорта, среди которых преобладали лица, занятые в воздушном транспорте (77,1%). Во всех четырех группах подавляющее большинство составили мужчины (96,3-100,0%). Чаще всего профессиональные заболевания выявляли у пилотов (летчик, командир воздушного судна) – 297 человек, авиационных механиков (бортмеханик) – 153 человека, водителей автомобиля – 77 человек, штурманов – 31 человек, инженеров авиационного отряда – 26 человек.

2 Указ Президента Российской Федерации от 2 мая 2014 г. № 296 "О сухопутных территориях Арктической зоны Российской Федерации" (в редакции указов Президента Российской Федерации от 27.06.2017 № 287, от 13.05.2019 № 220, от 05.03.2020 № 164)

Значимых различий по возрасту на момент установления первичного профессионального заболевания между четырьмя группами работников не отмечалось. У работников воздушного транспорта, по сравнению с автомобильным, был более продолжительный стаж на момент выявления патологии ($p < 0,001$). Минимальное и максимальное число заболеваний у одного работника первой группы составило 1 и 2 случая, а во второй, третьей и четвертой – 1 и 4 случая. При попарном сравнении групп у работников автомобильного транспорта выявлялось больше нозологических форм профессиональных заболеваний у одного работника, чем у лиц, занятых в авиационном ($p = 0,001$) и водном ($p = 0,020$) транспорте (табл. 1).

Таблица 1.

Общая характеристика работников транспорта с впервые выявленной профессиональной патологией

Показатель	Группа наблюдения				Всего	Н / р
	Первая	Вторая	Третья	Четвертая		
Число работников	543	125	32	11	711	Не определялся
Пол: мужчины, (%) женщины, (%)	540 (99,5) 3 (0,5)	122 (96,8) 3 (2,4)	32 (100,0) 0	9 (81,8) 2 (18,2)	703 (98,9) 8 (1,1)	Не определялся
Возраст, лет Me [Q25, Q75]	56 [54, 60]	56 [51, 59]	58 [55, 62]	55 [49, 59]	56 [53, 60]	H=6,19/ p=0,102
Стаж, лет Me [Q25, Q75]	32 [27, 36]	28 [22, 34] ¹	34 [27, 37]	21 [18, 23]	31 [26, 36]	H=50,69/ p<0,001
Число заболеваний в группе	545	148	41	15	749	Не определялся
Число заболеваний у одного работника, Me [Q25, Q75]	1 [1, 1]	1 [1, 1] ¹	1 [1, 1] ²	1 [0, 1]	1 [1, 1]	H=9,37/ p=0,025

Примечание.¹- значимые различия ($p < 0,05$) между первой и второй группами; ² - значимые различия ($p < 0,05$) между второй и третьей группами.

В структуре вредных производственных факторов, вызывавших развитие профессиональной патологии, доля шума намного превышала доли всех остальных факторов вместе взятых. При этом удельный вес шума у работников воздушного транспорта был выше, чем автомобильного ($p < 0,001$), водного ($p < 0,001$) и железнодорожного ($p < 0,001$). Особенностью причин развития заболеваний работников автомобильного транспорта явилась высокая доля повышенной тяжести труда и общей вибрации. Первая превосходила соответствующий показатель у лиц, занятых в воздушном ($p < 0,001$), а вторая – в водном ($p = 0,006$) транспорте. При формировании заболеваний у железнодорожников удельный вес общей вибрации был выше, чем у работников воздушного ($p < 0,001$) и водного ($p = 0,014$) транспорта. Значимых различий по остальным вредным производственным факторам, как причинам развития профессиональной патологии, между четырьмя сравниваемыми группами не отмечалось.

Среди технологических обстоятельств, делавших возможной экспозицию работников транспорта к вредным производственным факторам, наибольший удельный вес имели конструктивные недостатки оборудования. При этом у работников воздушного транспорта их доля была выше, чем у лиц, занятых в автомобильном ($p < 0,001$), водном ($p < 0,001$) и железнодорожном ($p < 0,001$) транспорте. Кроме того, удельный вес несовершенства технологических процессов у работников автомобильного и железнодорожного транспорта превышал аналогичный показатель у работников воздушного транспорта ($p < 0,001$ и $p = 0,036$ соответственно).

Почти половина всех случаев профессиональной патологии у работников транспорта формировались при условиях труда класса 3.2. Однако имелись существенные различия в классах условий труда, при которых возникали профессиональные заболевания у работников четырех сравниваемых групп. При классе 3.1 они чаще определялись у работников автомобильного транспорта, чем у воздушного ($p < 0,001$) и водного ($p = 0,003$), а также у железнодорожников чаще, чем у работников воздушного ($p < 0,001$) транспорта. Развитие патологии при классе 3.2 было характерным для работников водного транспорта в отличие от лиц, занятых в воздушном ($p = 0,044$) и железнодорожном ($p = 0,030$) транспорте. При классе 3.3 удельный вес заболеваний у работников воздушного транспорта был выше, чем автомобильного

($p < 0,001$), а при классе 3.4 – автомобильного ($p < 0,001$) и водного ($p = 0,009$). Условия труда класса 4 определялись в единичных случаях только у работников воздушного транспорта (табл. 2).

Таблица 2.
Число и доля (%) работников, у которых развитие профессиональной патологии было связано с данными вредными факторами, обстоятельствами и классами условий труда

Показатель	Группа наблюдения				Всего
	Первая	Вторая	Третья	Четвертая	
Вредные производственные факторы					
Шум	546 (98,0)	45 (30,2) ¹	18 (64,3) ²	5 (33,3) ³	614 (82,0)
Тяжесть труда	2 (0,4)	49 (32,9) ¹	6 (21,4)	3 (20,0)	60 (8,0)
Вибрация общая	3 (0,5)	42 (28,2) ¹	1 (3,6) ²	5 (33,3) ³	51 (6,8)
Вибрация локальная	6 (1,1)	7 (4,7)	0	0	13 (1,7)
Химические факторы	0	4 (2,7)	1 (3,6)	1 (6,7)	6 (0,8)
Микроклимат охлаждающий	0	1 (0,7)	1 (3,6)	1 (6,7)	3 (0,4)
Фиброгенные аэрозоли	0	1 (0,7)	1 (3,6)	0	2 (0,3)
Технологические обстоятельства					
Конструктивные недостатки оборудования	457 (82,0)	77 (51,7) ¹	17 (60,7) ²	8 (53,3) ³	559 (74,6)
Несовершенство технологических процессов	84 (15,0)	62 (41,6) ¹	9 (32,1)	6 (40,0) ⁴	161 (21,5)
Несовершенство рабочих мест	2 (0,4)	3 (2,0)	0	0	5 (0,7)
Прочие	14 (2,5)	7 (4,7)	2 (7,1)	1 (6,7)	24 (3,2)
Класс условий труда					
Класс 2 (допустимый)	1 (0,2)	1 (0,7)	0	1 (6,7)	3 (0,4)
Класс 3.1 (вредный)	54 (9,7)	56 (37,6) ¹	4 (14,3)	6 (40,0)	120 (16,0)
Класс 3.2 (вредный)	269 (48,3)	74 (49,7)	19 (67,9)	5 (33,3)	367 (49,0)
Класс 3.3 (вредный)	124 (22,3)	11 (7,4) ¹	5 (17,9)	2 (13,3)	142 (19,0)
Класс 3.4 (вредный)	107 (19,2)	7 (4,7) ¹	0 ²	1 (6,7)	115 (15,4)
Класс 4 (экстремальный)	2 (0,4)	0	0	0	2 (0,3)

Примечание.¹ - значимые различия ($p < 0,05$) между первой и второй группами; ² - значимые различия ($p < 0,05$) между первой и третьей группами; ³ - значимые различия ($p < 0,05$) между первой и четвертой группами; ⁴ - значимые различия ($p < 0,05$) между второй и третьей группами; ⁵ - значимые различия ($p < 0,05$) между третьей и четвертой группами.

В целом, в структуре профессиональной патологии работников транспорта доминировала нейросенсорная тугоухость, но ее доли в четырех группах существенно отличались. У лиц, занятых в воздушном транспорте она была выше, чем в трех остальных группах ($p < 0,001$). Кроме того, у работников водного транспорта доля тугоухости превышала показатели у работников автомобильного транспорта ($p < 0,001$).

Доли в общей структуре профессиональных заболеваний ($n = 749$) у работников всех групп, превышавшие один процент, кроме тугоухости, имели вибрационная болезнь, радикулопатия и моно- и полинейропатия. Удельные веса остальных восьми нозологических форм составляли менее одного процента. В числе 12 профессиональных заболеваний четыре относились к классу болезней костно-мышечной системы (радикулопатии, миофиброз предплечий и плечевого пояса, деформирующий остеоартроз, эпикондилез локтевого сустава), три – к классу болезней органов дыхания (хронический бронхит, бронхиальная астма и гиперсенситивный пневмонит), два – к классу болезней нервной системы (вегетосенсорная полинейропатия рук и моно- и полинейропатия). По одному заболеванию относились к классу болезней уха (нейросенсорная тугоухость), «Травмы, отравления и некоторые другие последствия воздействия внешних причин» (вибрационная болезнь) и болезням системы кровообращения (варикозное расширение вен голени).

Развитие вибрационной болезни было характерным для лиц, занятых в автомобильном и железнодорожном транспорте, с превышением соответствующих показателей у работников воздушного и водного транспорта ($p < 0,001$). Радикулопатия была типичным заболеванием для работников автомобильного транспорта, с долей выше,

чем у работников воздушного ($p < 0,001$) и водного ($p = 0,048$) транспорта. Развитие моно- и полинейропатий было характерным для железнодорожников с долей превышавшей показатели работников воздушного ($p < 0,001$) и автомобильного ($p = 0,005$) транспорта (табл. 3).

Таблица 3.

Число и структура (%) профессиональных заболеваний у работников транспорта

Заболевание	Группа наблюдения				Всего
	Первая	Вторая	Третья	Четвертая	
Вредные производственные факторы					
Нейросенсорная тугоухость	539 (96,8)	45 (30,2) ¹	18 (64,3) ^{2,4}	5 (33,3) ³	607 (81,0)
Вибрационная болезнь	6 (1,1)	42 (28,2) ¹	1 (3,6) ⁴	4 (26,7) ⁶	53 (7,1)
Радикулопатия	4 (0,7)	34 (22,8) ¹	2 (7,1)	1 (6,7)	41 (5,5)
Моно- и полинейропатия (в том числе компрессионные)	5 (0,9)	9 (6,0)	3 (10,7)	4 (26,7) ^{3,5}	21 (2,8)
Миофиброз предплечий	0	6 (4,0)	0	0	6 (0,8)
Вегетосенсорная полинейропатия рук	3 (0,5)	2 (1,3)	0	0	5 (0,7)
Деформирующий остеоартроз	0	3 (2,0)	1 (3,6)	0	4 (0,5)
Хронический бронхит	0	3 (2,0)	0	1 (6,7)	4 (0,5)
Эпикондилез локтевых суставов	0	3 (2,0)	0	0	3 (0,4)
Бронхиальная астма	0	2 (1,3)	0	0	2 (0,3)
Гиперсенситивный пневмонит	0	0	2 (7,1)	0	2 (0,3)
Варикозное расширение вен голени	0	0	1 (3,6)	0	1 (0,1)

Примечание.¹- значимые различия ($p < 0,05$) между первой и второй группами; ² - значимые различия ($p < 0,05$) между первой и третьей группами; ³ - значимые различия ($p < 0,05$) между первой и четвертой группами; ⁴ - значимые различия ($p < 0,05$) между второй и третьей группами; ⁵ - значимые различия ($p < 0,05$) между второй и третьей группами; ⁶ - значимые различия ($p < 0,05$) между третьей и четвертой группами.

Принимая во внимание разные уровни развития транспортных систем, использование разных видов транспорта и разное число занятых работников, было проведено изучение абсолютного и относительного числа профессиональных заболеваний в субъектах АЗРФ. Для определения уровней профессиональной заболеваемости учитывалось число работников на всех объектах санитарно-эпидемиологического благополучия Роспотребнадзора, относящихся к транспорту. Установлено, что наибольшее абсолютное число заболеваний отмечалось в арктических районах Архангельской области, Ямало-Ненецком АО и Мурманской области, тогда как наибольшие относительные показатели (случаи / 10000 работников) были в Ненецком и Чукотском АО, арктических районах Архангельской области. Доли работников воздушного транспорта среди лиц с профессиональной патологией в этих трех субъектах составили 91,5%, 75,5% и 90,8% соответственно. В субъектах с низкой профессиональной заболеваемостью транспортных работников доли работников воздушного транспорта были существенно ниже: Ямало-Ненецкий АО – 58,5%, арктические районы Красноярского края – 34,8%, арктические районы Республики Коми – 33,3%, Мурманская область – 3,7%, арктические районы Республик Саха – 0%. В арктических районах Республики Карелия в 2007-2019 годах случаев профессиональной патологии работников транспорта зарегистрировано не было (табл. 4). В целом по АЗРФ уровень профессиональной заболеваемости в 2007-2021 годы составил 7,74 случаев / 10000 работников.

Таблица 4.

Абсолютное и относительное число профессиональных заболеваний у работников транспорта в субъектах АЗРФ в 2007-2021 годах

Субъект Арктической зоны Российской Федерации	Число болезней у работников транспорта	Доля (%) от общего числа болезней в субъекте	Среднее годовое число работников транспорта в субъекте	Заболеваемость (на 10000 работников)
АР Архангельской области	238	40,7	8045	19,72
АР Красноярского края	89	3,2	10845	5,47

Субъект Арктической зоны Российской Федерации	Число болезней у работников транспорта	Доля (%) от общего числа болезней в субъекте	Среднее годовое число работников транспорта в субъекте	Заболеваемость (на 10000 работников)
Мурманская область	109	3,3	17810	4,08
Ненецкий АО	59	86,8	1103	35,66
АР Республики Карелия	0	0	289	0
АР Республики Коми	3	0,1	899	2,22
АР Республики Саха	2	7,1	808	1,65
Чукотский АО	49	17,3	1584	20,62
Ямало-Ненецкий АО	195	65,9	23096	5,63

Примечание. АР – арктические районы. Данные по Республике Карелия представлены за 2007-2019 гг.

В течение 15 лет в АЗРФ отмечались три периода с различной по направленности динамикой числа впервые выявленных профессиональных заболеваний и работников транспорта с профессиональной патологией. В 2007-2009 годах происходил рост обоих показателей, в 2010-2015 годах – их стабилизация на более высоком уровне (в 2-2,5 раза выше исходного) и в 2016-2021 годах снижение в 2,7-3,0 раза (по сравнению с 2010-2015 годами) до ниже исходного уровня. В целом, с учетом величин коэффициентов аппроксимации, выявлен значимый тренд снижения числа заболеваний ($R^2=0,6599$) и работников с профессиональной патологией ($R^2=0,6567$) в 2007-2021 годах (рис.).

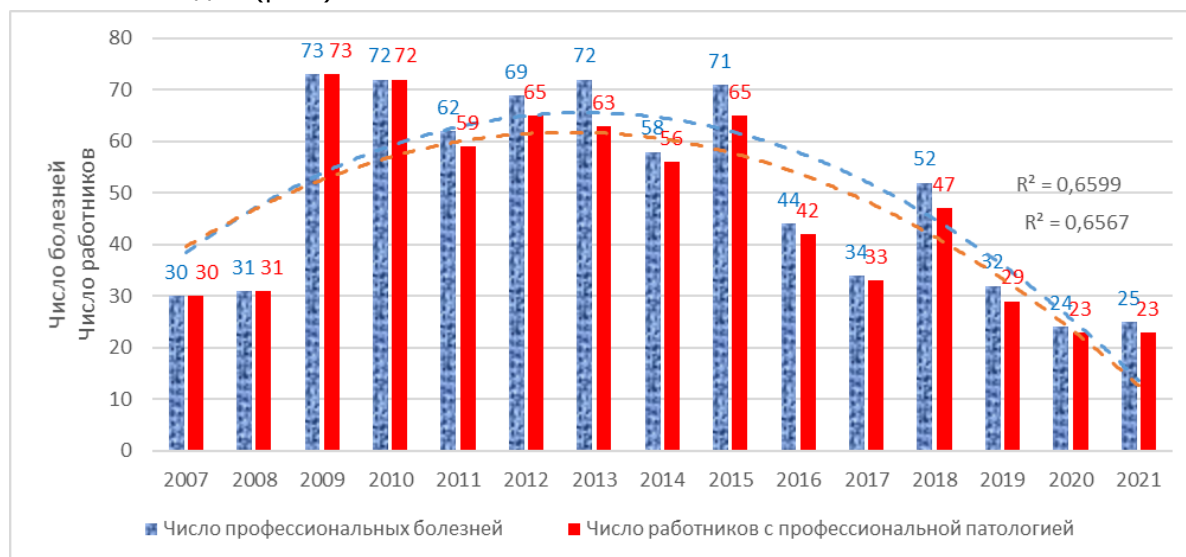


Рис. Ежегодное число впервые выявляемых профессиональных заболеваний и работников транспорта с профессиональной патологией

Обсуждение результатов

Выполненное исследование позволило получить ряд данных, заслуживающих обсуждения и научного анализа. Во-первых, установлено, что на уровень профессиональной заболеваемости работников транспорта в АЗРФ в 2007-2021 годах наибольшее влияние оказывало число профессиональных заболеваний у специалистов гражданской авиации. При этом на работников двух специальностей – пилот и авиационный механик – приходилось 60,1 % всех случаев профессиональной патологии. Можно предполагать, что это следствие продолжения эксплуатации воздушных судов старых типов с неблагоприятными условиями труда [15].

Во-вторых, уровень профессиональной заболеваемости существенно отличался в 9 субъектах АЗРФ, колеблясь от 0 (арктические районы Республики Карелия) до 35,66 (Ненецкий АО) случаев / 10000 работников. В-третьих, установлены причины развития профессиональной патологии, которые имели особенности в зависимости от вида транспорта. У работников гражданской авиации почти все заболевания были обусловлены шумом, автомобильного и железнодорожного транспорта – почти в равной степени шумом, тяжестью труда и общей вибрацией, водного транспорта – шумом и в меньшей степени тяжестью труда. Следовательно, причины развития профессиональной патологии работников транспорта не имели существенных различий в Арктике и других климатогеографических зонах России [8-12]. Обращает на себя

внимание факт, что ни в одном случае профессиональное заболевание не было связано с действием повышенной напряженности труда, характерной, как было показано в ранее выполненных исследованиях, для процесса управления транспортными средствами [17, 18]. Также только 0,4% заболеваний были вызваны охлаждающим микроклиматом, что в условиях Арктики можно рассматривать как недооценку этого важного фактора в развитии прежде всего болезней костно-мышечной и нервной систем [19, 20].

В-четвертых, важной особенностью работников автомобильного транспорта явилось выявленное по данным представленного исследования более раннее развитие большего числа заболеваний у одного водителя по сравнению с работниками воздушного и водного транспорта. Такое неблагоприятное развитие профессиональной патологии в виде полиморбидности, вероятно, вызвано сочетанным воздействием большего числа вредных производственных факторов: семь у водителей по сравнению с четырьмя у работников гражданской авиации. Другие авторы также отмечают большую экспозицию к вредным факторам водителей автомобиля по сравнению с работниками других профессий [19].

Типичными обстоятельствами возникновения профессиональной патологии у работников воздушного транспорта были конструктивные недостатки оборудования, тогда как у остальных трех групп работников они сочетались с несовершенством технологических процессов. В целом для работников воздушного транспорта было характерным развитие заболеваний в более неблагоприятных условиях труда (классы 3.2-3.4), чем у работников автомобильного и железнодорожного транспорта.

Структура профессиональной патологии работников транспорта в Арктике во многом соответствовала структуре вредных производственных факторов. У работников гражданской авиации более 96% случаев профессиональной патологии были представлены тугоухостью, тогда как у работников автомобильного транспорта помимо тугоухости развивались болезни костно-мышечной и нервной систем, вибрационная болезнь, патология органов дыхания. Такая структура заболеваний существенно не отличается от данных ранее выполненных исследований в других регионах страны. В связи с малым числом заболеваний, выявленных у лиц, занятых в водном и железнодорожном транспорте, выводы об их структуре не могут считаться достаточно обоснованными.

Нуждается в объяснении динамика числа профессиональных заболеваний у работников транспорта в АЗРФ в 2007-2021 годах. Непонятны причины роста их числа в 2-2,5 раза в 2007-2009 годах, стабилизация на более высоком уровне в 2010-2015 годах и еще более выраженное (2,7-3,0 раза) снижение в 2016-2021 годах. Предшествовавших изменений условий труда, которые могли бы вызвать столь значимые разнонаправленные изменения в 2000-2021 годах в транспортной отрасли АЗРФ не происходило. Правда надо отметить, что уменьшение в 2016-2021 годах числа профессиональных заболеваний у работников транспорта в АЗРФ совпадает со снижением за этот же период времени профессиональной заболеваемости в 2,38 раза у работников транспорта в России¹.

В качестве ограничения выполненного исследования можно рассматривать малое число случаев профессиональной патологии у работников водного и железнодорожного транспорта, а также отсутствие в открытой печати официальных данных о числе работников различных видов транспорта в субъектах АЗРФ, необходимых для расчета относительных показателей.

Заклучение. В 2007-2021 годах по данным проведенного исследования у работников транспорта выявлено 749 профессиональных заболеваний, что составило 7,24% их общего числа в АЗРФ. На работников воздушного транспорта приходилось 74,4%, автомобильного - 19,9%, водного 3,7%, железнодорожного - 2,0% заболеваний. Основным вредным фактором, вызывавшим развитие профессиональной патологии, оставался шум (82,0%). Значительно реже ими были тяжесть труда (8,0%) и общая вибрация (6,8%). В структуре профессиональной патологии наибольший удельный сохраняла нейросенсорная тугоухость (81,0%). Реже выявлялись вибрационная болезнь (7,1%) и радикулопатия (5,5%). Наибольшие уровни профессиональной заболеваемости работников транспорта отмечаются в Ненецком и Чукотском АО, арктических районах Архангельской области (35,66, 20,62 и 19,72 / 10000 работников соответственно), а наименьшие - в арктических районах Республик Карелия, Саха и Коми (0, 1,65 и 2,22 / 10000 работников соответственно). Требуется объяснения значительная ежегодная вариабельность числа профессиональных заболеваний в 2007-2021 годах. Новые данные о более ранней полиморбидной профессиональной патологии у работников автотранспорта и о сохранении высокой заболеваемости нейросенсорной тугоухостью у работников гражданской авиации целесообразно

но учитывать при актуализации существующих профилактических мероприятий. Их приоритетом должно быть сохранение здоровья пилотов и штурманов гражданской авиации, у которых в настоящее время диагностируется 60,1% профессиональных заболеваний работников транспорта, а также водителей автомобилей, для которых характерна полиморбидная профессиональная патология.

Список литературы:

1. Белов С.В., Скрипниченко В.А. Особенности и тенденции освоения арктических месторождений твердых полезных ископаемых на базе развития морских коммуникаций // International Research Journal. 2022. № 2 (116). DOI: 10.23670/IRJ.2022.117.3.051.
2. Кондратьев В.Б. Минеральные ресурсы и будущее Арктики // Горная промышленность. 2020. № 1. С. 87-96. DOI: 10.30686/1609-9192-2020-1-87-96.
3. Шведов В.Г., Ткаченко Г.Г., Ушаков Е.А., Чурзина А.А. Горнодобывающая промышленность арктической зоны Дальнего Востока: проблемы и перспективы развития // Успехи современного естествознания. 2021. № 2. С. 132-139. DOI: 10.17513/use.37586.
4. Гассий В. В., Постников А. В. Современные условия реализации политики социально-экономического развития арктических регионов России. Бизнес. Образование. Право. 2020. № 2 (51). С. 31–36. DOI: 10.25683/VOLBI.2020.51.272
5. Каранатова Л.Г., Кулев А.Ю. Социально-экономическое развитие Арктики: современные вызовы и приоритеты // Управленческое консультирование. 2022. № 2. С. 49-62. DOI: <https://doi.org/10.22394/1726-1139-2022-2-49-62>.
6. Павленко В. И., Куценко С. Ю. Обеспечение комфортной жизнедеятельности человека в Арктике: проблемы и задачи // Экология человека. 2018. № 25 (2). С. 51-58. DOI: 10.33396/1728-0869-2018-2-51-58.
7. Серова Н.А., Серова В.А. Транспортная инфраструктура российской Арктики: специфика функционирования и перспективы развития // Проблемы прогнозирования. 2021. № 2 (185). С. 142-151. DOI: 10.47711/0868-6351-185-142-151.
8. Вильк М.Ф., Каськов Ю.Н., Капцов В.А., Панкова В.Б. Динамика производственного риска и показателей профессиональной заболеваемости работников железнодорожного транспорта // Медицина труда и экология человека. 2020. № 1 (21). С. 49-59. DOI: <http://dx.doi.org/10.24411/2411-3794-2020-10105>.
9. Лазарева Н.В., Гурецкая Ю.Я., Удалов Ю.Д. Особенности состояния здоровья работников водного транспорта // Вестник медицинского института «РЕАВИЗ». Реабилитация, Врач и Здоровье. 2022. № 12 (4). С. 104-108. DOI: <https://doi.org/10.20340/vmi-rvz.2022.4.OZ0Z.2>.
10. Панкова В.Б., Вильк М.Ф., Зибарев Е.В., Федина И.Н. К вопросу учёта новых факторов в патогенезе профессиональной потери слуха (на примере работников транспорта) // Медицина труда и промышленная экология. 2022. № 62 (8). С. 488-500. DOI: <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2022-62-8-488-500>.
11. Сувидова Т.А., Олещенко А.М., Кислицына В.В. Гигиеническая оценка условий труда и профессиональной заболеваемости работников автотранспортных предприятий // Медицина труда и промышленная экология. 2018. № 58(6). С. 4-6. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2018-6-4-7>.
12. Транковский Д.Е. Условия труда и профессиональная заболеваемость работников транспорта в Приморском крае. Здоровье // Медицинская экология. Наука. 2014. № 4 (58). С. 111-113.
13. Фролова Н.М., Сюрин С.А., Чашин В.П. Особенности общей и профессиональной патологии у водителей карьерных самосвалов апатитовых рудников в Арктике // Здоровье населения и среда обитания. 2019. № 319 (10). С. 16- 20. DOI: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2019-319-10-16-20>.
14. Ronchese F., Bovenzi M. Occupational risks and health disorders in transport drivers // Giornale Italiano di Medicina del Lavoro ed Ergonomia. 2012. № 34 (3). С. 352-359.
15. Сюрин С.А., Горбанев С.А. Профессиональные заболевания работников воздушного транспорта в Арктике // Безопасность и охрана труда. 2018. № 4. С. 10-13.
16. Логинова В.А. Гигиеническая оценка условий труда и профессионального риска здоровью работников на объектах железнодорожного транспорта // Анализ риска здоровью. 2017. № 2. С. 96-101. DOI: 10.21668/health.risk/2017.2.10
17. Useche SA, Cendales B, Montoro L, Esteban C. Work stress and health problems of professional drivers: a hazardous formula for their safety outcomes // Peer Journal.

2018. № 20. P. e6249. DOI: 10.7717/peerj.6249.
18. van Vreden C, Xia T, Collie A, Pritchard E, Newnam S, Lubman DI, de Almeida Neto A, Iles R. The physical and mental health of Australian truck drivers: a national cross-sectional study // BMC Public Health. 2022. № 22 (1). С 464. Doi: 10.1186/s12889-022-12850-5.
 19. Anttonen H., Pekkarinen A., Niskanen J. Safety at work in cold environments and prevention of cold stress // Industrial Health. 2009. № 47 (3). С. 254-61. DOI: 10.2486/indhealth.47.254.
 20. Donaldson S., Adlard B., Odland J.Ø. Overview of human health in the Arctic: conclusions and recommendations // International Journal of Circumpolar Health. 2016. № 75. С. 33807. DOI: 10.3402/ijch.v75.33807.
 21. Рахманов Р.С., Колесов С.А., Аликберов М.Х., Потехина Н.Н., Белоусько Н.И., Тарасов А.В. и др. К вопросу о риске здоровью при влиянии погодноклиматических условий в холодный период года у работающих. Анализ риска здоровью. 2018. № 2. С. 70-77. DOI: 10.21668/2018.2.08.
 22. Сюрин С.А., Полякова Е.М. К вопросу профессиональной полиморбидности (на примере российской Арктики) // Медицина труда и промышленная экология. 2022. № 62 (7). С. 459-465. DOI: <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2022-62-7-459-465>.
 23. Gorbanev S., Syurin S., Kovshov A. Features of Occupational Health Risks in the Russian Arctic (on the Example of Nenets Autonomous Okrug and Chukotka Autonomous Okrug) // International Journal of Environmental Research and Public Health. 2021. № 18 (3), С. 1061. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph18031061>.

References:

1. Belov S.V., Skripnichenko V.A. Features and trends in the development of Arctic deposits of solid minerals based on the development of sea communications. International Research Journal. 2022, no. 2 (116). (In Russian). DOI: 10.23670/IRJ.2022.117.3.051.
2. Kondratiev V.B. Mineral resources and the future of the Arctic. Gornaya promyshlennost', 2020, no. 1, pp. 87-96 (In Russian). DOI: 10.30686/1609-9192-2020-1-87-96.
3. Shvedov V.G., Tkachenko G.G., Ushakov E.A., Churzina A.A. Mining industry of the Arctic zone of the Far East: problems and development prospects. Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya. 2021, no.2, pp. 132-139. (In Russian). DOI: 10.17513/use.37586
4. Gassiy V.V., Postnikov A.V. Modern conditions for the implementation of the policy of socio-economic development of the arctic regions of Russia. Biznes. Obrazovanie. Pravo, 2020, no. 2, pp. 31-36. (In Russian). DOI: 10.25683/VOLBI.2020.51.272.
5. Karanatova L.G., Kulev A.Yu. Socio-economic development of the Arctic: current challenges and priorities. Upravlencheskoe konsul'tirovanie, 2022, no. 2, pp. 49-62. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.22394/1726-1139-2022-2-49-62>.
6. Pavlenko V. I., Kutsenko S. Yu. Ensuring comfortable human life in the Arctic: problems and tasks. Ekologiya Cheloveka. 2018, no. 25 (2), pp. 51-58. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.22394/1726-1139-2022-2-49-62>
7. Serova N.A., Serova V.A. Transport infrastructure of the Russian Arctic: the specifics of functioning and development prospects. Problemy prognozirovaniya, 2021, no. 2 (185), pp. 142-151. (In Russian). DOI: 10.47711/0868-6351-185-142-151
8. Vil'k M., Kaskov Yu., Kaptsov V., Pankova V. Dynamics of industrial risk and indicators of occupational morbidity of railway transport workers. Meditsina truda i ekologiya cheloveka, 2020, no.1, pp. 49-59. (In Russian). DOI: <http://dx.doi.org/10.24411/2411-3794-2020-10105>
9. Lazareva N.V., Guretskaya Yu.Ya., Udalov Yu.D. Peculiarities of the state of health of water transport workers. Vestnik medicinskogo instituta "REAVIZ". Reabilitaciya, Vrach i Zdorov'e, 2022, no. 12 (4), pp. 104-108. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.20340/vmi-rvz.2022.4.OZ0Z.2>
10. Pankova V.B., Vil'k M.F., Zibarev E.V., Fedina I.N. On the issue of taking into account new factors in the pathogenesis of occupational hearing loss (on the example of transport workers). Russian Journal of Occupational Health and Industrial Ecology, 2022, no. 62 (8), pp. 488-500. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2022-62-8-488-500>
11. Suvidova T.A., Oleschenko A.M., Kislitsyna V.V. Hygienic assessment of working conditions and occupational morbidity of workers of transport enterprises. Meditsina

- truda i promyshlennaya ekologiya, 2018, no. 58 (6), pp. 4-6. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2018-6-4-7>.
12. Trankovsky D.E. Working conditions and occupational morbidity transport workers in Primorsky krai. *Zdorov`e. Medicinskaya e`kologiya. Nauka*, 2014, no. 4(58), pp. 111-113. (In Russian).
 13. Frolova N.M., Surin S.A., Chashchin V.P. Features of general and professional pathology for drivers of career dump trucks of apatite mines in the Arctic. *Zdorov`e naseleniya i sreda obitaniya*, 2019, no. 319 (10), pp. 16-20. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2019-319-10-16-20>.
 14. Ronchese F., Bovenzi M. Occupational risks and health disorders in transport drivers. *Giornale Italiano di Medicina del Lavoro ed Ergonomia*, 2012, no.34 (3), pp. 352-359.
 15. Surin S.A., Gorbanev S.A. Occupational diseases of air transport workers in the Arctic. *Bezopasnost` i ohrana truda*, 2018, no. 4, pp. 10-13. (In Russian).
 16. Loginova V.A. A hygienic assessment of working conditions and professional risk to the health of workers at railway facilities. *Analiz riska zdorov`yu*, 2017, no.2, pp. 96-101. (In Russian). DOI: 10.21668/Health.risk/2017.2.10
 17. Useche SA, Cendales B, Montoro L, Esteban C. Work stress and health problems of professional drivers: a hazardous formula for their safety outcomes. *Peer Journal*, 2018 no.20, e6249 p. DOI: 10.7717/peerj.6249.
 18. van Vreden C, Xia T, Collie A, Pritchard E, Newnam S, Lubman DI, de Almeida Neto A, Iles R. The physical and mental health of Australian truck drivers: a national cross-sectional study. *BMC Public Health*, 2022, no. 22 (1), 464 p. DOI: 10.1186/s12889-022-12850-5.
 19. Anttonen H., Pekkarinen A., Niskanen J. Safety at work in cold environments and prevention of cold stress. *Industrial Health*, 2009, no. 47(3), pp. 254-61. DOI: 10.2486/indhealth.47.254.
 20. Donaldson S., Adlard B., Odland J.Ø. Overview of human health in the Arctic: conclusions and recommendations. *International Journal of Circumpolar Health*. 2016, no. 75, 33807 p.. DOI: 10.3402/ijch.v75.33807.
 21. Rakhmanov R.S., Kolesov S.A., Alikberov M.Kh., Potekhina N.N., Belousko N.I., Tarasov A.V. et al. On the issue of health risk under the influence of weather and climatic conditions in the cold season for workers. *Analiz riska zdorov`yu*, 2018, no. 2, pp. 70-77. (In Russian). DOI: 10.21bb8/2018.2.08.
 22. Syurin S.A., Polyakova E.M. On the issue of occupational polymorbidity (on the example of the Russian Arctic). *Medsina truda i promyshlennaya ekologiya*, 2022, no. 62 (7), pp. 459-465. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2022-62-7-459-465>.
 23. Gorbanev S., Syurin S., Kovshov A. Features of Occupational Health Risks in the Russian Arctic (on the Example of Nenets Autonomous Okrug and Chukotka Autonomous Okrug). *International Journal of. Environmental Research and Public Health*. 2021, no. 18 (3), 1061 p. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph18031061>.

Научная статья

УДК 551.508,621 + 551.50

DOI: 10.24412/2658-4255-2023-2-44-53



EDN: DBTDRG

Для цитирования:

Идрисов И.В., Наумов А.В., Ковчин И.С. Опыт создания и применения автоматических метеорологических станций в полярных регионах // Российская Арктика. 2023. Т. 5. № 2. С. 44-53. <https://doi.org/10.24412/2658-4255-2023-2-44-53>

Получена: 23.03.2023
Принята: 18.05.2023
Опубликована: 03.07.2023

For citation:

Idrisov I.V., Naumov A.V., Kovchin I.S. Experience of creation and application of automatic meteorological stations in polar regions. Russian Arctic, 2023, vol. 5, no. 2, pp. 44-53 (In Russian). <https://doi.org/10.24412/2658-4255-2023-2-44-53>

Конфликт интересов.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

**ОПЫТ СОЗДАНИЯ И ПРИМЕНЕНИЯ АВТОМАТИЧЕСКИХ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ В ПОЛЯРНЫХ РЕГИОНАХ**И.В. Идрисов^{1*}, А.В. Наумов², И.С. Ковчин²

¹ Арктический и антарктический научно-исследовательский институт. Отдел долгосрочного планирования и инвестиционных проектов, Логистический центр Российской Антарктической Экспедиции, Санкт-Петербург, Российская Федерация

² НПО Аквастандарт, Санкт-Петербург, Российская Федерация

E-mail: *idrisov@aari.ru**Аннотация**

В статье рассмотрены вопросы развития автоматизированных технологий наблюдений за погодой в полярных регионах с помощью автоматических автономных метеорологических станций. Проанализирован опыт применения наилучших отечественных и зарубежных образцов этой техники, определены пути её совершенствования и развития наблюдательной сети.

Ключевые слова: Арктика, автоматическая метеорологическая станция, спутниковая связь

EXPERIENCE OF CREATION AND APPLICATION OF AUTOMATIC METEOROLOGICAL STATIONS IN POLAR REGIONSI.V. Idrisov¹, A.V. Naumov², I.S. Kovchin²

¹ Arctic and Antarctic Research Institute, Department of Long-Term Planning and Investment Projects, Logistics Center of the Russian Antarctic Expedition, St. Petersburg, Russia

² NPO Aquastandart LLC, St. Petersburg, Russia

E-mail: *idrisov@aari.ru**Abstract**

The article deals with the development of automated technologies for observing the weather in the polar regions with the help of automatic autonomous meteorological stations. The experience of using the best domestic and foreign samples of this equipment is analyzed, ways of its improvement and development of the observation network are determined.

Keywords: Arctic, automatic meteorological station, satellite communication

Введение

В последние годы все большее внимание уделяется задачам получения всеобъемлющей и достоверной гидрометеорологической информации, характеризующей погодные условия в российской Арктике и других полярных регионах. Это связано всё с большим значением их для мировой хозяйственной деятельности, включая обеспечение безопасности полётов авиации и судоходства, а также необходимостью использования максимального количества данных об основных метеорологических параметрах в общую прогностическую модель погоды на Земле. В наибольшей степени это относится к Арктике, где дополнительно имеет место разведка и добыча природных ресурсов, регулярная транспортная проводка судов Северным морским путем.

Материалы и методы

Арктика является труднодоступным, малонаселенным районом с неразвитой инфраструктурой и мало освещенным, с точки зрения гидрометеорологической инфор-

мации, регионом [1].

Решение данной проблемы в организационном плане может быть достигнуто за счет развития действующей сети Росгидромета в арктической зоне, а в технологическом - путем модернизации уже действующих метеорологических станций [2], а также разработки и размещения в труднодоступных местах автоматических метеорологических станций (АМС) и дрейфующих буёв. Такие станции должны быть пригодны для функционирования в труднодоступных удаленных районах Арктики от независимых источников энергии. Это даст возможность круглогодично и круглосуточно собирать и передавать необходимую метеорологическую информацию в центры сбора данных с помощью систем спутниковой радиосвязи. В этом направлении большую работу проделало Научно-производственное объединение (НПО) «Аквастандарт». Специалисты НПО в качестве основы для создания АМС для полярных регионов выбрали оборудование MAWS110 финской компании «Vaisala Oyj». В результате работ, выполненных в ООО «НПО Аквастандарт», была разработана метеостанция с питанием от аккумуляторных батарей и спутниковым каналом связи в основном с использованием импортных комплектующих [3-4].

Данная станция изначально была предназначена для выполнения автоматических измерений скорости и направления ветра, атмосферного давления, температуры и влажности воздуха, температуры подстилающей поверхности с запоминанием и передачей полученных данных по спутниковому каналу связи. Измерения на станции и передача осуществлялись в основные синоптические сроки, в моменты времени, соответствующие действующему регламенту наблюдений конкретного метеорологического параметра [5]. Метрологические характеристики такой станции приведены в таблице 1.

Таблица 1.

Метрологические характеристики АМС на базе MAWS110

Наименование измеряемого параметра	Диапазон измерений	Пределы допускаемой погрешности при P=0,95
Температура воздуха, °С	-50 - +60	± 0,2
Относительная влажность воздуха, %	0 - 100	± 3
Скорость ветра, W, м/с	0 - 75	± (0,5+0,05 W)
Направление ветра, град	0 - 360	± 5
Атмосферное давление, гПа	650 — 1100	±0,5

Конструкция АМС на базе MAWS110 включала в себя следующее оборудование:

- центральный процессор QML 201 с блоком памяти;
- комбинированный датчик WM30 скорости и направления ветра анемометрически-флюгерного принципа действия;
- кремниевый емкостной датчик атмосферного давления PMT-16A;
- датчик температуры и влажности воздуха HMP45D, выполненный в едином конструктиве, объединяющим собой первичные преобразователи температуры и влажности, которые представляют собой соответственно пленочные платиновый резистор типа Pt 100ES751 и емкостной вариокап;
- модем спутниковой связи A3LA-D фирмы NAL;
- никель-кадмиевые батареи со специальным электролитом;
- солнечные батареи-2 штуки, каждая мощностью 25 Вт;
- метеорологическую мачту высотой 4 м.

Электропитание осуществлялось от никель-кадмиевого аккумулятора с подзарядкой от солнечных батарей. При этом, параметры солнечных батарей были подобраны таким образом, чтобы обеспечить надежную автономную работу станции в течение всего срока ее службы в пять лет. Для этого были применены наиболее экономичные в плане энергопотребления конструктивные решения, которые позволяли добиться того, чтобы разряд аккумуляторов в момент активной работы станции компенсировался их зарядкой от солнечных батарей в светлое время суток. Предполагалось, что во время полярной ночи продолжительностью до трех месяцев, когда невозможна подзарядка аккумуляторов, питающее напряжение не будет опускаться ниже 10,5 В. В результате, как показал многолетний опыт эксплуатации, даже при температуре воздуха ниже -45°С, обеспечивалась нормальная работоспособность станции, включая спутниковый передатчик.

Вся полученная измерительная и служебная техническая информация записывалась во внутреннюю энергонезависимую память и передавалась по спутниковому

каналу связи системы Иридиум (Iridium) в виде SBD сообщений. Для реализации такой связи была использована активированная пара модем и SIM-карта с выбранным тарифным планом в сети Iridium. Прием переданных данных производился по Internet-почте и накапливался на электронном архиве, привязанного к модему в момент активации устройства. Доступ к архиву осуществляется по паролю.

Первый образец этой станции был установлен в 2007г. в Антарктиде на полевой базе «Молодежная», как показано на рисунке 1.



Рисунок 1. Автоматическая автономная метеостанция на базе MAWS110 в Антарктиде

Конструкция станции была выполнена таким образом, чтобы центральный процессор вместе с буферными аккумуляторами питания и системой защиты внешних линий, датчиком атмосферного давления и спутниковым модемом связи располагались внутри специального влагозащитного корпуса. Датчики ветра, температуры и влажности вместе со стандартной радиационной защитой DTR13 размещались на мачте, соответственно на высотах 4 м и 2 м. Сама мачта была снабжена рядом оттяжек из стального троса и установлена на специальном основании, в виде стального листа. Аккумуляторные батареи питания располагались под этим листом и таким образом были укрыты от снежных заносов. Вся данная конструкция вместе с солнечными батареями жестко крепились на скальном грунте. При этом мачта была сориентирована по сторонам света, а батареи – в направлении по максимальной освещенности. При вводе станции в эксплуатацию в ее показания с помощью переносного компьютера вводилась поправка начального атмосферного давления, учитывающая высоту места установки станции к уровню моря. Весогабаритные характеристики этой АМС были такими, чтобы она могла транспортироваться любыми видами транспорта, включая авиацию и тракторно-санный поезд.

Наиболее полный объем метеорологических данных, измеренных при помощи АМС на базе MAWS110 на полевой базе Молодежная, был получен в 2009 году. На основании этого был проведен анализ репрезентативности и достоверности полученной метеорологической информации по сравнению с результатами многолетних наблюдений, накопленных ранее в период 1957-1999 гг. (таблица 2). В рамках проведенного сравнения были получены показатели, незначительно отличающиеся от средних многолетних значений наблюдаемых параметров, что говорит о репрезентативности метеорологических данных, полученных на оборудовании MAWS110. Следовательно, можно с уверенностью предполагать, что ряды накопленной информации в дальнейшем не будут нарушены при использовании автоматического метода измерения.

Таблица 2.

Сравнение метеорологических данных по температуре воздуха

Месяц	Средняя месячная и годовая температура воздуха, приведенная к периоду 1957-1970гг., °С	Средняя месячная температура за период 1963-1999гг., °С	Средняя месячная температура по MAWS110 за 2009г., °С	Стандартное отклонение средней месячной температуры воздуха за 11 лет, °С	Стандартное отклонение средней месячной температуры воздуха за 11 лет, °С	Отклонение от средней месячной температуры по MAWS110 за 2009г.
1	-0,9	-0,7	-1,7	0,6	1,0	0,6
2	-3,4	-4,1	-3,8	1,0	0,9	0,4
3	-7,7	-8,3	-7,4	1,3	1,1	0,3
4	-10,7	-11,7	-14,2	1,2	1,6	3,5
5	-13,4	-14,6	-15,3	1,7	1,6	1,9
6	-16,7	-16,2	-11,9	1,2	1,7	4,8
7	-18,8	-17,5	-16,0	1,9	2,5	2,8
8	-18,6	-18,8	-19,8	2,5	2,3	1,2
9	-17,9	-17,8	-16,1	2,1	2,4	1,8
10	-13,7	-13,6	-13,5	1,3	1,3	0,2
11	-6,4	-6,8	-8,3	1,1	1,0	1,9
12	-1,4	-1,6	-1,1	0,8	1,0	0,3
За год	-10,8	-11,0	-11,6	1,4	1,5	1,6

В таблице 2 для определения репрезентативности метеорологических данных, полученных с автоматической метеостанции MAWS110 полевой базы Молодежная, использовались параметры:

- средней месячной и годовой температуры воздуха в °С, приведенные к периоду 1957-1970гг. [6],

- стандартное отклонение среднемесячной температуры воздуха в °С за 11 лет, охватывающее период работы первых лет метеонаблюдений станции Молодежная [7],

- среднемесячная температура воздуха в °С и среднее отклонение в °С за период 1963-1999гг. станции Молодежная [8].

В результате сравнений определено, что средняя температура воздуха за год, вычисленная по данным, полученным с помощью MAWS110, отличается от средней годовой температуры воздуха, определенной за период с 1963-1999гг. на 0,6 °С, а среднее отклонение за год отличается на 0,1 °С.

Таблица 3.

Сравнение метеорологических данных по атмосферному давлению и влажности воздуха

Месяц	Среднее месячное давление воздуха на уровне моря, приведенное к периоду 1957- 1970 гг., гПа	Среднее месячное давление на уровне моря за период 1963 – 1999 гг., гПа	Среднее месячное давление на уровне моря по MAWS110 за 2009г., гПа	Средняя месячная и годовая относительная влажность воздуха, приведенная к периоду 1957- 1970гг., %	Средняя месячная и годовая относительная влажность воздуха за период с 1963 по 1999гг., %	Средняя месячная и годовая относительная влажность воздуха, по MAWS110 за 2009г., %
1	990,2	991,0	987,2	62	63,5	77
2	990,3	988,5	983,2	62	63,5	76
3	985,4	985,9	983,8	67	68,3	74
4	986,6	986,2	989,6	67	69,8	70
5	989,0	988,4	994,6	67	68,8	73
6	992,4	990,1	993,7	68	66,5	80
7	987,8	986,9	989,4	69	68,5	79
8	984,0	984,2	991,3	68	70,0	83
9	983,5	983,5	986,7	66	69,5	81
10	984,4	983,1	986,3	62	68,3	75

Месяц	Среднее месячное давление воздуха на уровне моря, приведенное к периоду 1957- 1970 гг., гПа	Среднее месячное давление на уровне моря за период 1963 – 1999гг., гПа	Среднее месячное давление на уровне моря по MAWS110 за 2009г., гПа	Средняя месячная и годовая относительная влажность воздуха, приведенная к периоду 1957- 1970гг., %	Средняя месячная и годовая относительная влажность воздуха за пе- род с 1963 по 1999гг., %	Средняя месячная и годовая относительная влажность воздуха, по MAWS110 за 2009г., %
11	986,4	986,4	993,1	62	35,3	73
12	989,2	989,6	988,6	63	64,0	70
За год	987,4	987,0	988,8	65,3	67,2	75,9

В таблице 3 для определения репрезентативности метеорологических данных, полученных с автоматической метеостанции MAWS110 полевой базы Молодежная, данные по среднему месячному атмосферному давлению, полученному со станции MAWS110, и данные по среднему месячному и среднему годовому давлению воздуха мбар, приведенные к периоду 1957-1970гг, относительная влажность воздуха % за 11 лет, охватывающие период работы первых лет метеорологических наблюдений станции Молодежная [6], а также среднее месячное и среднее годовое атмосферное давление воздуха гПа, средняя месячная и средняя годовая относительная влажность воздуха % за период 1963-1999гг. [7].

В результате сравнений определено, что среднее давление на уровне моря за год, определенное по метеорологическим данным, полученным с помощью MAWS110, отличается от среднего годового давления воздуха на уровне моря, определенного за период с 1963-1999гг. на 1,8 гПа, а средняя годовая относительная влажность воздуха отличается на 8,7 %.

На основе данных, получаемых от MAWS110, были сформированы таблицы по измеряемым метеорологическим данным (таблица 4), и построены графики по измеряемым параметрам ветра (рисунки 2, 3).

Таблица 4.

Метеоданные MAWS 110 полевой базы Молодежная за 2009 г.

Месяц	Температура воздуха °С			Относительная влажность %			Результирующий ветер		
	Среднее	Макс.	Мин.	Среднее	Макс.	Мин.	Направление Град.	Скорость м/с	Устойчивость %
1	-1,7	2,4	-7,6	77	102	46	91	5,7	82
2	-3,8	1,6	-13,1	76	102	48	111	8,4	86
3	-7,4	-1,8	-18,2	74	100	45	115	10,8	89
4	-14,2	-3,5	-22,7	70	100	45	130	13,7	93
5	-15,3	-3,9	-23,8	73	100	41	129	14,5	92
6	-11,9	-1,3	-22,0	80	101	47	111	9,2	86
7	-16,0	-5,8	-27,7	79	104	47	114	9,0	85
8	-19,8	-7,1	-34,2	83	104	54	106	7,3	91
9	-16,1	-7,6	-28,6	81	104	50	121	10,3	87
10	-13,5	-2,2	-25,0	75	104	45	112	6,3	82
11	-8,3	-0,8	-18,8	73	104	50	111	7,3	86
12	-1,1	-4,3	-5,8	70	104	48	95	2,0	57
Год	-11,3	4,3	34,2	76,4	104,0	41,0	117	9,1	86
	Измеренное давление, гПа			Давление на уровне станции, гПа			Давление на уровне моря, гПа		
Месяц	Среднее	Макс.	Мин.	Среднее	Макс.	Мин.	Среднее	Макс.	Мин.
1	981,0	993,2	962,5	981,2	993,5	962,8	987,2	999,5	968,6
2	977,0	994,8	949,5	977,3	995,1	949,8	383,2	1001,1	955,5
3	977,5	993,0	953,5	977,7	993,2	953,7	983,8	999,4	959,5

Месяц	Измеренное давление, гПа			Давление на уровне станции, гПа			Давление на уровне моря, гПа		
	Среднее	Макс.	Мин.	Среднее	Макс.	Мин.	Среднее	Макс.	Мин.
4	983,1	998,3	969,9	983,4	998,6	970,2	989,6	1004,9	976,3
5	988,1	1021,5	964,5	988,3	1021,7	964,7	994,6	1028,2	970,7
6	987,2	1009,4	965,7	987,4	1009,6	966,0	993,7	1015,9	971,9
7	982,9	1007,3	953,2	983,2	1007,6	953,5	989,4	1014,0	959,4
8	984,6	1002,8	953,4	984,9	1003,0	953,6	991,3	1009,5	959,6
9	980,2	998,3	950,9	980,5	998,5	951,2	986,7	1005,0	957,1
10	979,8	992,3	958,6	980,1	992,5	958,9	986,3	998,8	964,8
11	986,8	999,5	963,1	987,0	999,7	963,3	993,1	1006,1	969,1
12	982,4	991,9	970,0	982,7	992,1	970,2	988,6	998,2	976,0
Год	982,4	1021,5	949,5	982,7	1021,7	949,8	988,8	1028,2	955,5



Рисунок 2. Повторяемость направления ветра по румбам (P), % за 2009г.
Полевая база Молодежная

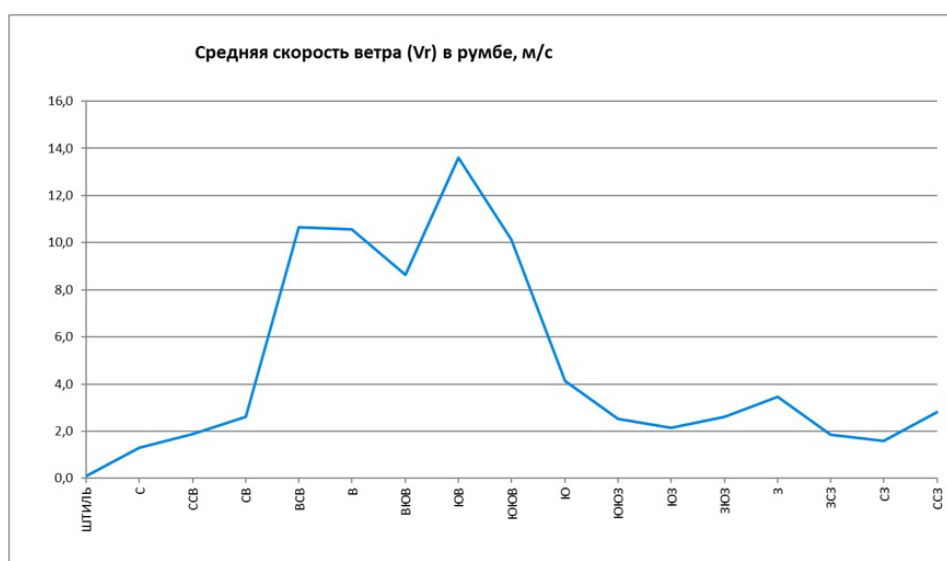


Рисунок 3. Средняя скорость ветра (V_r) в румбе м/с. за 2009г.
Полевая база Молодежная

Впоследствии конструкция станции совершенствовалась. В ней стали применяться акустические датчики ветра WMT700, новые спутниковые модемы Iridium 9522B с пассивной антенной AD510, датчики температуры и влажности воздуха HMP155 с цифровым выходом и более мощные солнечные батареи, до 50 Вт каждая. В итоге к 2017г. в Антарктике было установлено и по сегодняшний день эксплуатируется 6 подобных автоматических метеорологических станций (Молодежная, Русская, Ленинградская, Дружная 4, Оазис Бангера, ВПП ст. Прогресс). С их помощью создана локальная сеть метеорологических наблюдений, обеспечивающая получение, накопление и передачу данных из Антарктики без непосредственного участия человека. Следует отметить, что данная локальная антарктическая сеть продолжает успешно функционировать по настоящее время.

Дополнительно в 2022 году в Антарктиде в районе горы Вечерняя была развернута уникальная автоматическая метеостанция со спутниковой связью, приспособленная к работе от автономных источников питания как переменного 220В, так и постоянного тока, соответственно дизеля-генератора и аккумулятора 12В с солнечными батареями. Данная станция была дополнена датчиками нижней границы облачности и видимости соответственно CL31 и FS11 (Vaisala)[7], без которых могла работать во время полярной ночи от одних только аккумуляторов.

Учитывая антарктический опыт, НПО «Аквастандарт» на той же технологической основе реализовал арктический проект автоматических метеостанций (АМС) РМ-2020. Функциональная схема АМС РМ-2020 приведена на рис. 4, а общий вид конструкции - на рис. 5. Основные технические и метеорологические характеристики РМ-2020 аналогичны станциям, применяемым в Антарктике. Однако конструкция этих метеостанций уже была дополнена датчиками солнечной радиации и уровня снега, а мачты имели высоту 10 метров. Они представляли собой трубу с нижним основанием диаметром 120 см, с уменьшением его от основания к верху до 60 см. Основание мачты при установке ориентируется по сторонам света, а сама мачта для обслуживания имеет возможность наклоняться на шарнире на высоте 1.5 м от основания. На мачте располагаются кронштейны для крепления датчиков, влагопылезащитный контейнер процессорного блока и узлы крепления тросовых оттяжек, молниеотвод, при необходимости заградительный огонь. Комбинированный датчик ветра размещается на верхнем конце мачты, а температуры и влажности воздуха в радиационной защите - на высоте 2 м от основания мачты. Там же располагаются датчики солнечной радиации, высоты снежного покрова и датчик дождя. Процессорный блок крепится непосредственно на мачту, на высоту 1 м. Внутри располагаются все электронные узлы и элементы АМС, а также датчик атмосферного давления. На мачту также крепятся уже одна солнечная панель 75 Вт; антенна спутникового передатчика (для РМ-2020 Iridium) D и рядом располагается аккумулятор 220 А/ч, 14 В, NiCd.



Рисунок 4. Функциональная схема метеорологической станции

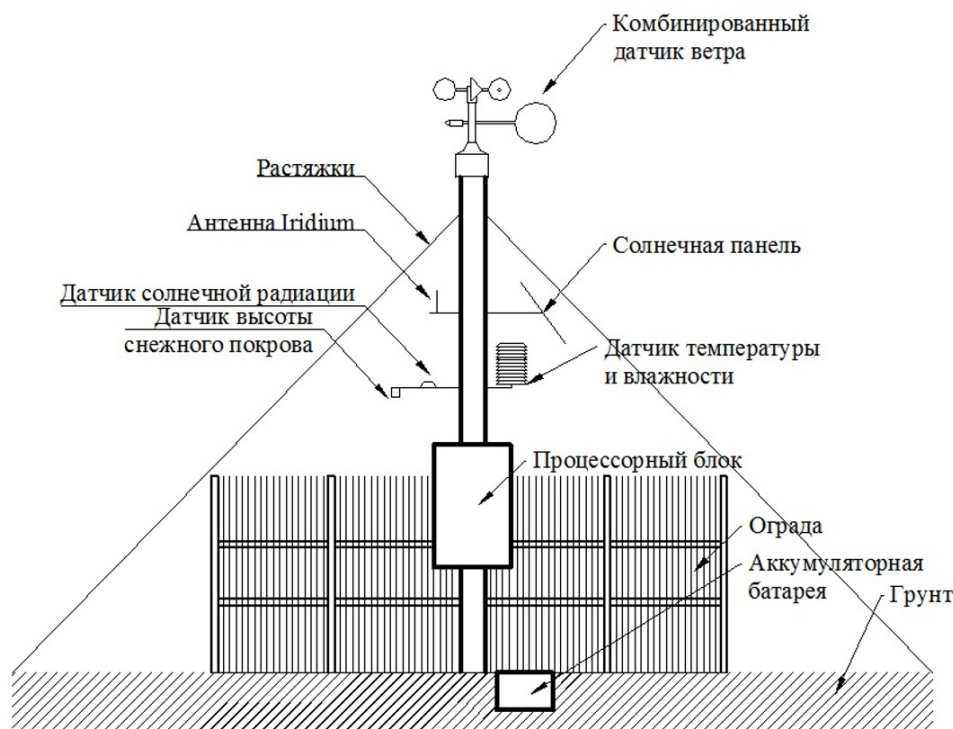


Рисунок 5. Общий вид конструкции АМС РМ-2020

Эти АМС устанавливались на островах в российской Арктике и эксплуатировались в количестве до 8 штук в период в 2012-2020 гг.. Карта расстановки таких АМС приведена на рис.6, где места их установки отмечены звёздочками, а фото самой станции - на рис.7

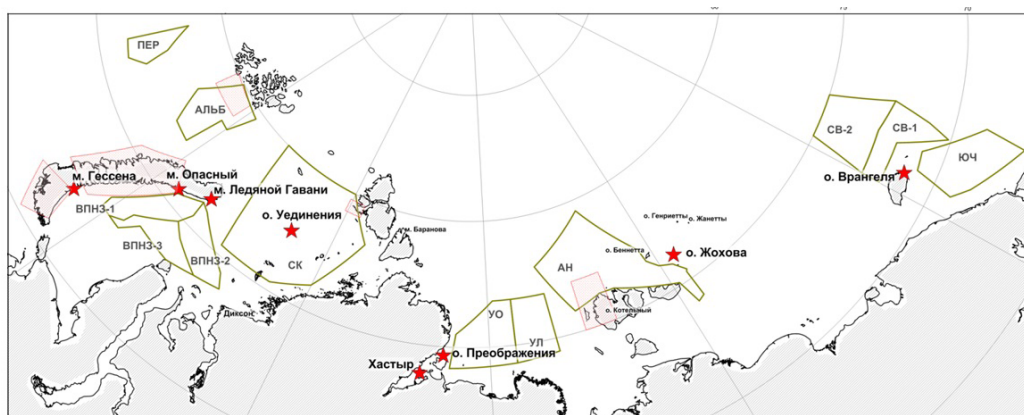


Рисунок 6. Карта расстановки АМС РМ-2020 в Арктике

Работа АМС РМ-2020 осуществляется в автоматическом режиме, при котором датчики в основные синоптические сроки измеряют и передают полученные значения метеорологических параметров в процессорный блок, где производится их обработка, запоминание и формирование выходного сообщения для передачи его по спутниковой связи. Тогда на заранее запрограммированные адреса электронной почты по Интернет приходят электронные письма с вложенными файлами типа *.txt со значениями метеорологических параметров данной АМС. Установленное на компьютере специализированное программное обеспечение формирует архив, а также выводит сообщение на общую карту оценки метеорологических условий.

Многолетняя надежная работа, указанных технических средств подтвердила правильность принятых конструктивных решений, которые могут быть положены в основу создания сети автоматических гидрометеорологических станций автономного базирования для российской Арктики, включая её прибрежную и островную зону. Вместе с тем, в ходе выполнения работ по созданию такой сети в труднодоступных районах с неразвитой инфраструктурой необходимо решить следующие научно-технические задачи:

- выполнить замену основных конструктивных элементов и датчиков иностранного производства на отечественные с максимально возможным повышением уровня соб-

ственной локализации производства и комплектующих;

- для реализации передачи данных наблюдений произвести замену зарубежной системы спутниковой связи «Iridium», используемой для передачи от АМС, на отечественную систему - «Гонец»;

- предусмотреть в конструкции антивандальное исполнение и защиту от белых медведей;

- решить вопросы периодического технического обслуживания и метрологического обеспечения на местах эксплуатации.

Другим надежным источником получения метеорологической, а также гидрофизической (гидролого-акустической) информации в Арктике являются ледовые автономные автоматические дрейфующие буи. Ранее своё применение здесь нашли отечественные дрейфующие метеорологические станции (ДАРМС) с радиоканалом связи и зарубежные ледовые буи ARGOS со спутниковой связью [9]. В настоящее время одним из наиболее известных подобных буев, используемых и за рубежом, является отечественный буй «Марлин» компании «Навидалс-Юг» [10]. Однако учитывая расширение задач в Арктике, данное направление требует своего дальнейшего развития на основе новых технологических платформ с широким применением отечественных компонентов и систем связи [11]. При этом следует обратить отдельное внимание на развитие метрологического обеспечения, особенно применительно к необходимости достижения долговременной стабильности качества наблюдений.



Рисунок 7. АМС РМ-2020 в Арктике

Выводы

Можно констатировать, что к настоящему времени в техническом отношении сделано довольно много для эффективного информационного метеорологического обеспечения в Российской Арктике путём создания современной технологической базы, включающей в себя автоматические метеостанции и дрейфующие буи, приспособленные для установки и функционирования в труднодоступных районах Крайнего Севера и на льду СЛО соответственно. Они позволяют собирать и оперативно передавать в центры сбора данных необходимую метеорологическую и гидрофизическую информацию с помощью систем спутниковой радиосвязи. Однако работающие в настоящее время в Арктике АМС и буи в своих конструкциях используют много импортных компонентов, а по принадлежности являются ведомственными. Они не дают информацию по всему арктическому региону, не поддерживаются действующими структурами Росгидромета и не подключены к его наблюдательной сети. Преодоление такого положения с учётом возросшей роли для нашей страны Северного морского пути и Арктики в целом настоятельно требует решений в этом направлении на правительственном уровне.

Список литературы:

1. Научные исследования в Арктике : [в 3 т.] // Федер. служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, Аркт. и антаркт. науч.-исслед. ин-т ; гл. ред. И. Е. Фролов. СПб.: Наука, 2005-2007.
2. «Ланит-интеграция» модернизировала труднодоступные станции Росгидромета в Арктике. <http://www.lanit.ru.press>.
3. Ковчин И.С., Идрисов И.В., Мартьянов В.Л. Автоматическая метеогеофизическая станция в Антарктике. Новости МПГ 2007/08, №11, февраль 2008.
4. Ковчин И.С., Идрисов И.В. Российская сеть автоматических метеорологических станций в Антарктиде // Российские полярные исследования. 2022. №1. С. 16-19
5. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Выпуск 9. Часть 1. Л.: Гидрометеоиздат, 1985. 312 с.
6. Справочник по климату Антарктиды// Гидрометеоиздат. Ленинград. 1977г. том II Температура воздуха, атмосферное давление, ветер, влажность воздуха, облачность, осадки, атмосферные явления, видимость. С. 68,72,94,207.
7. Сводная таблица метеорологических данных антарктических станций РФ. Сайт Подпрограммы «Изучение исследований Антарктики», Арктический и антарктический научно-исследовательский институт (ААНИИ), <http://www.aari.aq>
8. Б.В. Бочарников, С.О. Гусев, П.Я. Никишков, А.С. Солонин Метеорологические измерения на аэродромах. СПб.: Гидрометеоиздат , 2008. 427 с.
9. Руководство по гидрологическим работам в океанах и морях. Гидрометеоиздат. Ленинград 1977г. С.725
10. Toole, J.M., R.A. Krishfield, M.-L. Timmermans, and A. Proshutinsky. 2011. The Ice-Tethered Profiler: Argo of the Arctic. *Oceanography* 24(3), pp. 126-135, <http://dx.doi.org/10.5670/oceanog.2011.64>.
11. Шарков А.М., Ковчин И.С., Дроздов А.Е., Чубаров Р.В. Особенности состава и структуры построения морского дрейфующего буя для измерения гидрометеорологических параметров в интересах ГМО ВМФ // Навигация и гидрография 68, 2022. С.67-75

References:

1. Scientific research in the Arctic: [in 3 volumes] / Feder. service for hydrometeorology and environmental monitoring, Arctic and antarctic. scientific research in-t; ch. ed. I. E. Frolov. St. Petersburg: Science, 2005-2007.
2. "Lanit-Integration" upgraded hard-to-reach Roshydromet stations in the Arctic. <http://www.lanit.ru.press>.
3. Kovchin I.S., Idrisov I.V., Martyanov V.L. Automatic meteorological station in Antarctica. *IPY News* 2007/08, No. 11, February 2008.
4. Kovchin I.S., Idrisov I.V. Russian network of automatic meteorological stations in Antarctica // *Russian polar research*. 2022, No. 1. pp. 16-19.
5. Instruction to hydrometeorological stations and posts. Issue 9. Part 1. L.; Gidrometeoizdat., 1985, p. 312.
6. Reference book on the climate of Antarctica // Gidrometeoizdat. Leningrad. 1977 volume II Air temperature, atmospheric pressure, wind, air humidity, cloudiness, precipitation, atmospheric phenomena, visibility. Pp. 68, 72, 94, 207.
7. Summary table of meteorological data from the Antarctic stations of the Russian Federation. Site of the Subprogramme "Study of Antarctic Research", Arctic and Antarctic Research Institute (AARI), <http://www.aari.aq>
8. B.V. Bocharnikov, S.O. Gusev, P.Ya. Nikishkov, A.S. Solonin Meteorological measurements at airfields. St. Petersburg: Gidrometeoizdat, 2008, 427 p.
9. Guidelines for hydrological work in the oceans and seas. Gidrometeoizdat. Leningrad, 1977, P. 725.
10. Toole, J.M., R.A. Krishfield, M.-L. Timmermans, and A. Proshutinsky. 2011. The Ice-Tethered Profiler: Argo of the Arctic. *Oceanography* 24(3), pp.126-135, <http://dx.doi.org/10.5670/oceanog.2011.64>.
11. Sharkov A.M., Kovchin I.S., Drozdov A.E., Chubarov R.V. Features of the composition and structure of the construction of a marine drifting buoy to measure hydrometeorological parameters in the interests of the GMO Navy // *Navigation and Hydrography* 68, 2022, p.67-75.

Научная статья

УДК 551.50+504.3

DOI: 10.24412/2658-4255-2023-2-54-64



EDN: EAJGFJ

Для цитирования:

Петриченко С.А., Калмыкова О.В., Козлов С.В., Кулижникова Л.К. Использование композиции индексов конвективной неустойчивости для прогноза зарождения полярных мезоциклонов в Арктическом регионе России // Российская Арктика. 2023. Т. 5. № 2. С. 54–64. <https://doi.org/10.24412/2658-4255-2023-2-54-64>

Получена: 21.04.2023

Принята: 14.07.2023

Опубликована: 26.07.2023

For citation:

Petrichenko S.A., Kalmykova O.V., Kozlov S.V., Kulizhnikova L.K. Using a composition of convective instability indices to predict the occurrence of polar mesocyclones in the Arctic region of Russia. Russian Arctic, 2023, vol. 5, no.2, pp. 54-64. (In Russian). <https://doi.org/10.24412/2658-4255-2023-2-54-64>

Конфликт интересов.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Работа выполнена в рамках плана НИТР Росгидромета проект 5.1 «Развитие моделей, методов и технологий мониторинга и прогнозирования состояния атмосферы, океана, морского ледяного покрова, ледников и вечной мерзлоты (криосферы), процессов взаимодействия льда с природными объектами и инженерными сооружениями для Арктики и технологий гидрометеорологического обеспечения потребителей» на 2020 – 2024 годы.



S.A. Petrichenko, O.V. Kalmykova, S.V. Kozlov, L.K. Kulizhnikova

USING A COMPOSITION OF CONVECTIVE INSTABILITY INDICES TO PREDICT THE OCCURRENCE OF POLAR MESOCYCLONES IN THE ARCTIC REGION OF RUSSIA

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПОЗИЦИИ ИНДЕКСОВ КОНВЕКТИВНОЙ НЕУСТОЙЧИВОСТИ ДЛЯ ПРОГНОЗА ЗАРОЖДЕНИЯ ПОЛЯРНЫХ МЕЗОЦИКЛОНОВ В АРКТИЧЕСКОМ РЕГИОНЕ РОССИИ

С.А. Петриченко*, О.В. Калмыкова, С.В. Козлов, Л.К. Кулижникова

Научно-производственное объединение «Тайфун» Росгидромета, Обнинск, Россия

E-mail: *psa@typhoon.obninsk.ru**Аннотация**

В статье представлено краткое описание разработанной технологической линии построения в автоматическом режиме прогноза возникновения полярных мезоциклонов в Арктическом регионе России. Технологическая линия включает в себя блок численного моделирования Polar WRF с заданием начальных и граничных условий по данным модели GFS, блок расчета индексов конвективной неустойчивости, блок расчета полей вероятности зарождения полярных мезоциклонов с использованием региональных порогов для отобранных индексов, подсистему визуализации, которая позволяет выделить область с заданной вероятностью обнаружения возмущения. В работе описана предлагаемая методика прогноза полярных мезоциклонов, приведены обоснования использования ряда конвективных индексов в качестве предикторов. Для используемых конвективных индексов были определены региональные пороговые значения, превышение которых в заданную сторону в ограниченной области увеличивает вероятность возникновения в этой зоне полярного мезоциклона. Дано представление о работе разработанной технологической линии прогноза. Продемонстрированы результаты прогностических расчетов для ряда мезоциклонов, наблюдавшихся в 2022 г. Представлены оценки оправдываемости прогноза по результатам непрерывной работы технологии в тестовом режиме с января по декабрь 2022 года.

Ключевые слова: полярные мезоциклоны, индексы конвективной неустойчивости, региональные пороговые значения, зарождение, прогноз, модель Polar WRF, технологическая линия

USING A COMPOSITION OF CONVECTIVE INSTABILITY INDICES TO PREDICT THE OCCURRENCE OF POLAR MESOCYCLONES IN THE ARCTIC REGION OF RUSSIA

S.A. Petrichenko*, O.V. Kalmykova, S.V. Kozlov, L.K. Kulizhnikova

Research and Production Association "Typhoon" of Roshydromet, Obninsk, Russia

E-mail: *psa@typhoon.obninsk.ru**Abstract**

The article presents a brief description of the developed technological line for the automatic prediction of the occurrence of polar mesocyclones in the Arctic region of Russia. Technological line includes a block of numerical simulation Polar WRF with the setting of initial and boundary conditions according to the GFS model, a block for calculating convective instability indices, a block for calculating the probability fields of polar mesocyclone nucleation using regional thresholds for selected indices, a visualization subsystem that allows to select an area with a given probability of detecting a perturbation. The paper gives a description of the proposed method for predicting polar mesocyclones, and justifies the use of a number of convective indices as prognostic predictors. For

the convective indices used, regional threshold values were determined, the excess of which in a given direction in a limited area increases the probability of a polar mesocyclone occurring in this zone. The operation of the developed forecasting technological line is described. The results of prognostic calculations for a number of mesocyclones observed in 2022 are demonstrated. Estimates of the justification of the forecast based on the results of continuous operation of the technology in test mode from January to December 2022 are presented.

Keywords: polar mesocyclones, convective instability indices, regional threshold values, origin, forecast, Polar WRF model, technological line

Введение

В 1994 году Рабочей группой по полярным депрессиям Европейского геофизического общества для наименования облачных вихрей α и β мезомасштаба (от 20 до 2000 км), возникающих над морями к полюсу от полярного фронта, рекомендовано использовать термин «полярный мезоциклон» (*polar mesocyclone*) [1]. Термин «полярная депрессия» (*polar low*) служит для наименования наиболее интенсивных полярных мезоциклонов со скоростью ветра, превышающей 15 м/с. Полярные мезоциклоны (ПМЦ) зачастую сопровождаются опасными погодными явлениями - штормовым волнением и ветром, обледенением судов и сооружений, снежными зарядами с ухудшением видимости. Штормовая ситуация развивается, как правило, внезапно и в течение короткого времени.

В Северном полушарии областью наиболее активного мезомасштабного циклогенеза является акватория Северо-Европейского бассейна. Это связано с наличием значительных межширотных температурных контрастов в приводном слое атмосферы, которые особенно велики вблизи ледового барьера и усилены проникновением теплых атлантических вод на север. В сочетании с интенсивным тропосферным переносом эти контрасты создают условия для развития бароклинной неустойчивости в регионе в холодное время года.

Над северными морями России, лежащими к востоку от Новой Земли (Карское море, море Лаптевых и Восточно-Сибирское море), ПМЦ возникают гораздо реже, вследствие меньшей, чем в Северо-Европейском бассейне, площади свободной от льда морской поверхности. В этих областях наблюдается летний максимум в годовом ходе количества ПМЦ в отличие от зимнего максимума в морях западнее Новой Земли. Возникновение ПМЦ над акваториями морей Восточного сектора Арктики связано, в первую очередь, с переносом относительно теплого воздуха с суши на море [2]. Предполагается, что при наличии тенденции к увеличению акваторий открытой воды в условиях происходящего потепления в этом регионе следует ожидать и возрастания количества возникающих ПМЦ.

Поскольку размеры полярных мезоциклонов незначительны по сравнению с крупномасштабными барическими образованиями (в среднем 200 – 600 км), а срок их жизни в большинстве случаев менее полутора суток, они достаточно редко отображаются на синоптических картах. Тем не менее, анализ полей давления и геострофической завихренности все же используется для идентификации ПМЦ. Чаще всего такие циклоны обнаруживаются и исследуются на основе реанализа и по данным спутниковых наблюдений [2, 3, 4]. Запуск в 2021 году российского высокоэллиптического метеорологического спутника «Арктика-М» расширил эти возможности. Для идентификации ПМЦ актуальными стали и методы численного моделирования с использованием региональных моделей. Например, в работе [5] разрабатываются критерии, позволяющие идентифицировать и исследовать генезис ПМЦ. В работе [6] реалистично воспроизведены динамика и эволюция полярного циклона и постфактум даны прогнозы его перемещения.

Прогноз зарождения ПМЦ до настоящего времени остается нерешенной проблемой. Существуют отдельные работы, посвященные этому направлению. Например, исследовалась возможность оперативного прогноза полярного мезоциклона с помощью ансамблевой прогностической системы [7]. Исследуются возможности прогноза с помощью моделирования вариаций синоптических систем типа полярного фронта [8], с использованием расчетных значений интегрального критерия спиральности и кинематического числа завихренности [9].

Полярные мезовихри могут иметь различные механизмы образования. Основные, по временной классификации, это бароклинные и конвективные типы мезоциклонов [10, 11].

Основные положения

Для прогноза ПМЦ было предложено использовать индексы конвективной неустойчивости, расчет которых ведется по выходным данным численного моделирования атмосферы. Поля различных индексов могут иметь особенности в областях мезоциклонов, возникающих при различных синоптических ситуациях, поскольку связаны как с термическими, так и с динамическими характеристиками атмосферных процессов. В ходе работы были проанализированы поля около 100 известных индексов конвективной неустойчивости, относящиеся к моментам обнаружения ПМЦ. В процессе оценки прогностической значимости индексов рассматривались известные случаи формирования ПМЦ в исследуемом регионе, кроме того использовалась собранная авторами база данных о ПМЦ, сформированная по результатам анализа спутниковых снимков, на данный момент включающая в себя 115 записей о ПМЦ, начиная с 2020 г. По результатам проведенного анализа был сформирован набор потенциальных предикторов полярного циклогенеза из числа рассчитанных индексов, имевших особенности в районах развития ПМЦ. Для каждого индекса были определены региональные пороговые значения, с учетом их направленности на распознавание угроз возникновения ПМЦ. Важность определения регионального или ситуационного порогового значения обуславливается тем, что в отобранный перечень вошли индексы, не применявшиеся для прогноза ПМЦ. Для некоторых индексов общеизвестные для них пороги относятся к прогнозу интенсивной локализованной конвекции с опасными явлениями над сушей, по этой причине для использования этих индексов в исследуемом регионе их пороговые значения были уточнены. Предполагается, что установленные пороги могут быть в дальнейшем незначительно скорректированы по мере накопления новых данных о ПМЦ. В работе технологии была заложена такая возможность.

На рисунке 1 представлено спутниковое изображение акватории Баренцева моря с полярным мезоциклоном, наблюдавшимся в этой зоне в 7:45 UTC 15 февраля 2022 года. А на рисунке 2 приведено пространственное распределение относительной штормовой спиральности ($srh3$), которая используется, как один из предикторов, рассчитанное для этой же акватории на тот же срок.

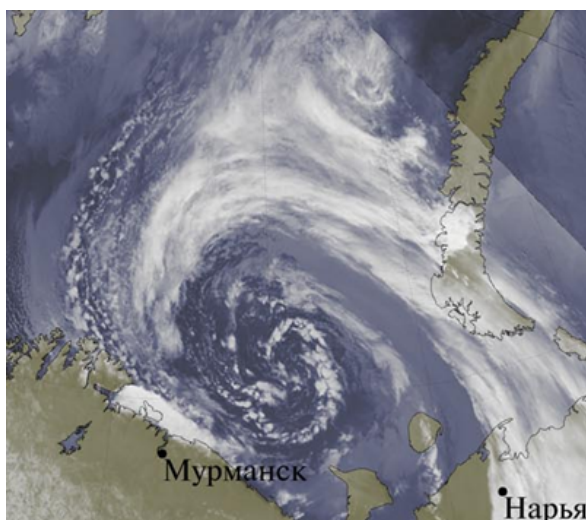


Рисунок 1. Полярный мезоциклон 15 февраля 2022 года над акваторией Баренцева моря. ИК-изображение, полученное в 7:45 UTC

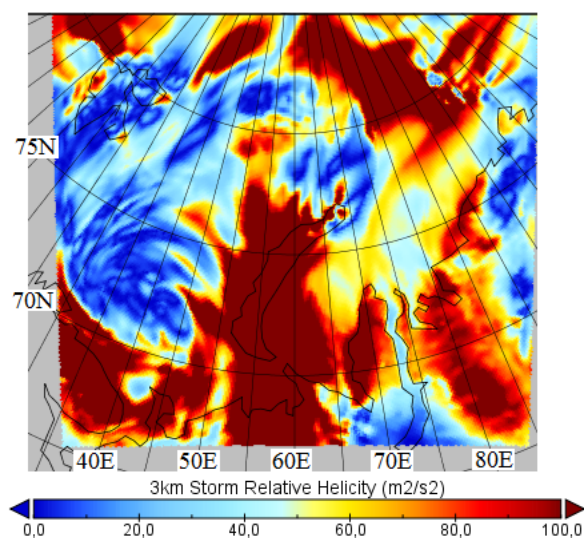


Рисунок 2. Поле конвективного индекса Storm Relative Helicity ($srh3$) в районе развития полярного мезоциклона 15 февраля 2022 года в 8 ч UTC над Баренцевым морем

Сравнение этих рисунков указывает на наличие зоны в поле $srh3$, совпадающей по местоположению и времени с временем и районом развития ПМЦ. Однако самым существенным является тот факт, что спиральность в этой зоне имеет минимум. Для данного индекса была установлена верхняя допустимая граница в $50 \text{ м}^2/\text{с}^2$. Возможно, такой минимум связан с малым сдвигом ветра, который характерен для ПМЦ в его центральной зоне, также как и для тропических циклонов, при большом вертикальном сдвиге ветра они не развиваются. В качестве порогового для сдвига ветра в нижнем слое атмосферы для распознавания опасности ПМЦ установлено значение $< 5 - 7 \text{ м/с}$ в зависимости от толщины слоя. Для сравнения в обычной конвективной системе используется порог $> 5 \text{ м/с}$.

Расчеты полей отобранных индексов в оперативном режиме позволили сформировать несколько конфигураций вероятностного прогноза ПМЦ [12]. Под конфигурацией здесь следует понимать композицию индексов с установленными для них порогами. По мере тестирования разработанной технологии вносились изменения в состав конфигураций прогноза (включались новые конфигурации, корректировались пороговые значения индексов), оценивалось качество прогнозирования по каждой конфигурации. На рисунке 3 для примера показан вероятностный прогноз упомянутого выше ПМЦ на базе двух конфигураций в режиме «светофор»: зеленый уровень – вероятность образования ПМЦ в диапазоне 0 – 50%, желтый уровень – от 50 до 80%, красный уровень – больше 80%. Из рисунка 3 видно, что обе конфигурации прогноза в данном конкретном случае смогли достаточно хорошо воспроизвести положение ПМЦ. Однако следует отметить, что во многих случаях при использовании температурно-влажностной композиции возможная прогностическая зона возникновения ПМЦ оказывается существенно больше реальной.

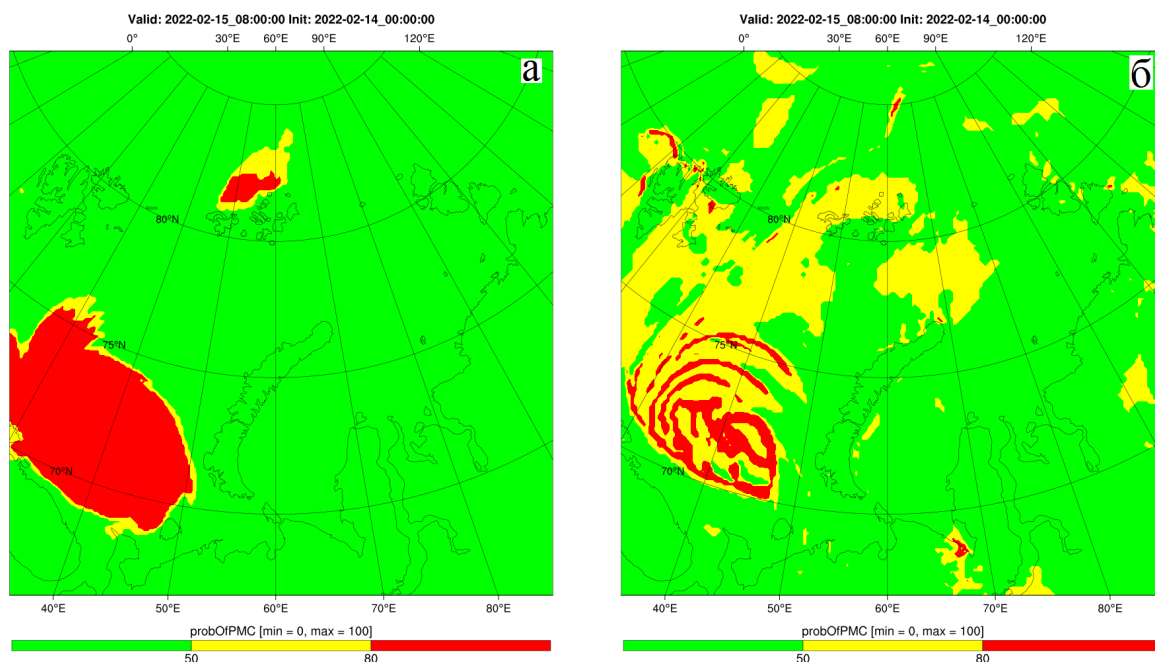


Рисунок 3. Зоны риска возникновения полярных мезоциклонов (вероятностный прогноз) на 8 ч UTC 15 февраля 2022 года, рассчитанные на базе различных конфигураций прогноза (а - композиция из семи температурно-влажностных индексов, б - композиция из восьми динамических индексов)

В настоящий момент в качестве основной рабочей конфигурации прогноза ПМЦ выбрана конфигурация из восьми динамических конвективных индексов, связанных с завихренностью, спиральностью и сдвигом ветра (справа на рисунке 3). Данная конфигурация показывает наименьшее число ложных прогнозов.

Программные средства

Технологическая линия построения прогнозов полярных мезоциклонов в Арктическом регионе РФ включает в себя:

- численную модель PolarWRF-ARW 4.1.5 (PWRF) с выбранными настройками и параметризациями подсеточных процессов;
- программный модуль для расчета полей индексов конвективной неустойчивости;
- программный модуль для расчета полей вероятности образования ПМЦ на основе отобранной конфигурации индексов, каждому из которых сопоставлено свое региональное пороговое значение;
- комплекс программ запуска расчетов по расписанию;
- программный модуль построения карт областей риска образования ПМЦ.

Схематично работу технологической линии можно представить следующим образом. На FTP-сервере НПО Тайфун, имеющем доступ к сети Интернет, по заданному расписанию запускается программа, которая обращается к специализированному серверу Национального центра по прогнозированию окружающей среды NCEP и проверяет наличие результатов счета по модели GFS от 0 ч UTC текущей рассматриваемой даты (шаг сетки 0.5°). Если прогнозы доступны для скачивания, с помощью свободно

распространяемой программы wget осуществляется их загрузка на FTP-сервер. По окончании загрузки по протоколу ftp файлы прогнозов передаются на специально оборудованный сервер для хранения больших объемов информации – Хранилище данных. Прогнозы по модели GFS используются для задания начальных и граничных условий при последующих расчетах по модели PWRF. Выбор в пользу этих данных был обусловлен полученными результатами предварительного тестирования модели PWRF на данных GFS (модель достаточно хорошо воспроизводила характерные черты ПМЦ), а также изначально ориентированной направленностью технологии на оперативное прогнозирование – прогнозы по модели GFS самого раннего счета (от 0 ч UTC) загружаются в 03:30-03:40 UTC, спустя примерно 3 ч становятся доступными прогнозы ПМЦ. Такой режим работы технологии позволит в перспективе использовать ее выходную продукцию в оперативной работе синоптика-прогнозиста.

На Расчетном сервере с установленной системой PWRF по заданному расписанию с помощью специальных скриптов реализуется запрос к Хранилищу данных на получение требуемых прогнозов GFS. При наличии соответствующих прогнозов они загружаются на Расчетный сервер, и запускается расчет по модели PWRF. В текущей версии работы технологии моделирование проводится один раз в сутки (по мере получения прогнозов GFS от 0 ч UTC), заблаговременность прогноза – до 48 часов. По результатам моделирования формируются выходные поля стандартных метеозлементов (температура, давление, влажность, скорость ветра и др.) в узлах расчетной сетки на различных вертикальных уровнях с часовым шагом по времени, на основе которых рассчитываются поля индексов конвективной неустойчивости. Шаг расчетной сетки составляет 12 км. Расчетная область включает в себя практически всю акваторию Баренцева и Карского морей, а также западную часть моря Лаптевых – это области, где сравнительно часто наблюдаются ПМЦ. На рисунке 4 показана область интегрирования, а в таблице 1 даны сведения об используемых настройках модели PWRF.

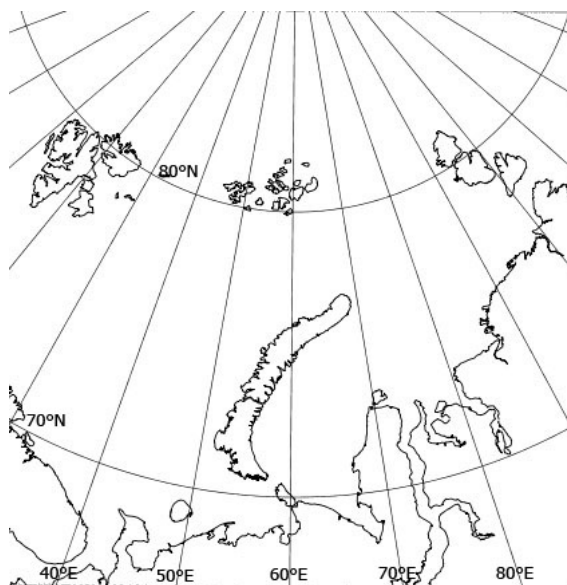


Рисунок 4. Область интегрирования модели PWRF

Таблица 1.

Настройки модели PWRF

Параметр	Используемое значение
Размер расчетной области	187 x 187 узлов
Шаг сетки	12 км
Число вертикальных уровней	50
Временной шаг вывода данных	1 ч
Разрешение статических данных	30 с
Проекция карты	polar
Координаты центра	60°E, 77°N
Период моделирования	48 ч

На основе выбранной конфигурации (композиции индексов) строится поле вероятности образования ПМЦ (рисунки 6 и 9). Расчет вероятности производится с помощью специально разработанного программного модуля. При расчете вероятности используется предположение об аддитивном вкладе каждого индекса - чем больше индексов идентифицировали закритическую область, тем больше вероятность того, что в этой области может быть обнаружен ПМЦ.

На заключительном этапе работы технологической линии осуществляется построение карт областей риска образования ПМЦ (на базе вышеупомянутых полей вероятности) в цветовой шкале «светофор» (рисунок 3), а также карт приземной температуры и приземной скорости ветра (рисунки 7 и 10).

Полярные мезоциклоны в феврале и мае 2022 г.

Для демонстрации возможностей созданной автоматизированной прогностической системы ниже, в качестве примера, приведены прогностические расчеты для мезоциклонов, наблюдавшихся в акваториях Баренцева и Карского морей в 2022 г.

На рисунке 5 представлены четыре последовательных спутниковых изображения района Баренцева моря (снимки с сайта НИЦ «Планета») за 14 - 15 февраля 2022 года с явно выраженным полярным мезоциклоном с горизонтальными размерами около 600 км. На рисунке 6 – последовательные прогностические карты областей риска образования ПМЦ, рассчитанные для той же акватории, на те же сроки. На рисунке 7 – последовательные прогностические поля модуля приземного ветра для той же ситуации.

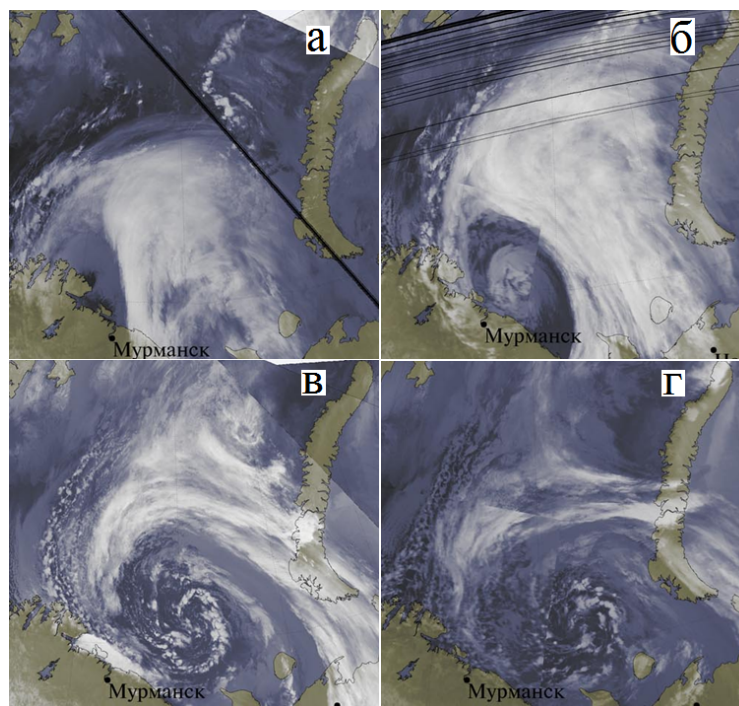


Рисунок 5. Спутниковые изображения акватории Баренцева моря с ПМЦ 14.02.2022 г. в 7:57 UTC (а) и 16:08-17:51 UTC (б), 15.02.2022 г. в 7:45 UTC (в) и 17:39 (г)

Из рисунка 6 видно, что область высокой вероятности обнаружения ПМЦ (вероятность более 80%) располагалась непосредственно в зоне реального положения мезоциклона в соответствующие моменты времени. Необходимо отметить, что если первое спутниковое изображение с вероятным мезоциклоном было получено в районе 8 ч UTC 14 февраля, то на прогностических картах возможный мезоциклон выявлялся уже в 2 ч UTC 14 февраля, а возможно был бы идентифицирован еще раньше при других границах области интегрирования.

На рисунке 7 в той же зоне наблюдается динамическая структура характерная для полярных мезоциклонов, которые, как отмечалось в многочисленных работах, имеют динамическую структуру подобную тропическим циклонам с минимумом скорости в центре и максимумом – на периферии. По данным метеостанций, расположенных в Мурманской области и в Ненецком автономном округе на побережье Баренцева моря 14 и 15 февраля 2022 г. фиксировались порывы ветра до 20 м/с.

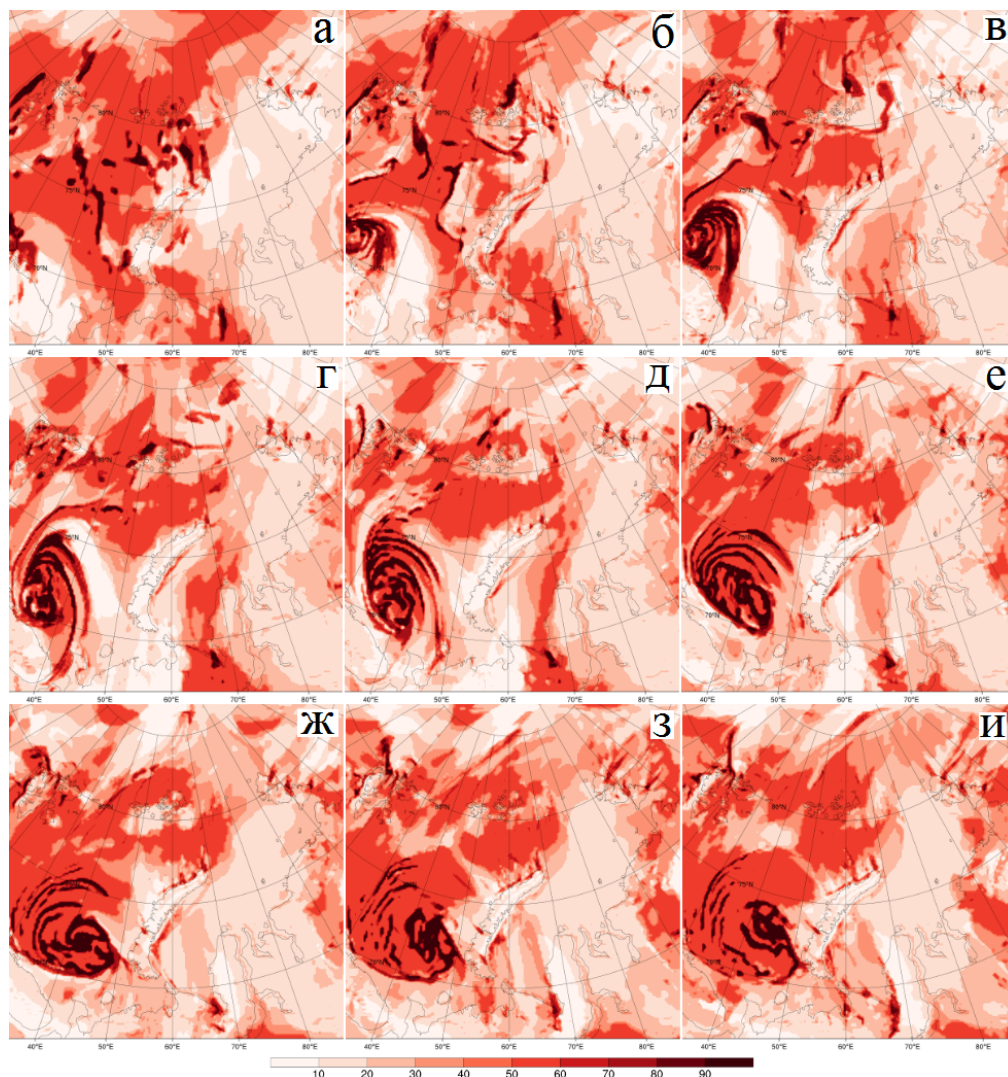


Рисунок 6. Прогностические карты от 00 ч UTC 14.02.2022 г. областей риска образования ПМЦ за период с 00 ч UTC 14.02.22 г. (а) до 18 ч UTC 15.02.22 г. (з) с интервалом в 6 ч и на 23 ч UTC 15.02.22 г. (и)

На рисунке 8 показаны спутниковые изображения района Баренцева и Карского морей (снимки с сайта НИЦ «Планета») за 17-18 мая 2022 года. На снимках идентифицируются два небольших полярных мезоциклона с горизонтальными размерами 250-300 км. Первый прослеживался с 04:51 до 18:09 UTC 17 мая 2022 г. в акватории Карского моря, второй очень короткоживущий с 14:46 до 18:09 UTC 17 мая 2022 г. в акватории Баренцева моря. В поле прогностической вероятности образования ПМЦ в местах обнаружения этих мезоциклонов идентифицировались области повышенного риска их формирования (рисунок 9). Интересно, что после распада ПМЦ в Карском море на следующий день в этой же акватории к северо-востоку от Новой Земли стал формироваться еще один мезоциклон (рисунок 8г), что согласовывалось с построенным прогнозом – до середины дня 19 мая 2022 г. в этой области прогнозировалась высокая вероятность образования ПМЦ. Что касается приземной скорости, то для первого из рассматриваемых ПМЦ модель смогла воспроизвести минимум скорости в центре мезоциклона, для второго в области его расположения отмечался очаг небольших скоростей по сравнению с ближайшим окружением, но явного минимума не наблюдалось (рисунок 10). На метеостанциях вдоль побережья Баренцева моря в первой половине дня 17 мая 2022 г. фиксировались порывы ветра до 15 м/с.

Таким образом, подводя итог представленным результатам можно сделать вывод о том, что в обоих случаях предлагаемая методика позволила построить достаточно качественный прогноз угроз образования ПМЦ. Она может быть применима для оценки риска формирования полярных мезоциклонов различных горизонтальных масштабов и времени жизни.

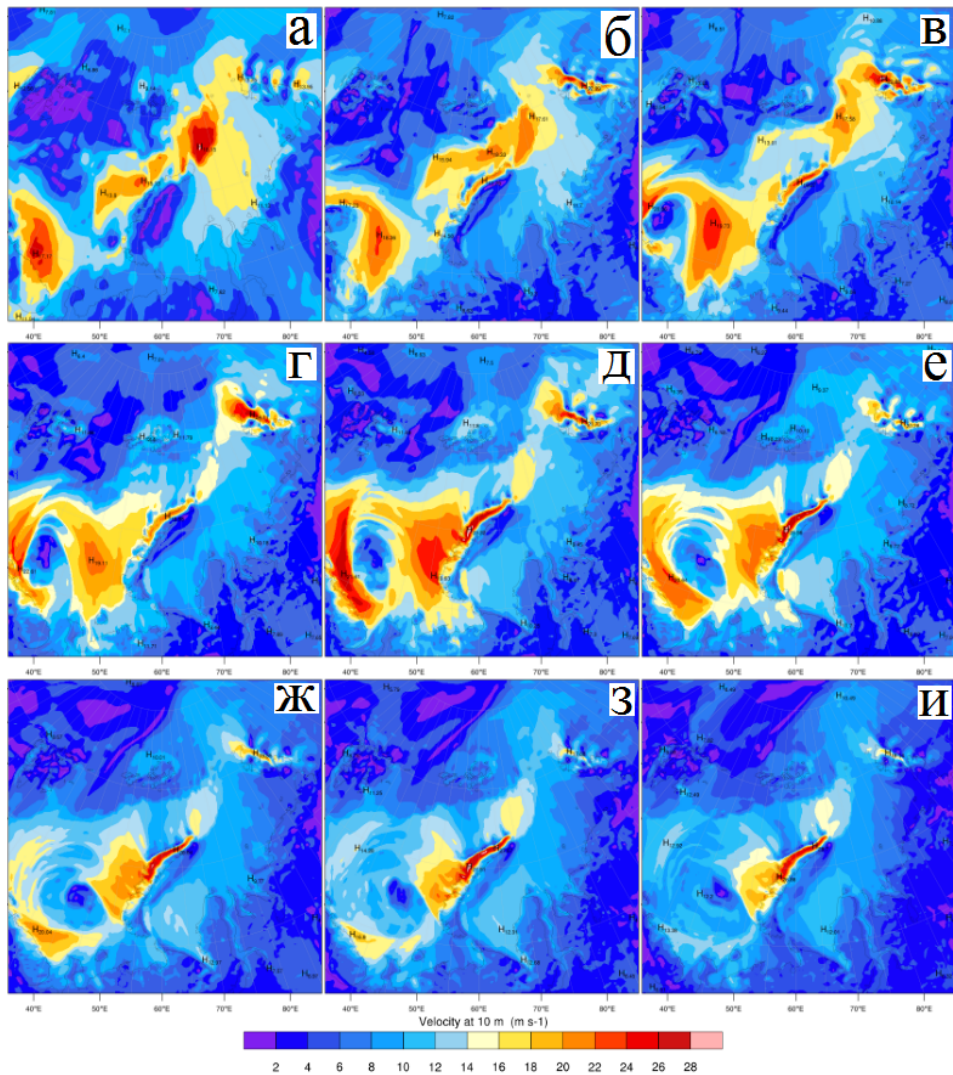


Рисунок 7. Прогностические поля модуля приземной скорости ветра от 00 ч UTC 14.02.2022 г. за период с 00 ч UTC 14.02.22 г. (а) до 18 ч UTC 15.02.22 г. (з) с интервалом в 6 ч и на 23 ч UTC 15.02.22 г. (и)

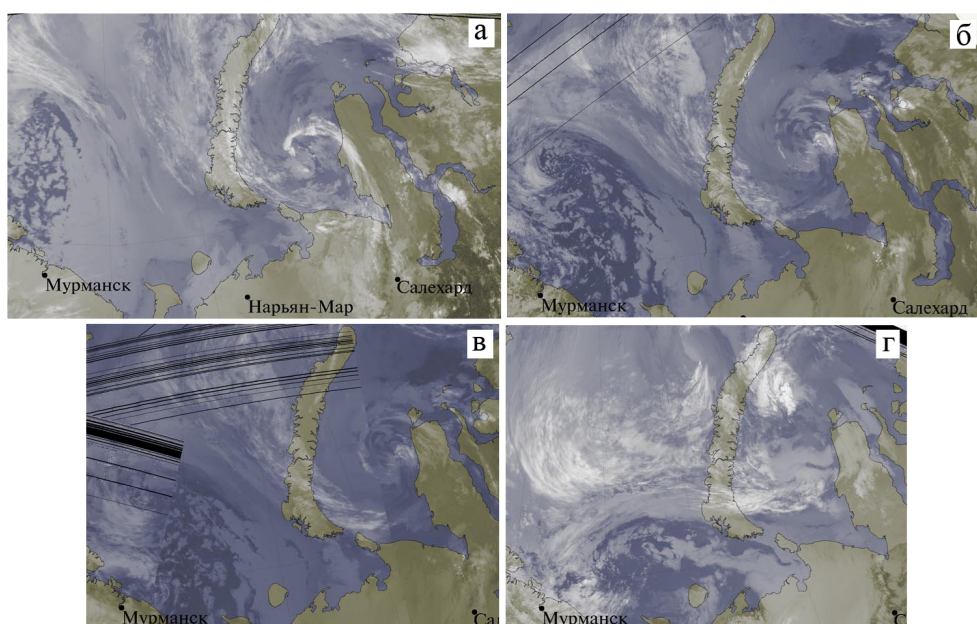


Рисунок 8. Спутниковые изображения акватории Баренцева и Карского морей с ПМЦ 17.05.2022 г. в 04:51 UTC (а), 14:46 UTC (б), 16:26-18:09 UTC (в) и 18.05.2022 в 06:20 UTC (г)

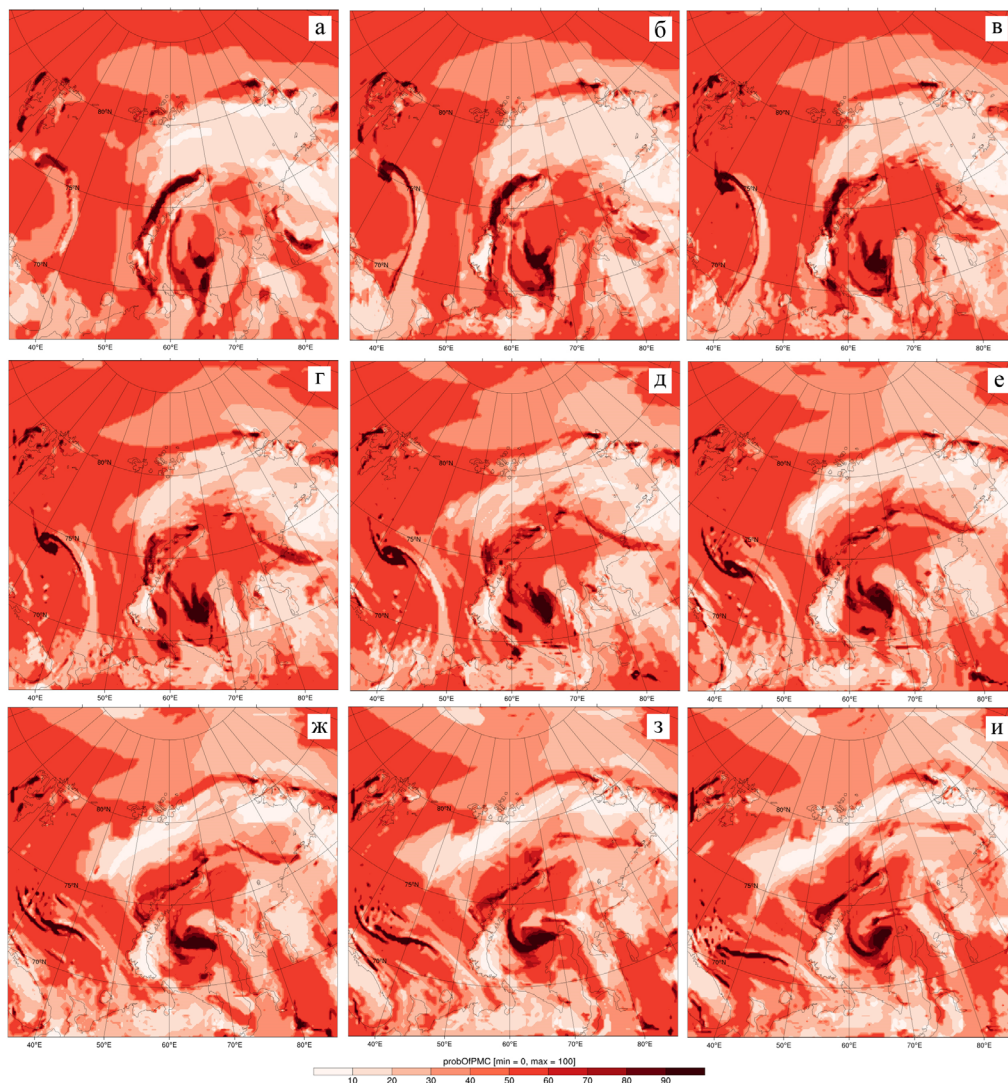


Рисунок 9. Прогностические карты от 00 ч UTC 17.05.2022 г. областей риска образования ПМЦ за период с 00 ч UTC 17.05.2022 г. (а) до 00 ч UTC 18.05.2022 г. (и) с интервалом в 3 ч.

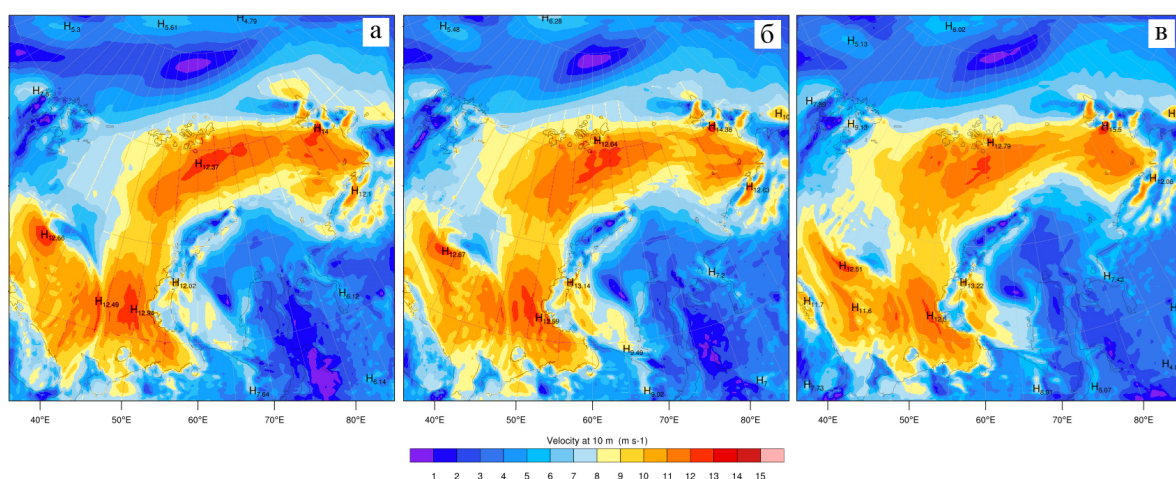


Рисунок 10. Прогностические поля модуля приземной скорости ветра от 00 ч UTC 17.05.2022 г. за период с 09 ч UTC 17.05.2022 г. (а) до 15 ч UTC 17.05.2022 г. (в) с интервалом в 3 ч.

Оценка качества прогноза

Разработанная технологическая линия была запущена в работу в тестовом режиме с ноября 2021 года. В процессе работы ведется отладка и доработка отдельных элементов системы. Была проведена существенная корректировка перечня используемых

индексов конвективной неустойчивости по сравнению с первоначальным вариантом. При этом для новых блоков индексов проводился пересчет прогностических полей вероятности обнаружения ПМЦ с момента начала работы системы.

Для оценки качества прогноза рассчитанные поля вероятности возникновения ПМЦ сопоставлялись со спутниковыми изображениями с сайта НИЦ «Планета» за те же сутки. Прогноз считался успешным при наличии совпадения по времени и месту прогностического циклона с идентифицированным на снимке. При наличии прогностического ПМЦ и отсутствии его на спутниковых изображениях за те же сутки прогноз считался ложным. При этом необходимо отметить, что за сутки, как правило, авторам были доступны всего от одного до трех одиночных или смонтированных из нескольких спутниковых изображений всей рассматриваемой акватории, полученных в разное время. Наличие ложного прогноза не означает, что ПМЦ в действительности отсутствовал. Возможно, он не был зафиксирован из-за того, что вследствие своего небольшого времени жизни успел сформироваться и диссипировать в интервале времени между двумя последовательными доступными спутниковыми изображениями. Т.е. имеет место оценка ложных прогнозов по максимуму.

В 2022 году по спутниковым изображениям с января по декабрь было идентифицировано в рассматриваемой акватории 84 полярных мезоциклонов. Оправдываемость прогноза по описанной методике в этот период составила 70%. Доля ложных прогнозов была оценена в 40%. Представляется перспективным в дальнейшем повысить качество прогноза за счет совершенствования разработанной технологии, посредством привлечения дополнительных данных.

Заключение

Разработана технологическая линия построения в оперативном режиме прогноза возникновения полярных мезоциклонов в Арктическом регионе России. Насколько известно авторам, ничего подобного в России еще не было. В настоящий момент технология проходит тестовые испытания. Как показал опыт ее пока еще относительно недолгого использования, отдельные элементы прогностической системы могут потребовать дальнейшей модификации. Тем не менее, первые результаты, полученные с ее помощью, указывают на то, что выбранные подходы по построению вероятностных прогнозов возникновения ПМЦ могут дать в дальнейшем положительный эффект, технология работоспособна и может быть востребована в оперативной практике.

Список литературы:

1. Rasmussen E., Turner J. Polar Lows. Mesoscale Weather Systems in the Polar Regions // Cambridge University Press. 2003. 612 p.
2. Яровая Д.А., Ефимов В.В. Климатологические особенности полярных мезомасштабных циклонов над восточным сектором евразийской Арктики по данным реанализа ASR. // Метеорология и Гидрология. 2022. № 4. С. 5-19.
3. Гурвич И.А., Заболотских Е.В. Мезомасштабные полярные циклоны над восточным сектором Арктики по данным мультисенсорного спутникового зондирования // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2015. Т. 12. № 3. С. 101-112.
4. Смирнова Ю.Е., Голубкин П.А. Оценка доли полярных циклонов, воспроизводимых атмосферными реанализами, с использованием различных наборов данных // Проблемы Арктики и Антарктики. 2017. № 1 (111). С.97-108.
5. Вазаева Н.В., Чхетиани О.Г., Дурнева Е.А. О критериях идентификации полярных мезоциклонов. // Метеорология и Гидрология. 2022. № 4. С. 20-33.
6. Никитин М.А., Ривин Г.С., Розинкина И.А., Чумаков М.М. Идентификация полярных циклонов над акваторией Карского моря с помощью гидродинамического моделирования. // Вести газовой науки. 2015. № 2 (22). С. 106-112.
7. Kristiansen J., Sørland S., Iversen T., Bjørge D., Køltzow M. High resolution ensemble prediction of a polar low development // Tellus A. 2011. Vol. 63. P. 585-604.
8. Мингалев И.В., Орлов К.Г., Мингалев В.С. Механизм формирования полярных циклонов и возможность их предсказания по данным спутниковых наблюдений // Космические исследования. 2012. Т. 50. № 2. С. 166-175.
9. Вазаева Н.В., Чхетиани О.Г. О вихревых критериях прогнозирования полярных мезоциклонов // Материалы IV Всероссийской научно-практической конференции «Современные тенденции и перспективы развития гидрометеорологии в России». Иркутск, 24-26 ноября 2021 г.: Изд. ИГУ, 2021. ISBN 978-5-9624-2009-7. С. 266-274.

10. Гончаров Р.И., Караваев Д.М., Колесов Б.Г., Лебедев А.Б. Классификация Арктических мезовихрей // Материалы VI Всероссийской научной конференции «Проблемы военно-прикладной геофизики и контроля состояния природной среды». Санкт-Петербург. 16–18 сентября 2020 г.: Изд. ВКА имени А.Ф. Можайского, 2020. ISBN 978-5-6042484-7-8. С. 159-164.
11. Ефимов В.В., Яровая Д.А., Комаровская О.И. Мезомасштабный полярный циклон по спутниковым данным и результатам численного моделирования // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2020. Т. 17. №. 1. С. 223-233.
12. Петриченко С. А., Калмыкова О. В., Козлов С. В. Кулижникова Л.К. Прототип автоматизированной системы прогноза возникновения полярных мезоциклонов в Арктическом регионе России // Материалы IV Международной научной конференции памяти члена-корреспондента РАН Д.Г. Матишова («Опасные явления – IV»). Ростов-на-Дону. 5–9 сентября 2022 г.: Изд. ЮНЦ РАН., 2022. ISBN 978-5-4358-0239-9. ISBN 978-5-4358-0194-1. С. 155-160.

References:

1. Rasmussen E., Turner J. Polar Lows. Mesoscale Weather Systems in the Polar Regions. Cambridge University Press, 2003, 612 p.
2. Yarovaya D.A., Efimov V.V. Climatological features of polar mesomassive cyclones over the eastern sector of the Eurasian Arctic according to ASR reanalysis. Meteorology and Hydrology, 2022, no. 4, pp. 5-19. (In Russian).
3. Gurvich I.A., Zabolotskikh E.V. Mesoscale polar cyclones over the eastern sector of the Arctic according to multisensory satellite sensing data. Modern problems of remote sensing of the Earth from space, 2015, vol. 12, no. 3, pp. 101-112. (In Russian).
4. Smirnova Yu.E., Golubkin P.A. Estimation of the proportion of polar cyclones reproduced by atmospheric reanalysis using various data sets. Problems of the Arctic and Antarctic, 2017, no.1 (111), pp. 97-108. (In Russian).
5. Vazaeva N.V., Chkhetiani O.G., Durneva E.A. On the criteria for the identification of polar mesocyclones. Meteorology and Hydrology, 2022, no. 4., pp. 20-33. (In Russian).
6. Nikitin M.A., Rivin G.S., Rozinkina I.A., Chumakov M.M. Identification of polar cyclones over the Kara Sea using hydrodynamic modeling. News of gas science, 2015, no. 2 (22), pp. 106-112. (In Russian).
7. Kristiansen J., Sørland S., Iversen T., Bjørge D., Køltzow M. High resolution ensemble prediction of a polar low development. Tellus A., 2011, vol. 63, pp. 585-604.
8. Mingalev I.V., Orlov K.G., Mingalev V.S. The mechanism of formation of polar cyclones and the possibility of their prediction based on satellite observations, Space research, 2012, vol. 50., no. 2., pp. 166-175. (In Russian).
9. Vazaeva N.V., Chkhetiani O.G. On vortex criteria for forecasting polar mesocyclones // Materials of the IV All-Russian scientific and practical conference «Modern trends and prospects for the development of hydrometeorology in Russia». Irkutsk, November 24-26, 2021, IGU Publ., 2021. ISBN 978-5-9624-2009-7, pp. 266-274. (In Russian).
10. Goncharov R.I., Karavaev D.M., Kolesov B.G., Lebedev A.B. Classification of Arctic mesovirls // Materials of the VI All-Russian scientific conference «Problems of military-applied geophysics and control of the state of the natural environment». Saint Petersburg, September 16-18, 2020, Publishing House of the A.F. Mozhaisky VKA, 2020. ISBN 978-5-6042484-7-8, pp. 159-164. (In Russian).
11. Efimov V.V., Yarovaya D.A., Komarovskaya O.I. Mesoscale polar cyclone based on satellite data and numerical simulation results. Modern problems of remote sensing of the Earth from space, 2020, vol. 17, no. 1, pp. 223-233. (In Russian).
12. Petrichenko S. A., Kalmykova O. V., Kozlov S. V. Kulizhnikova L.K. Prototype of an automated system for predicting the occurrence of polar mesocyclones in the Arctic region of Russia // Materials of the IV International Scientific Conference in memory of Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences D.G. Matishov («Dangerous phenomena - IV»). Rostov-on-Don, September 5-9, 2022. Publishing House of the UNC RAS, 2022. ISBN 978-5-4358-0239-9, ISBN 978-5-4358-0194-1, pp. 155-160. (In Russian).

Научная статья

УДК 616-092.6

DOI: 10.24412/2658-4255-2023-2-65-74



EDN: JEMEAD

Для цитирования:

Лемещенко А.В., Гурина О.И., Макаров А.Б., Берг Д.В. Патогенетическая оценка нарушения функции внешнего дыхания и её взаимосвязь с полиморфизмом гена *BDNF* у военнослужащих в экстремальных условиях Арктической зоны // Российская Арктика. 2023. Т. 5. № 2. С. 65–74. <https://doi.org/10.24412/2658-4255-2023-2-65-74>

Получена: 23.05.2023

Принята: 14.07.2023

Опубликована: 31.07.2023

For citation:

Lemeshchenko A.V., Gurina O.I., Makarov A.B., Berg D.V. Pathogenetic assessment of external respiratory function disturbance and its interrelation with *BDNF* gene polymorphism in military servicemen in extreme conditions of the Arctic zone. Russian Arctic, 2023, vol. 5, no. 2, pp. 65-74 (In Russian). <https://doi.org/10.24412/2658-4255-2023-2-65-74>

Конфликт интересов.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Финансирование.

Исследование не имело спонсорской поддержки



ПАТОГЕНЕТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА НАРУШЕНИЯ ФУНКЦИИ ВНЕШНЕГО ДЫХАНИЯ И ЕЕ ВЗАИМОСВЯЗЬ С ПОЛИМОРФИЗМОМ ГЕНА *BDNF* У ВОЕННОСЛУЖАЩИХ В ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ

А.В. Лемещенко^{1*} , О.И. Гурина² , А.Б. Макаров^{1**} , Д.В. Берг¹ 

¹ Военно-медицинская академия им. С. М. Кирова, Санкт-Петербург, Россия

² Национальный медицинский исследовательский центр психиатрии и наркологии им. В.П. Сербского, Москва, Россия

E-mail: *lav_1981@mail.ru, **m200@list.ru

Аннотация

Актуальность. До сегодняшнего времени этиопатогенез полярной гипоксии и её взаимосвязь с полиморфизмами генов до конца не изучены. **Целью** исследования является изучение патогенеза вентиляционных нарушений полярной гипоксии и их взаимосвязь с полиморфизмами генов у военнослужащих, проходящих военную службу в условиях Арктической зоны.

Материалы и методы. Обследовано 98 военнослужащих из арктического климатического пояса (выше 70°с.ш. 30-90°в.д.) и 94 человека из умеренного климатического пояса (50°с.ш. 30-90°в.д.) Военнослужащие из Арктики поделены на три группы: 1-я группа - 8 (8%) военнослужащих, стаж службы до 5 лет, 2-я группа - 21 (21%) человек - стаж от 5 до 10 лет, 3 группа - 70 (71%) лиц более 10 лет. Среднегодовые показатели атмосферного давления и температуры воздуха в климатических поясах рассчитывали на основании открытых архивных данных, полученных из ООО «Расписание погоды» gr5.ru. Сатурацию крови измеряли на пульсоксиметре «Berry BM1000B», индекс Тиффно и ОФВ₁ на спирометре «УСПЦ-01»; полиморфизм генов методом ПЦР на амплификаторе ДТ-Прайм.

Результаты. У военнослужащих в Арктической зоне выявлено снижение показателя сатурации крови на 1,1%, снижение уровня ОФВ₁ и индекса Тиффно на 13,9% и 7,2% соответственно в сравнении с лицами из умеренного климатического пояса (p<0,01). Показатель индекса Тиффно был снижен у военнослужащих с генотипом А/А гена *BDNF* (rs6265) (p <0,01).

Заключение. В Арктической зоне (выше 70°с.ш. 30-90°в.д.) у военнослужащих выявлен обструктивный тип вентиляционных нарушений и гипоксемия с инертностью долговременных защитно-приспособительных реакций на гипоксию и холод. Военнослужащие с генотипом А/А гена *BDNF* (rs6265) менее адаптированы к условиям полярной гипоксии и холоду в арктическом климатическом поясе.

Ключевые слова: Арктика, сатурация, *BDNF*, rs6265, полярная гипоксия, гипоксемия, функция внешнего дыхания, климат

PATHOGENETIC ASSESSMENT OF EXTERNAL RESPIRATORY FUNCTION DISTURBANCE AND ITS INTERRELATION WITH *BDNF* GENE POLYMORPHISM IN MILITARY SERVICEMEN IN EXTREME CONDITIONS OF THE ARCTIC ZONE

A.V. Lemeshchenko^{1*} , O.I. Gurina² , A.B. Makarov^{1**} , D.V. Berg¹ 

¹ Military Medical Academy named after S. M. Kirov, St. Petersburg, Russia

² National Medical Research Center for Psychiatry and Narcology named after N.N. V.P. Serbian, Moscow, Russia

E-mail: *lav_1981@mail.ru, **m200@list.ru

Abstract

Relevance. To date, the etiopathogenesis of polar hypoxia and its relationship with polymorphisms genes have not been fully studied.

The aim of the study is to study the pathogenesis of ventilation disorders and polar hypoxia and their relationship with gene polymorphisms in military personnel serving in the Arctic zone.

Materials and methods. 98 servicemen from the Arctic climate zone (above 70°N 30-90°E) and 94 people from the temperate climate zone (50°N 30-90°E) were examined. into three groups: 1st group - 8 (8%) military personnel, length of service up to 5 years, 2nd group - 21 (21%) people - experience from 5 to 10 years, 3rd group - 70 (71%) persons over 10 years. The average annual indicators of atmospheric pressure and air temperature in climatic zones were calculated on the basis of open archival data obtained from LLC Weather Schedule rp5.ru. Blood saturation was measured on a Berry BM1000B pulse oximeter, Tiffno index and FEV₁ on a USPTs-01 spirometer; gene polymorphism by PCR on a DT-Prime amplifier.

Results. Military personnel in the Arctic zone showed a decrease in blood saturation by 1.1 %, a decrease in the level of FEV₁ and the Tiffno index by 13.9 % and 7.2 %, respectively, compared with persons from the temperate climate zone ($p < 0.01$). The Tiffno index was reduced in military personnel with the A/A genotype of the *BDNF* gene (rs6265) ($p < 0.01$).

Conclusion. In the Arctic zone (above 70°N 30-90°E) military personnel have an obstructive type of ventilation disorders and hypoxemia with inertia of long-term protective and adaptive reactions to hypoxia and cold. Servicemen with the A/A genotype of the *BDNF* gene (rs6265) are less adapted to the conditions of polar hypoxia and cold in the Arctic climate zone.

Keywords: Arctic, saturation, *BDNF*, rs6265, polar hypoxia, hypoxemia, respiratory function, climate

Введение

В связи с изменившейся внешнеполитической и экономической ситуацией в мире, перед Вооруженными Силами Российской Федерации стоят первоочередные задачи поддержания высокой мобилизационной и боевой готовности войск в разных климатических условиях [1]. При выполнении поставленных задач в Арктике военнослужащие подвергаются воздействию экстремальных климатогеофизических, экологических, психологических факторов среды и условий военного труда [1]. Наблюдаемые при этом изменения в организме военнослужащих запускают механизмы фенотипической адаптации на уровне разных функциональных систем. Одним из лимитирующих факторов адаптации человека к высоким широтам относится «полярная одышка», или «циркумпольный гипоксический синдром». Природа этого явления до конца не ясна [2, 3]. Однако более правильно рассматривать его как системное явление, связанное с изменениями не только внешнего дыхания, но и периферических механизмов транспорта кислорода, включая состояния эритроцитарных мембран и окислительных процессов в тканях [2, 3].

Генез полярной гипоксии сложен и до конца не изучен и, по представлению исследователей, может иметь несколько причин. Так, по мнению ряда авторов [4, 5], гипоксия на Крайнем Севере вызвана кислородной разреженностью воздуха при геомагнитных бурях. По мнению В.И. Хаснулина [6, 7] полярная гипоксия носит метаболический характер и связана с нарушением активности дыхательных ферментов. Некоторые исследователи [8, 9] приходят к выводу, что полярная гипоксия связана с погодной гипероксией, возникающей на фоне сочетания гипотермии с гипербарией, что обуславливает развитие экзогенной гипербарической гипероксической гипоксии на фоне патогенно высокого парциального давления кислорода во вдыхаемом воздухе. Это приводит к значительному повышению напряжения кислорода в различных тканях организма и ведет к окислительной деструкции внутриклеточных митохондриальных структур, что угнетает тканевое дыхание или снижает эффективность улавливания клеткой свободной энергии при биологическом окислении [10]. Другие

авторы [3, 6] утверждают, что полярная гипоксия связана с нарушением систем доставки кислорода к тканям, в первую очередь это связано с изменением структуры эритроцитарных мембран и скорости диффузии через них кислорода и углекислого газа. Одним из механизмов этого явления является активация процессов перекисного окисления ненасыщенных жирных кислот, структурных компонентов эритроцитарных мембран, и ослабление в условиях северного стресса системы антиоксидантной защиты. Ряд авторов [3, 11] высказывает мнение, что полярная гипоксия обусловлена повышенным потреблением тканями кислорода, потенцированным повышением энергетического обмена и переключением с углеводного типа на липидный в ходе адаптации к холоду на фоне увеличенной продукции кортизола и адреналина.

Таким образом, генез полярной гипоксии сложен и до конца не изучен. С одной стороны он обусловлен экзогенными причинами, связанными с особенностями вдыхаемого воздуха, а также нарушениями в респираторной системе, приводящими к снижению поступления кислорода в легкие, с другой стороны с повреждением систем доставки кислорода к тканям, повышением кислородного запроса тканей. Изучение взаимоотношений между генотипом и фенотипом могут дать больше данных об эволюционных и механистических основах физиологической адаптации к гипоксии окружающей среды [12].

В условиях нормобарической гипоксии изменение температуры окружающей среды может напрямую влиять на конформацию и структуру белков, которые входят в состав клеточных мембран и обуславливают их проницаемость для различных ионов, формирующих мембранный потенциал [13, 14, 15]. Кодирование информации о структуре белковых ионных каналов рецепторов определяется различными вариантами полиморфного гена. Однако недостаточность молекулярно-генетических сведений о типах терморецепторов у людей с различными генотипами создает проблемы в понимании механизмов функциональной перестройки рецепторов, их активности и адаптации [15].

Целью исследования является изучение патогенеза вентиляционных нарушений и полярной гипоксии и их взаимосвязь с полиморфизмами генов у военнослужащих, проходящих военную службу в условиях Арктической зоны.

Материалы и методы

Для достижения поставленной цели обследовано 98 военнослужащих, проходящих военную службу в условиях арктического климатического пояса (выше 70° с.ш. 30-90° в.д.) в возрасте 28-40 лет ($35,0 \pm 6,6$). В группу сравнения вошли 94 военнослужащих из умеренного климатического пояса (50° с.ш. 30-90° в.д.) в возрасте 28-40 лет ($30,5 \pm 7,7$).

Военнослужащие, проходящие службу в арктическом климатическом поясе поделены на три группы исследования: 1-я группа представлена 8 (8%) военнослужащими, стаж службы которых составил до 5 лет, 2-я группа – 21 (21%) от 5 до 10 лет, 3 группа – 70 (71%) более 10 лет.

В целях объективизации анализа полученных результатов были исключены из исследования следующие:

- лица моложе 20 и старше 45 лет;
- с заболеваниями сердечно-сосудистой системы (острыми и хроническими);
- с нервными и психическими заболеваниями (острыми и хроническими);
- лица с вредными привычками (курящие).

Исследование проводили одномоментно после подписания личного информированного согласия респондентами и одобрения независимого этического комитета при Военно-медицинской академии имени С.М. Кирова.

Среднегодовые показатели атмосферного давления и температуры воздуха в климатических поясах рассчитывали на основании открытых архивных данных, полученных из ООО «Расписание погоды» rp5.ru.

Измерение показателя сатурации крови проводилось на пульсоксиметре «Berry VM1000B», Германия. Для диагностики нарушений вентиляционной способности легких использовался метод спирометрии, который проводился на спирометре «УСПЦ-01», МИТК-М, г. Москва «Спиро-спектр». Оценивались ОФV₁ (объем форсированного выдоха за 1 секунду) и индекс Тиффно (отношение ОФV₁/ЖЕЛ).

По результатам предварительного анализа научной литературы и биоинформационного анализа однонуклеотидных полиморфизмов (SNP) [16], нами были отобраны 9 полиморфизмов в 9 генах для исследования их взаимосвязи с отдельными показателями фенотипической адаптации личного состава ВС РФ в условиях Арктической зоны. Венозную кровь для выявления полиморфизма брали натощак в пробирки с

антикоагулянт – этилендиаминтетрауксусной кислотой. Экстракцию нуклеиновых кислот из цельной крови выполняли набором «Биолабмикс» для выделения геномной ДНК из клеток, тканей и крови. Для определения полиморфизмов методом полимеразной цепной реакции в режиме реального времени использовались наборы реагентов «Синтол» и «ТестГен» (Россия). Генотипирование образцов геномной ДНК исследуемых образцов проводилось в режиме реального времени на амплификаторе ДТ-Прайм (ДНК-Технология).

Технической базой для проведения математической и статистической обработки служил персональный компьютер Mac OS. Базу данных формировали в электронных таблицах при помощи программы Microsoft Excel 2019. Статистическую обработку данных производили с использованием IBM SPSS Statistics, версия 26. Проверка на соответствие нормальному распределению всех количественных показателей проводилась с помощью критерия Шапиро-Уилка. Значения количественных переменных приведены в виде среднего арифметического значения и стандартного отклонения. Для качественных данных основной характеристикой являлось число объектов с данным конкретным значением критерия и проценты как относительное доленое выражение от общего числа объектов в группах по столбцу. Оценка значимости различий средних значений количественных показателей, имеющих нормальное распределение между двумя группами выполнялась при помощи t-теста Стьюдента с поправкой Уэлча, между тремя группами, произведена при помощи однофакторного дисперсионного анализа (ANOVA). Для переменных, распределение которых отличалось от нормального, использовался непараметрический U-критерий Манна-Уитни (для 2-х групп) и тест Краскела-Уоллиса (для 3-х групп). Post-hoc сравнения не проводились. Проверка гипотезы о происхождении групп, сформированных по качественному признаку из одной и той же популяции, проводилась на основе построения таблиц сопряженности наблюдаемых и ожидаемых частот с применением критерия Хи-квадрат Пирсона. Для зависимых дискретных переменных использовалась регрессия Пуассона с представлением результатов в виде относительного риска с 95%-м доверительным интервалом. Различия признавались значимыми, если двусторонний показатель p-value был меньше 0,05.

Результаты

С целью выявления типа нарушения вентиляционных нарушений и гемической гипоксии были определены основные показатели функции внешнего дыхания и сатурация крови у военнослужащих разных климатических поясов (таблица 1).

Таблица 1.

Климатогеографические данные, показатели функции внешнего дыхания и сатурации крови у военнослужащих, проходящих военную службу в различных климатических поясах

Показатели	Климатический пояс		p
	Арктический	Умеренный	
Высота над уровнем моря, м	7	158	
Атмосферное давление, мм рт. ст., M ± SD	752 ± 4,8	747 ± 5,2	0,340
Температура воздуха, °C, M ± SD	-4,5 ± 9,6	7,4 ± 13,6	0,001
Относительная влажность воздуха, %, M ± SD	68 ± 14,1	74 ± 10,3	0,152
SpO2 (%), M ± SD	96,6 ± 1,4	97,7 ± 1,0	0,001
n (%)	Норма	83 (84,7)	0,001
	Артериальная гипоксемия	15 (15,3)	
ЖЕЛ (л), M ± SD	4,1 ± 0,8	5,3 ± 0,6	0,001
ОФВ ₁ (л), M ± SD	3,2 ± 0,7	3,6 ± 0,7	0,001
Индекс Тиффно (%), M ± SD	79,2 ± 17,3	84,5 ± 12,9	0,001

Как видно из таблицы 1, у военнослужащих, проходящих службу в Арктической зоне температура воздуха была снижена в 2,6 раза в сравнении с умеренным климатическим поясом при p < 0,01. Одновременно, наблюдалось уменьшение показателя сатурации крови на 1,1% в сравнении с группой из умеренной климатической зоны (p < 0,01) и у 15 лиц это значение находилось ниже нормы – 96%. Уровни ОФВ₁ и индекса

Тиффно были снижены у военнослужащих в Арктической зоне на 13,9% и 7,2% соответственно в сравнении с лицами из умеренной климатической зоны при $p < 0,01$. Причем, в арктическом климатическом поясе лица с показателем индекса Тиффно $< 77,9\%$ составили – 76 человек или 77,6%.

Показатели динамики нарушения функции внешнего дыхания в условиях полярной гипоксии у военнослужащих, проходящих военную службу в условиях арктического климатического пояса в зависимости от продолжительности военной службы представлены в таблице 2.

Таблица 2.

Показатели функции внешнего дыхания у военнослужащих, проходящих службу в арктическом климатическом поясе в зависимости от продолжительности военной службы

Показатели		Продолжительность военной службы по группам			p
		<5 лет	5–10 лет	>10 лет	
ЖЕЛ (л), М ± SD		4,0 ± 0,9	3,9 ± 0,4	4,2 ± 0,9	0,103
ОФV ₁ (л), М ± SD		3,1 ± 0,9	3,1 ± 0,6	3,3 ± 0,7	0,466
Индекс Тиффно (%), М ± SD		78,2 ± 21,0	80,5 ± 16,9	79,0 ± 17,2	0,917
Градации снижения индекса Тиффно, n (%)	Умеренное (58,7 – 65,1%)	5 (62,5)	13 (61,9)	44 (63,8)	0,998
	Легкое (65,2 – 71,5%)	1 (12,5)	3 (14,3)	7 (10,1)	
	Очень легкое (71,6 – 77,8%)	0 (0,0)	1 (4,8)	2 (2,9)	
	Норма (>77,9%)	2 (25,0)	4 (19,0)	16 (23,2)	

Показатели функции внешнего дыхания (ОФV₁, индекс Тиффно) в группах военнослужащих разной продолжительности военной службы в Арктике достоверно не различались (табл. 2). Это указывает на то, что долгосрочная защитно-компенсаторная реакция организма человека инертна к полярной гипоксии и холоду. Предположительно, это связано с резкими сезонными климатогеофизическими колебаниями факторов окружающей среды при которых не успевают сформироваться долгосрочные защитно-компенсаторные реакции организма.

При исследовании выборки нами была проанализирована взаимосвязь 9 полиморфизмов генов с показателями функции внешнего дыхания в арктическом климатическом поясе (табл. 3).

Таблица 3.

Взаимосвязь полиморфизма генов с показателями функции внешнего дыхания у военнослужащих, проходящих службу в арктическом климатическом поясе

Показатели	Полиморфизмы генов			p
	BDNF (rs6265)			
	G/G	G/A	A/A	
ЖЕЛ (л), М ± SD	4,0 ± 0,8	4,2 ± 0,8	4,6 ± 0,9	0,289
ОФV ₁ (л), М ± SD	3,3 ± 0,7	3,2 ± 0,6	2,9 ± 1,0	0,424
Индекс Тиффно (%), М ± SD	82,5 ± 15,5	78,5 ± 16,8	63,6 ± 21,7	0,035
Патология индекса Тиффно, n (%) (<77,9%)	43 (43,9%)	29 (29,6%)	4 (4,0%)	0,007
	ACE (rs4646994)			
	I/I	I/D	D/D	
ЖЕЛ (л), М ± SD	3,8 ± 0,9	4,0 ± 0,8	4,3 ± 0,9	0,089
ОФV ₁ (л), М ± SD	3,0 ± 0,7	3,2 ± 0,7	3,5 ± 0,6	0,070
Индекс Тиффно (%), М ± SD	78,2 ± 18,5	78,9 ± 17,3	81,0 ± 16,3	0,775
Патология индекса Тиффно, n (%) (<77,9%)	23 (23,5%)	34 (34,7%)	19 (19,4%)	0,900

Показатели	Полиморфизмы генов			p
	ACTN3 (rs1815739)			
	C/C	C/T	T/T	
ЖЕЛ (л), M ± SD	4,2 ± 1,0	4,0 ± 0,8	3,8 ± 0,9	0,128
ОФВ ₁ (л), M ± SD	3,3 ± 0,7	3,2 ± 0,7	3,0 ± 0,8	0,251
Индекс Тиффно (%), M ± SD	78,0 ± 18,5	80,5 ± 16,0	78,9 ± 18,4	0,969
Патология индекса Тиффно, n (%) (<77,9%)	29 (29,6 %)	33 (33,7 %)	11 (11,2 %)	0,783
	HTR2A (rs6313)			
	C/C	C/T	T/T	
ЖЕЛ (л), M ± SD	4,2 ± 0,9	4,0 ± 0,6	4,0 ± 1,0	0,328
ОФВ ₁ (л), M ± SD	3,3 ± 0,8	3,2 ± 0,7	3,0 ± 0,7	0,595
Индекс Тиффно, M ± SD	78,9 ± 18,4	80,8 ± 15,7	74,9 ± 19,4	0,649
Патология индекса Тиффно, n (%) (<77,9%)	28 (28,6%)	38 (38,8%)	10 (10,2%)	0,343
	MCAD (rs11161510)			
	T/T	T/C	C/C	
ЖЕЛ (л), M ± SD	4,6 ± 0,9	4,1 ± 0,8	4,0 ± 0,9	0,078
ОФВ ₁ (л), M ± m	3,4 ± 0,9	3,1 ± 0,8	3,3 ± 0,6	0,347
Индекс Тиффно (%), M ± SD	74,2 ± 18,3	75,8 ± 17,9	81,8 ± 16,6	0,196
Патология индекса Тиффно, n (%) (<77,9%)	3 (3,1%)	25 (25,5%)	48 (49,0%)	0,159
	SCAD (rs2014355)			
	T/T	T/C	C/C	
ЖЕЛ (л), M ± SD	4,4 ± 0,8	3,9 ± 0,9	4,1 ± 0,8	0,533
ОФВ ₁ (л), M ± SD	3,3 ± 0,7	3,1 ± 0,7	3,3 ± 0,8	0,633
Индекс Тиффно (%), M ± SD	78,0 ± 17,1	80,4 ± 18,0	80,6 ± 16,8	0,687
Патология индекса Тиффно, n (%) (<77,9%)	37 (37,8%)	28 (28,6%)	11 (11,2%)	0,433
	NOS3 (rs1799983)			
	G/G	G/T	T/T	
ЖЕЛ (л), M ± SD	4,1 ± 0,8	4,2 ± 0,9	4,4 ± 0,9	0,777
ОФВ ₁ (л), M ± SD	3,2 ± 0,7	3,2 ± 0,8	3,4 ± 0,9	0,877
Индекс Тиффно (%), M ± SD	80,0 ± 15,4	78,6 ± 20,2	76,7 ± 10,2	0,569
Патология индекса Тиффно, n (%) (<77,9%)	40 (40,8%)	35 (35,7%)	4 (4,1%)	0,757
	FADS1 (rs174537)			
	A/A	A/C	C/C	
ЖЕЛ (л), M ± SD	3,9 ± 0,7	4,0 ± 0,8	4,3 ± 0,8	0,077
ОФВ ₁ (л), M ± SD	2,8 ± 0,7	3,2 ± 0,7	3,3 ± 0,7	0,056
Индекс Тиффно (%), M ± SD	73,4 ± 20,8	80,6 ± 14,6	79,7 ± 18,1	0,516
Патология индекса Тиффно, n (%) (<77,9%)	8 (8,2%)	27 (27,6%)	41 (41,8%)	0,664
	HIF1A (rs11549465)			
	C/C	C/T	T/T	
ЖЕЛ (л), M ± SD	4,1 ± 0,8	4,2 ± 0,7	4,9 ± 1,9	0,588
ОФВ ₁ (л), M ± SD	3,2 ± 0,7	3,1 ± 0,6	2,9 ± 0,1	0,414
Индекс Тиффно (%), M ± SD	80,1 ± 16,8	75,1 ± 19,5	64,1 ± 26,7	0,281

Показатели	Полиморфизмы генов			р
Патология индекса Тиффно, n (%) (<77,9%)	67 (68,4%)	8 (8,2%)	1 (1,0%)	0,522

Как видно из таблицы 3, у военнослужащих, проходящих военную службу в арктическом климатическом поясе, независимо от генотипов полиморфизма генов был выявлен бронхоспазм (индекс Тиффно <77,9 %) при дыхании холодным воздухом. Однако, достоверная разница показателя индекса Тиффно у носителей различных генотипов была выявлена только для полиморфизма гена rs6265 – нейротрофического фактора головного мозга *BDNF*. А именно, у военнослужащих с генотипом А/А гена *BDNF* (rs6265) показатель индекса Тиффно был снижен в сравнении с другими генотипами генов полиморфизма.

Для зависимых дискретных переменных применили регрессию Пуассона с представлением результатов в виде относительного риска развития обструктивного типа нарушения функции внешнего дыхания по индексу Тиффно с 95%-м доверительным интервалом (таблица 4).

Таблица 4.

Относительный риск развития обструктивного типа нарушения функции внешнего дыхания по индексу Тиффно в зависимости от полиморфизма генов у военнослужащих арктического климатического пояса

Генотипы	Относительный риск	95% доверительный интервал	р
<i>BDNF</i> (rs6265)			
G/G	1	-	-
G/A	0,951	0,907 – 0,997	0,036
A/A	0,770	0,705 – 0,84	0,001

У носителей генотипа G/A гена *BDNF* (rs6265) вероятность иметь низкий показатель индекса Тиффно ниже нормы равен 5%, а у генотипа А/А – 23% в сравнении с генотипом G/G (р <0,05), Данные значения указывают на более высокую частоту встречаемости нарушения функции внешнего дыхания по обструктивному типу у военнослужащих с генотипом А/А гена *BDNF* (rs6265) в условиях арктического климатического пояса.

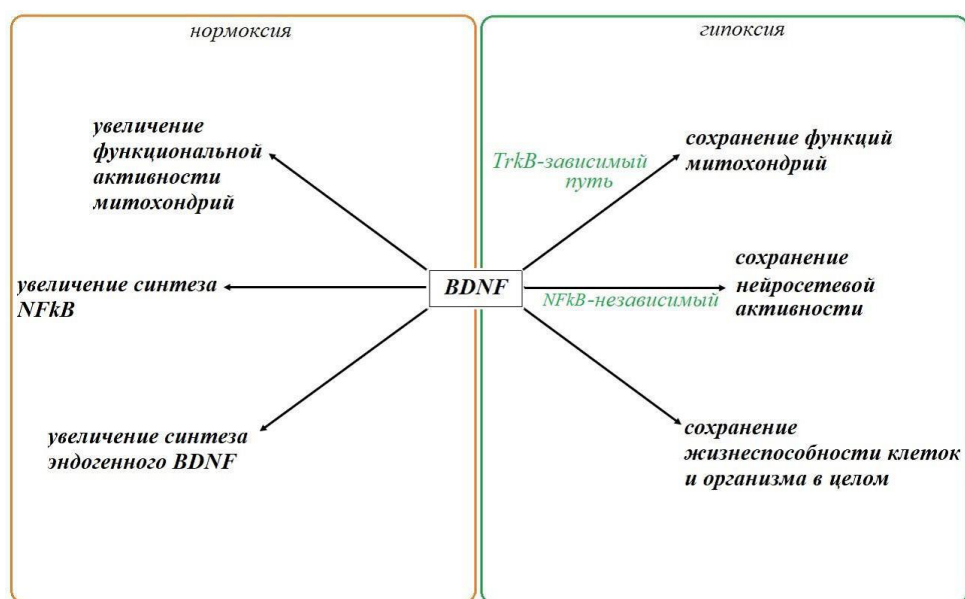


Рисунок 1. Потенциальная схема участия нейротрофического фактора головного мозга (*BDNF*) в реализации антигипоксического действия в клетках головного мозга [25]

Обсуждение

Полученные показатели функции внешнего дыхания указывают на наличие обструктивного типа нарушения вентиляции легких у военнослужащих, проходящих военную службу в арктическом климатическом поясе. По нашему мнению, этиологическим фактором в развитии полярной гипоксии у военнослужащих является бронхоспазм при дыхании холодным воздухом и как следствие снижение сатурации крови.

Ряд авторов [17, 18, 19] считает, что нормальная экспрессия гена *BDNF* влияет на оптимальное функционирование мозга, его устойчивость к стрессу и способность к адаптивной пластичности. Нейротрофины (экспрессируемые белки) могут выступать в качестве медиаторов пластичности, усиливая этот признак, который имеет решающее значение в адаптивных процессах, в том числе долгосрочных механизмах адаптации к полярной гипоксии. Среди химических веществ, потенциально способных контролировать уровень метаболизма клетки в условиях сниженного содержания кислорода, выделяется *BDNF*, который повышает устойчивость к действию острой гипобарической гипоксии и оказывает влияние на работу дыхательной цепи митохондрий посредством TrkB-сигнализации [20, 21]. По данным литературных источников, *BDNF* можно использовать в качестве антигипоксанта (рис. 1). Антигипоксический эффект реализуется за счет сохранения активности НАДН-зависимого пути окисления субстратов. Установлено что синтез эндогенного *BDNF* увеличивается на ранних сроках развития нейрон-глиальной сети, то есть в период активных метаболических процессов.

По литературным данным [22, 23, 24], ген *BDNF* может влиять на проходимость дыхательных путей, а именно регулировать сократимость гладкомышечных клеток бронхиального дерева. Экспрессируемый белок гена *BDNF* отвечал, как за нормальное функционирование дыхательных путей, так и за проявление гиперреактивности и ремоделирование бронхиального дерева при таких заболеваниях, как астма и хроническая обструктивная болезнь легких. По видимому, это связано с разновидностью полиморфизма гена *BDNF*.

Так, в нашем исследовании, военнослужащие с генотипом A/A гена *BDNF* (rs6265) менее адаптированы к условиям полярной гипоксии и холоду в арктическом климатическом поясе.

Выводы

1. В арктическом климатическом поясе у военнослужащих выявлен обструктивный тип вентиляционных нарушений и снижение сатурации крови, причиной которого, возможно, является бронхоспазм при дыхании холодным воздухом.

2. У военнослужащих различного срока службы в арктическом климатическом поясе (выше 70° с.ш. 30-90° в.д.) долговременные защитно-приспособительные реакции инертны к полярной гипоксии и холоду.

3. Военнослужащие с генотипом A/A гена *BDNF* (rs6265) менее адаптированы к условиям полярной гипоксии и холоду в арктическом климатическом поясе.

Список литературы:

1. Шестов А.В., Иванов Б.А., Бирюков М.А. Взаимосвязь показателей функционального состояния и работоспособности военнослужащих в процессе лыжного марша к Северному полюсу // Учен. записки ун-та им. П.Ф. Лесгафта. 2017. 12(154). С. 311-316.
2. Панин Л.Е. Человек в экстремальных условиях Арктики. Бюллетень СО РАМН. 2010. 30(3). С. 92-98.
3. Авцын А.П. Патология человека на Севере. 1985. Москва: Медицина. С 416.
4. Мартынюк В.С. Экспериментальная верификация электромагнитной гипотезы солнечно-биосферных связей // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия «Биология, химия». 2007. 20(59). С. 8-27.
5. Намгаладзе А.А. Математическое моделирование термосферных и ионосферных эффектов геомагнитной бури // Физика околоземного космического пространства. Мурманск: ПГИ, 2000. С. 336-360.
6. Хаснулин В.И. Современный взгляд на народную медицину Севера. Новосибирск: СО РАМН, 1999. 281с.
7. Хаснулин В.И. Введение в полярную медицину. Новосибирск: СО РАМН, 1998. 337 с.
8. Овчарова В.Ф. Гомеокинез в погодную гипоксию и гипероксию // Климат и здоровье человека: тез. докл. научн. конф. Л.: Гидрометеиздат, 1988. 2. С. 142-149.

9. Исаев А.А. Экологическая климатология. Москва: Научный мир, 2003. 472 с.
10. Борисова С.В. Рекреационный потенциал северного Кавказа // Украинський гідрометеорологічний журнал. 2008. №3. С. 67-74.
11. Коган А.Б. Экологическая физиология человека. Ростов н/Д.: Изд-во Ростовского университета, 1990. 264 с.
12. Pamerter M.E., Hall J.E., Tanabe Y., Simonson T.S. Cross-Species Insights Into Genomic Adaptations to Hypoxia // *Front Genet.* 2020. Vol. 11. P. 743. doi: 10.3389/fgene.2020.00743. PMID: 32849780; PMCID: PMC7387696.
13. Козырева Т.В., Евтушенко А.А., Воронова И.П., Храмова Г.М., Козарук В.П. Влияние острого охлаждения на экспрессию генов термочувствительных TRP ионных каналов в гипоталамусе // *Российский физиологический журнал им. И.М. Сеченова.* 2017. 103(11). С. 1260-1269.
14. Wadood A., Ur Rehman A., Shams S., Khan M., Ur Rahman T., Jamal S.B., Khan A., Ahmad A., Ali F. Homology Modeling, Molecular Dynamic Simulation and Phylogenetic Analysis of Human Transient Receptor Potential Melastatin 1 (TRPM1) // *Int. J. Comput. Bioinfo. In Silico Model.* 2014. Vol. 3, № 3. P. 381-387.
15. Медведев А.А. Соколова Л.В. Особенности и механизмы температурной чувствительности (обзор) // *Журнал медико-биологических исследований.* 2019. Т. 7. №1. С. 92-105.
16. Сайт «Национальный центр биотехнологической информации». URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/snp> (дата обращения: 16.02.2021).
17. Рудницкая Е.А., Колосова Н.Г., Стефанова Н.А. Нейротрофическое обеспечение головного мозга в онтогенезе и при развитии нейродегенеративных заболеваний // *Вестник Московского университета.* 2016. Т. 16. №4. С. 72-82.
18. Yamada K., Mizuno M., Nabeshima T. Role for brain-derived neurotrophic factor in learning and memory // *Life Sci.* 2002. 70(7). P.735-744. doi: 10.1016/s0024-3205(01)01461-8
19. Pandey G.N., Dwivedi Y., Rizavi H.S. et al. Brain-derived neurotrophic factor gene and protein expression in pediatric and adult depressed subjects. *Prog Neuropsychopharmacol Biol Psychiatry.* 2010. 34(4). С. 645-651. doi: 10.1016/j.pnpbp.2010.03.003
20. Vedunova M.V., Sakharnova T.A., Mitroshina E.V., Shishkina T.V., Astrakhanova T.A., Mukhina I.V. Antihypoxic and neuroprotective properties of BDNF and GDNF in vitro and in vivo under hypoxic conditions // *Sovremennye tehnologii v medicine.* 2014. 6(4). P. 38-47.
21. Astrakhanova T.A., Urazov M.D., Usenko A.V., Mitroshina E.V., Mishchenko T.A., Schelchkova N.A., Vedunova M.V. BDNF-mediated regulation of the brain mitochondria functional state in hypoxia // *Sovremennye tehnologii v medicine.* 2018. 10(3). P. 88-94. doi.org/10.17691/stm2018.10.3.10
22. Prakash YS, Martin RJ. Brain-derived neurotrophic factor in the airways // *Pharmacol Ther.* 2014. 143(1). P. 74-86. doi: 10.1016/j.pharmthera.2014.02.006.
23. Guo Z, Liu L, Li S, Xu B, Xu Y, Li H. Effect of BDNF on airway inflammation in a rat model of COPD // *Exp Ther Med.* 2021. 22(4). 1116 p. doi: 10.3892/etm.2021.10550.
24. Braun A, Lommatzsch M, Neuhaus-Steinmetz U, Quarcoo D, Glaab T, McGregor GP, Fischer A, Renz H. Brain-derived neurotrophic factor (BDNF) contributes to neuronal dysfunction in a model of allergic airway inflammation // *Br J Pharmacol.* 2004. 141(3). P. 431-440. doi: 10.1038/sj.bjp.0705638.
25. Астраханова Т.А. Механизмы BDNF-опосредованной адаптации нервной системы к действию гипоксии: дис. ... канд. биол. наук: 03.03.01 / Татьяна Александровна Астраханова. Нижний Новгород, 2019. 102 с.

References:

1. Shestov A.V., Ivanov B.A., Biryukov M.A. Vzaimosvyaz' pokazatelej funkcional'nogo sostoyaniya i rabotosposobnosti voennosluzhashchih v processe lyzhnogo marsha k Severnomu polyusu. *Uchen. zapiski un-ta im. P.F. Lesgafta,* 2017, 12(154), pp. 311-316. (In Russian).
2. Panin L.E. Chelovek v ekstremal'nyh usloviyah Arktiki. *Byulleten' SO RAMN,* 2010, 30(3), pp. 92-98. (In Russian).
3. Авсун А.Р. Патология человека на Севере. Moscow, *Medicina,* 1985, 416 p. (In Russian).
4. Martynyuk V.S. Eksperimental'naya verifikaciya elektromagnitnoj gipotezy solnechno-biosfernyh svyazej. *Uchenye zapiski Tavricheskogo nacional'nogo universiteta im. V.I. Vernadskogo - Seriya «Biologiya, himiya»,* 2007, 20 (59), pp. 8-27. (In Russian).

5. Namgaladze A.A. Matematicheskoe modelirovanie termosfernnyh i ionosfernnyh effektov geomagnitnoj buri. Fizika okolozemnogo kosmicheskogo prostranstva. Murmansk, 2000, pp. 336-360. (In Russian).
6. Hasnulin V.I. Sovremennyy vzglyad na narodnuyu medicinu Severa. Novosibirsk, SO RAMN, 1999, 281 p. (In Russian).
7. Hasnulin V.I. Vvedenie v polyarnuyu medicinu. Novosibirsk, SO RAMN, 1998, p. 337. (In Russian).
8. Ovcharova V.F. Gomeokinez v pogodnuyu gipoksiyu i giperoksiyu. Klimat i zdorov'e cheloveka: tez. dokl. nauchn. konf. L., Gidrometeoizdat Publ., 1988, 2, pp. 142-149. (In Russian).
9. Isaev A.A. Ekologicheskaya klimatologiya. Moscow, Nauchnyj mir, 2003, p. 472. (In Russian).
10. Borisova S.V. Rekreativnyj potencial severnogo Kavkaza. Ukraïns'kij gidrometeorologichnij zhurnal, 2008, 3, p. 67-74.
11. Kogan A.B. Ekologicheskaya fiziologiya cheloveka. Rostov-on-Don., Publ. Rostovskogo universiteta, 1990, 264 p. (In Russian).
12. Pamerter M.E., Hall J.E., Tanabe Y., Simonson T.S. Cross-Species Insights Into Genomic Adaptations to Hypoxia. *Front Genet*, 2020, no. 11, 743 p. doi: 10.3389/fgene.2020.00743. PMID: 32849780; PMCID: PMC7387696.
13. Kozyreva T.V., Evtushenko A.A., Voronova I.P., Hramova G.M., Kozaruk V.P. Vliyanie ostrogo ohlazhdeniya na ekspressiyu genov termochuvstvitel'nyh TRP ionnyh kanalov v gipotalamuse. *Rossijskij fiziologicheskij zhurnal im. I.M. Sechenova*, 2017, 103(11), pp. 1260-1269. (In Russian).
14. Wadood A., Ur Rehman A., Shams S., Khan M., Ur Rahman T., Jamal S.B., Khan A., Ahmad A., Ali F. Homology Modeling, Molecular Dynamic Simulation and Phylogenetic Analysis of Human Transient Receptor Potential Melastatin 1 (TRPM1). *Int. J. Comput. Bioinfo. In Silico Model*. 2014, vol. 3, no 3, pp. 381-387.
15. Medvedev A.A., Sokolova L.V. Osobennosti i mekhanizmy temperaturnoj chuvstvitel'nosti (obzor). *ZHurnal mediko-biologicheskikh issledovanij*. 2019, 7(1), pp. 92-105. (In Russian).
16. Sajt "Nacional'nyj centr biotekhnologicheskoy informacii". (In Russian). Available at: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/snp>. (accessed: 16.02.2021).
17. Rudnickaya E.A., Kolosova N.G., Stefanova N.A. Nejrotroficheskoe obespechenie golovnogo mozga v ontogeneze i pri razvitii nejrodegenerativnyh zabolevanij. *Vestnik Moskovskogo universiteta*, 2016, 16(4), pp. 72-82. (In Russian).
18. Yamada K., Mizuno M., Nabeshima T. Role for brain-derived neurotrophic factor in learning and memory. *Life Sci.*, 2002, 70(7), pp. 735-744, doi: 10.1016/s0024-3205(01)01461-8
19. Pandey G.N., Dwivedi Y., Rizavi H.S. et al. Brain-derived neurotrophic factor gene and protein expression in pediatric and adult depressed subjects. *Prog Neuropsychopharmacol Biol Psychiatry*, 2010, 34(4), pp. 645-651, doi: 10.1016/j.pnpbp.2010.03.003
20. Vedunova M.V., Sakharnova T.A., Mitroshina E.V., Shishkina T.V., Astrakhanova T.A., Mukhina I.V. Antihypoxic and neuroprotective properties of BDNF and GDNF in vitro and in vivo under hypoxic conditions. *Sovremennye tehnologii v medicine*, 2014, 6(4), pp.38-47. (In Russian).
21. Astrakhanova T.A., Urazov M.D., Usenko A.V., Mitroshina E.V., Mishchenko T.A., Schelchkova N.A., Vedunova M.V. BDNF-mediated regulation of the brain mitochondria functional state in hypoxia. *Sovremennye tehnologii v medicine*, 2018, 10(3), pp. 88-94. (In Russian). doi.org/10.17691/stm2018.10.3.10
22. Prakash YS, Martin RJ. Brain-derived neurotrophic factor in the airways. *Pharmacol Ther.*, 2014, 143(1), pp. 74-86, doi: 10.1016/j.pharmthera.2014.02.006.
23. Guo Z, Liu L, Li S, Xu B, Xu Y, Li H. Effect of BDNF on airway inflammation in a rat model of COPD. *Exp Ther Med.*, 2021, 22(4), pp. 1116, doi: 10.3892/etm.2021.10550.
24. Braun A, Lommatzsch M, Neuhaus-Steinmetz U, Quarcoo D, Glaab T, McGregor GP, Fischer A, Renz H. Brain-derived neurotrophic factor (BDNF) contributes to neuronal dysfunction in a model of allergic airway inflammation. *Br J Pharmacol*, 2004, 141(3), pp. 431-440, doi: 10.1038/sj.bjp.0705638.
25. Astrahanova T.A. Mekhanizmy BDNF-oposredovannoj adaptacii nervnoj sistemy k dejstviyu gipoksii: dis. ... kand. biol. nauk: 03.03.01 / Tat'yana Aleksandrovna Astrahanova, Nizhnij Novgorod, 2019, 102 p. (In Russian).

Научная статья

УДК 613.6:658.51

DOI: 10.24412/2658-4255-2023-2-75-83



EDN: JJYQCG

Для цитирования:

Хлоповских Ю.Г., Корнейчук К.А., Мартинович Н.В., Ломаева Т.А., Фурсов А.И. Деятельность диспетчера пункта связи пожарно-спасательного подразделения в условиях Арктической зоны Российской Федерации// Российская Арктика. 2023. Т. 5. № 2. С. 75–83.

<https://doi.org/10.24412/2658-4255-2023-2-75-83>

Получена: 23.05.2023

Принята: 14.07.2023

Опубликована: 28.07.2023

For citation:

Khlopovskikh Yu.G., Korneychuk Ch.A., Martinovich N.V., Lomaeva T.A., Fursov A.I.

The activity of the dispatcher of the communication point of the fire and rescue unit in the conditions of the Arctic zone of the Russian Federation.

Russian Arctic, 2023, vol. 5, no. 2, pp. 75-83. (In Russian).

<https://doi.org/10.24412/2658-4255-2023-2-75-83>

Конфликт интересов.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Финансирование.

Исследование не имело спонсорской поддержки



ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ДИСПЕТЧЕРА ПУНКТА СВЯЗИ ПОЖАРНО-СПАСАТЕЛЬНОГО ПОДРАЗДЕЛЕНИЯ В УСЛОВИЯХ АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Ю.Г. Хлоповских¹, К.А. Корнейчук^{1*}, Н.В. Мартинович¹, Т.А. Ломаева², А.И. Фурсов²

¹ Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, Железнодорожск, Россия

² Академия ГПС МЧС России, Москва, Россия

E-mail: *korneychuk@sibpsa.ru

Аннотация

В статье рассмотрены особенности деятельности диспетчера пункта связи пожарно-спасательного подразделения в условиях Арктической зоны Российской Федерации. Определены характеристики служебной деятельности, обусловленные спецификой климато-экологической среды, и их влияние на функциональное и психологическое состояние диспетчера пункта связи части. Разработаны перспективные направления оптимизации деятельности диспетчера пункта связи пожарно-спасательного подразделения в Арктической зоне.

Ключевые слова: пожарно-спасательное подразделение, диспетчер, Арктическая зона Российской Федерации, психоэмоциональное состояние диспетчера

THE ACTIVITY OF THE DISPATCHER OF THE COMMUNICATION POINT OF THE FIRE AND RESCUE UNIT IN THE CONDITIONS OF THE ARCTIC ZONE OF THE RUSSIAN FEDERATION

Yu.G. Khlopovskikh¹, Ch.A. Korneychuk^{1*}, N.V. Martinovich¹, T.A. Lomaeva², A.I. Fursov²

¹ Siberian Fire and Rescue Academy of the Ministry of Emergency Situations of Russia, Zheleznogorsk, Russia

² Academy of GPS of the Ministry of Emergency Situations of Russia, Moscow, Russia

E-mail: *korneychuk@sibpsa.ru

Abstract

The article considers the features of the activity of the dispatcher of the communication point of the fire and rescue unit in the conditions of the Arctic zone of the Russian Federation. The characteristics of official activity due to the specifics of the climatic and ecological environment and their impact on the functional and psychological state of the dispatcher of the communication point of the unit are determined. Promising directions have been developed for optimizing the activities of the dispatcher of the communication point of the fire and rescue unit in the Arctic zone.

Keywords: fire and rescue unit, dispatcher, Arctic zone of the Russian Federation, psycho-emotional state of the dispatcher

Введение

Диспетчер пункта связи пожарно-спасательного подразделения ГПС МЧС России – начальное звено в поисково-спасательных работах, действиях по ликвидации последствий антропогенных, техногенных, природных катастроф [1]. Информация с места происшествия направляется в диспетчерскую службу, где фиксируется и анализируются

ется. От правильности фиксации, обработки информации и принятых решений зависит исход ликвидации чрезвычайной ситуации. К факторам стресса, затрудняющим профессиональную деятельность диспетчера по оказанию информационной помощи, первой помощи и реализации аварийно-спасательных работ, относятся не только дефицит информации, времени и высокая цена ошибки, но и необходимость решать административные и организационные проблемы [2], сменная работа [3].

Для эффективного выполнения диспетчером профессиональных обязанностей необходимо обеспечение комфортных условий труда, учитывающих психологические и психофизиологические характеристики деятельности, климатические особенности региона, а также требования нормативно-правовой базы¹

В статье представлены отдельные результаты исследования, проведенного авторами при решении опытно-исследовательской задачи «Исследование функционирования пункта связи пожарно-спасательного подразделения и ключевых процессов информационного обеспечения действий сил и средств», реализация которой осуществлялась в рамках межведомственного опытно-исследовательского учения сил и средств единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций в Арктической зоне Российской Федерации (Безопасная Арктика – 2023).

Применяемые в работе аббревиатуры:

АИГС ГраФиС-Тактик – автоматизированная информационно-графическая система ГраФиС-Тактик;

ЕДДС – единая диспетчерская дежурная служба;

ПСЧ – пункт связи пожарно-спасательного подразделения;

АСР – аварийно-спасательные работы;

ЧС – чрезвычайная ситуация;

ЦУКС – центр управления в кризисных ситуациях;

СУБД – система управления базами данных;

АРМ – автоматизированное рабочее место;

ОДС – оперативная дежурная смена.

Цель исследования состояла в изучении особенностей деятельности диспетчеров пункта связи пожарно-спасательного подразделения, работающих в Арктической зоне Российской Федерации.

Согласно исследовательской гипотезе, для повышения эффективности деятельности диспетчеров единой диспетчерской дежурной службы (ЕДДС) и пункта связи пожарно-спасательного подразделения (ПСЧ) необходимо учитывать требования эргономики к организации диспетчерского пульта; использовать современные информационные технологии, позволяющие автоматизировать ряд рабочих процессов; учитывать особенности деятельности в условиях Арктической зоны – влияние социально-экономических и климато-экологических факторов на психоэмоциональное состояние и в целом продуктивность выполнения диспетчерами ПСЧ служебных обязанностей.

Материалы и методы

Изучение деятельности диспетчеров ЕДДС и ПСЧ осуществлялось путем анализа нормативных документов, регламентирующих деятельность этих служб; непосредственного наблюдения за функционированием ЕДДС и ПСЧ; стандартизированного опроса и свободной беседы с диспетчерами, телефонистами, а также сотрудниками и руководителями пожарно-спасательных подразделений.

В результате качественного и количественного анализа данных, предоставленных психологической службой красноярского гарнизона и полученных в ходе исследования авторов, выявлены особенности психоэмоционального выгорания у диспетчеров разного возраста и с разным стажем служебной деятельности, работающих в Арктической зоне РФ.

В эмпирическом исследовании применялся «Опросник профессионального выгорания» К. Маслач. Статистический анализ данных осуществлялся с помощью t-критерия Стьюдента, позволившего выявить различия в детерминации психоэмоционального выгорания диспетчеров ПСЧ Норильска и других муниципальных образований Красноярского края возрастными особенностями и профессиональным стажем.

Результаты

Служебная деятельность диспетчера пункта связи пожарно-спасательного подразделения (диспетчера ПСЧ) требует высокой концентрации психических процессов,

¹ Указ Президента РФ от 09.05.2017 № 203 «О Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017-2030 годы».

быстрой и точной реакции, умения принимать оперативные решения в условиях дефицита времени. Представители этой профессии должны быть готовы к работе в ситуации неопределенности и стресса, взаимодействию и оказанию помощи людям, попавшим в чрезвычайные обстоятельства.

При обработке большого массива данных диспетчер должен в кратчайшие сроки проанализировать ситуацию и оперативно предпринять меры для ликвидации ЧС в любых экстремальных условиях, поскольку его действия могут привести к спасению или гибели жизни. Каждый диспетчер несет индивидуальную ответственность за свои действия в соответствии с компетенцией и уровнем подготовки.

Обязанности диспетчера ПСЧ включают широкий круг задач, отраженных в ст. 47 Приказ МЧС России от 20 октября 2017 г. № 452 «Об утверждении Устава подразделений пожарной охраны»².

В контексте нашего исследования целесообразно акцентировать внимание на необходимости одновременного выполнения диспетчером следующих обязанностей: отвечать на телефонные вызовы; вносить в журнал пункта связи подразделения содержание сообщений и принимать по ним меры; знать оперативную обстановку в районе выезда подразделения; владеть информацией о местах расположения важных, взрывопожароопасных объектов, наружных источников противопожарного водоснабжения, безводных участков, проездов и подъездов техники к зданиям и сооружениям, тактико-технических характеристиках техники и вооружения, имеющихся в подразделении; направлять к месту пожара (ЧС) силы и средства подразделения для тушения пожаров, проведения аварийно-спасательных работ (АСР); подавать сигнал тревоги; поддерживать связь со службами жизнеобеспечения.

Положение о диспетчерской службе территориального пожарно-спасательного гарнизона Красноярского края определяет состав, цели, задачи, а также порядок организации деятельности диспетчерской службы в гарнизоне. Также в п. 5.2 Положения приведены обязанности диспетчера (радиотелефониста): проверять наличие связи с подразделениями гарнизона не реже двух раз в сутки, быть предельно бдительным и внимательным к поступающим сообщениям по всем видам связи; проявлять тактичность и вежливость в разговоре с абонентом, активно и настойчиво выяснять необходимые сведения для высылки пожарно-спасательных подразделений.

Помимо приема и обработки вызовов, диспетчер ПСЧ реализует широкий спектр задач, связанных с деятельностью пожарно-спасательного подразделения: обобщает сведения о наличии сил и средств подразделения; направляет к месту вызова силы и средства гарнизона; контролирует радиообмен; запрашивает информацию с места пожара, ЧС и места проведения АСР; организует передислокацию сил и средств пожарно-спасательных подразделений в рамках своей компетенции; информирует должностных лиц гарнизона об изменении оперативной обстановки на месте пожара, ЧС, АСР.

Соответственно, повседневная деятельность диспетчера пункта связи пожарно-спасательного подразделения характеризуется высочайшей ответственностью, напряженностью, значительным объемом перерабатываемой и анализируемой информации, а также предъявляет существенные требования к его профессиональным навыкам, способности и готовности работать в команде, организационным способностям, необходимым для координирования действий разных служб и организаций, эффективного распределения имеющихся ресурсов.

Каждый диспетчер несет индивидуальную ответственность за свои действия, поскольку зачастую принимает решения независимо от других лиц, не имея достаточного времени для консультаций или разностороннего обдумывания ситуации. Кроме того, диспетчеру необходимо обладать навыками конструктивной коммуникации, позволяющими устанавливать контакт и выстраивать продуктивное межличностное взаимодействие с людьми, характеризующимися разными индивидуально-психологическими особенностями и отличающимися от обычных условий психоэмоциональным состоянием, – пострадавшими и их близкими, спасателями и другими участниками чрезвычайных ситуаций.

Принимая во внимание положительный опыт автоматизации рабочих мест сотрудников ЦУКС (А.Л. Попов, С.В. Ражников) [4], для разработки и внедрения программ поддержки деятельности оператора следует провести модернизацию деятельности диспетчера ПСЧ, организации его рабочего места, программных продуктов и алгоритмов деятельности.

Как показывают исследования, направленные на изучение обеспечения надежности диспетчеров в различных сферах жизнедеятельности, основное влияние на

² Приказ МЧС России от 20 октября 2017 г. № 452 «Об утверждении Устава подразделений пожарной охраны».

их работоспособность и здоровье оказывают психоэмоциональные и сенсорные нагрузки, а также сопутствующие им факторы производственной среды и трудового процесса [5; 6] отрицательное влияние этих факторов проявляется, прежде всего, в изменениях функционального состояния нервной и сердечно-сосудистой систем, зрительных анализаторов диспетчера, что отражается на его работоспособности и надежности, особенно в экстремальных ситуациях.

Любая профессиональная деятельность обуславливает определенную психоэмоциональную напряженность, вызывающую вегетативные сдвиги в организме. Диспетчеры не находятся на месте происшествия и не становятся непосредственными свидетелями травмирующих событий, но их работа характеризуется повторяющимися воздействиями негативных последствий инцидентов, которые различаются по степени интенсивности влияния на психические и психофизиологические особенности человека [7].

В ряде исследований [8; 9] отмечается, что прямое воздействие травмы не является необходимым условием развития посттравматического стрессового расстройства. Это имеет большое значение для диспетчеров, поскольку они подвержены многочисленным профессиональным стрессорам. У диспетчеров, которые принимают сложные вызовы, связанные с болью, страданиями или смертью, могут проявляться симптомы, соответствующие посттравматическому стрессовому расстройству, в том числе навязчивые и тревожные воспоминания об инциденте, оцепенение реакции, раздражительность, повышенную бдительность, плохую концентрацию и нарушение сна [10; 11].

Кроме условий деятельности, являющихся инвариантными для диспетчеров разных территориальных пожарно-спасательных гарнизонов, можно выделить вариативную составляющую, обусловленную природно-климатическими, экономическими, социальными и другими особенностями регионов страны.

К числу наиболее тяжелых для жизни и деятельности человека местностей относится Арктическая зона Российской Федерации. Факторами, негативно влияющими на психофизиологическое и психоэмоциональное состояние жителей этого региона, являются: низкие температуры, вызывающие холодовой стресс; полярный день и полярная ночь; частичная сенсорная депривация (недостаток внешних воздействий на органы чувств) и др. Эти особенности, обуславливающие нервно-эмоциональное напряжение, переутомление, психическую подавленность, негативно влияют на скорость и точность реакции диспетчера, объем внимания и оперативной памяти.

Несмотря на то, что деятельность диспетчера осуществляется в помещении с возможностью поддержания комфортной температуры, повседневная жизнь в условиях арктического климата – сильные ветра, метели, низкие температуры – вызывают повышенное расходование психических и физических адаптационных ресурсов, а в период полярной ночи наблюдается снижение энергии, возрастание астеничности и утомляемости.

Кроме того, диспетчерам ПСЧ, работающим в Арктической зоне, необходимо учитывать особенности климата и погодные условия для обеспечения безопасности и эффективности деятельности пожарно-спасательного подразделения. Ликвидация последствий ЧС в Арктике зачастую осложняется чередой внешних факторов, независимых от человека. Диспетчерам необходимо учитывать влияние на работу спасательной техники и оборудования низких температур, метелей и других природно-климатических явлений; содействовать обеспечению в суровых арктических условиях безопасности пожарных и спасателей, задействованных в проведении спасательных операций.

В последние годы происходит интенсификация освоения и развития Арктической зоны Российской Федерации^{3,4,5,6}, что обуславливает необходимость повышенной готовности к чрезвычайным ситуациям в этом регионе. Развитие деятельности в Арктике неизбежно влечет за собой повышение риска уже известных чрезвычайных ситуаций а также появление новых вызовов, связанных с особенностями данного региона.

В рамках межведомственного опытно-исследовательского учения сил и средств еди-

3 Распоряжение Правительства РФ от 15 апреля 2021 г. № 996-р Об утверждении единого плана мероприятий по реализации Основ государственной политики РФ в Арктике на период до 2035 года и Стратегии развития Арктической зоны РФ и обеспечения национальной безопасности на период до 2035 года.

4 Указ Президента Российской Федерации от 08.11.2021 № 633 «Об утверждении Основ государственной политики в сфере стратегического планирования в Российской Федерации»

5 Указ Президента Российской Федерации от 26.10.2020 № 645 «О Стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2035 года».

6 Указ Президента Российской Федерации от 05.03.2020 № 164 «Об Основах государственной политики Российской Федерации в Арктике на период до 2035 года»

ной государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций в Арктической зоне Российской Федерации (Безопасная Арктика – 2023) авторами решалась опытно-исследовательская задача «Исследование функционирования пункта связи пожарно-спасательного подразделения и ключевых процессов информационного обеспечения действий сил и средств». Исследование проводилось на этапе подготовки и в процессе отработки вводной «Аварийная посадка пассажирского самолета с разрушением фюзеляжа и последующим возгоранием воздушного судна» в период с 28 марта по 7 апреля 2023 года (г. Норильск).

Анализ деятельности диспетчеров единой диспетчерской дежурной службы (ЕДДС) и пункта связи подразделения, осуществленный с помощью изучения нормативных документов, непосредственного наблюдения за функционированием ПСЧ и опроса сотрудников, показал сложность и динамичность работы диспетчера, обусловленную частой сменой видов деятельности, разнообразием функциональных обязанностей и рабочих режимов, а также климато-экологическими особенностями Арктического региона.

Среди процессов функционирования пунктов связи, которые требуют оптимизации, выделены следующие:

- процесс обмена, сбора, передачи и предоставления информации, осуществляемый посредством телефонной связи, радиосвязи. Низкое качество радиообмена и отсутствие интернет-связи вызывают наибольшие затруднения при осуществлении диспетчером своих должностных обязанностей;

- документооборот диспетчера. Данное направление деятельности для диспетчера является одним из наиболее трудоемких и заполняет все время между обработкой вызовов, а в некоторых случаях осуществляется одновременно с обработкой. Диспетчер пункта связи части заполняет журналы на бумажных носителях; в некоторых журналах информация дублируется с незначительными различиями в содержании или способах оформления. Параллельно осуществляются подготовка и отправка электронных форм отчетности.

Замысел исследования состоял в практической отработке предусмотренных вводных с целью создания научно-технического задела для перспективных научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по оптимизации деятельности пункта связи пожарно-спасательного подразделения, основанных на использовании современных цифровых технологий, достижений психологии труда и эргономики рабочего места диспетчера и результатов психологического исследования.

Как показал анализ результатов наблюдения за функционированием исследуемых пунктов связи при отработке вводной, ЕДДС обладает более широкими возможностями использования информации и информационных ресурсов. Базовой причиной этого является отсутствие на рабочем месте диспетчера ПСЧ интернет-связи. Для того, чтобы воспользоваться возможностями существующих информационных ресурсов (к примеру, для оценки актуальной дорожной обстановки), диспетчер ПСЧ использует личный мобильный телефон.

Для повышения эффективности деятельности диспетчера ПСЧ целесообразно оборудовать его рабочее место отдельным компьютером, подключенным к сети Интернет.

На основе опросов, проведенных с руководителями пожарно-спасательных подразделений и диспетчеров (радиотелефонистов) ПСЧ, можно выделить перспективные направления совершенствования функционирования пунктов связи посредством внедрения интеллектуальных систем поддержки принятия решений, которые позволили бы автоматизировать ряд задач:

- оповещение должностных лиц на основе анализа складывающейся обстановки;
- автоматическая обработка и интерпретация радиообмена;
- предложение алгоритмов диспетчеризации сил и средств.

Базовую нагрузку диспетчера составляет прием первичной информации, соответственно, автоматизация приема сигнала, высылки сил и средств и передачи информации должностным лицам с использованием подобного рода систем позволило бы перераспределить ресурсы диспетчера на более значимые задачи.

Кроме того, подобные системы могли бы до некоторой степени автоматизировать и труд руководства ПСЧ, за счет автоматизации составления служебной отчетной документации по пожарам с использованием таких инструментов автоматизации как АИГС ГрафиС-Тактик (разработка специалистов Сибирской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России).

Вопросы необходимости автоматизации подготовки документов для диспетчеров ЦУКС рассматриваются, в частности, А.Л. Поповым [12; 13], который приводит результаты опытного внедрения системы управления базами данных автоматизированных рабочих мест оперативной дежурной смены – СУБД «АРМы ОДС». Данные

системы разработаны с целью оптимизации документооборота подразделений, осуществляющих действия по ликвидации происшествий чрезвычайного характера и пожаров, с возможностью статистической обработки, оценки вероятности события, факторов и необходимых превентивных мероприятий по определенным параметрам.

Диспетчерам необходимо владеть системой знаний относительно технических средств, которыми они управляют, уметь быстро и точно реагировать на изменения в работе оборудования. Важной является личностная направленность на обучение и повышение квалификации, способствующих необходимому уровню компетентности в области современных технологий, применяемых в отрасли.

Как указано выше, диспетчеру ПСЧ, работающему в арктических условиях, важно обладать особыми знаниями и навыками для эффективного управления операциями по спасению людей и ликвидации чрезвычайных ситуаций. К числу таких особенностей работы диспетчеров МЧС в арктических регионах относятся:

- знание особенностей арктического климата (низкие температуры, сильный ветер, обледенение, полярная ночь и др.) и их влияния на специфику проведения спасательных операций;

- работа в экстремальных условиях, влияющих на психоэмоциональное и психофизиологическое состояние диспетчеров ПСЧ;

- владение знаниями относительно тактико-технических характеристик и актуального состояния техники и оборудования, имеющегося на вооружении пожарно-спасательного подразделения. Диспетчерам необходимо обладать информацией о специфике работы аварийно-спасательной техники, включая вертолеты, самолеты, спасательные лодки, снегоходы, вездеходы и др., в арктических условиях;

- продуктивное взаимодействие со специалистами и экспертами других ведомств, задействованными в решении задач по ликвидации последствий ЧС в Арктической зоне. Диспетчерам необходимо иметь четкие представления о компетенции этих специалистов и обладать выраженными коммуникативными навыками, готовностью и способностью эффективно работать в команде;

- работа с информацией. Получая и обрабатывая информацию о ситуации на месте происшествия, погодных условиях и состоянии техники, диспетчерам необходимо учитывать особенности природных и климатических условий Арктики, быстро и точно принимать решения на основе полученной информации и специфики региона.

Для выявления особенностей психофизиологического и психоэмоционального состояния диспетчеров ПСЧ, работающих в Арктической зоне РФ, проведено исследование, в котором приняли участие диспетчеры пожарно-спасательного гарнизона Красноярского края: диспетчеры и телефонисты ПСЧ пожарно-спасательного отряда г. Норильска и других муниципальных образований Красноярского края (г. Красноярск, г. Енисейск, г. Минусинск и др.).

Одним из направлений исследования являлось изучение особенностей проявления психоэмоционального выгорания диспетчеров ПСЧ г. Норильска, входящего в Арктическую зону (группа 1), и других муниципальных образований Красноярского края (группа 2).

На основе результатов, предоставленных психологической службой красноярского гарнизона, осуществлен сопоставительный анализ проявления психоэмоционального выгорания («Опросник профессионального выгорания» К. Маслач) у диспетчеров ПСЧ двух указанных групп в связи с возрастом и стажем профессиональной деятельности (таблица 1). Осуществлялся анализ данных, полученных в 2020 и 2022 гг., что позволило выявить особенности психоэмоционального выгорания у диспетчеров разного возраста и стажа профессиональной деятельности в динамике.

Таблица 1.

Результаты корреляционного анализа возраста, стажа деятельности и психоэмоционального выгорания (ПЭВ) диспетчеров

Показатели ПЭВ		Эмоциональное истощение	Деперсонализация	Редукция личных достижений	Интегральный показатель ПЭВ
Норильск	Возраст	0,646	0,106	-0,495	0,576
	Стаж	0,325	-0,564	-0,052	-0,004
Красноярск	Возраст	-0,037	-0,409	0,517	-0,755
	Стаж	0,165	-0,405	-0,128	0,008

Полужирным шрифтом выделены эмпирические значения, превышающие критические при уровне значимости $p \leq 0,01$; курсивом – при уровне значимости $p \leq 0,05$.

Показатели психоэмоционального выгорания у диспетчеров, принявших участие в исследовании, находятся в пределах нормы. Как показала статистическая обработка данных с помощью t-критерия Стьюдента, значимые различия в уровне проявления показателей психоэмоционального выгорания диспетчеров ПСЧ Норильска и других муниципальных образований Красноярского края, отсутствуют. При этом выявлены существенные различия в детерминации психоэмоционального выгорания возрастными особенностями и стажем служебной деятельности диспетчеров исследуемых групп.

У диспетчеров ПСЧ Норильска (первая группа) с возрастом повышается уровень эмоционального истощения, что проявляется в снижении эмоционального тонуса, утрате интереса к внешним событиям, ощущении «пресыщенности» работой, возрастании психической истощаемости и аффективной лабильности.

Интегральный показатель профессионального выгорания у диспетчеров норильских ПСЧ также напрямую коррелирует с возрастом, тогда как у диспетчеров второй группы (диспетчеры ПСЧ муниципальных образований Красноярского края, не входящих в Арктическую зону) этот показатель с возрастом снижается.

В отличие от диспетчеров первой группы, характеризующихся снижением с возрастом уровня редукции личных достижений, то есть удовлетворенности сотрудником собой как личностью и как профессионалом, у диспетчеров второй группы этот показатель психоэмоционального выгорания возрастает. Соответственно, повышается негативная оценка специалистом своей компетентности и продуктивности, снижается профессиональная мотивация, нарастают негативизм в отношении служебных обязанностей, тенденции к снятию с себя ответственности, отстраненность и неучастие, избегание работы.

Со стажем работы связан лишь уровень деперсонализации диспетчеров ПСЧ обеих групп, проявляющейся в эмоциональном отстранении и безразличии к деятельности, формальном выполнении профессиональных обязанностей. Причем связь эта носит обратный характер – уровень деперсонализации снижается по мере возрастания стажа работы диспетчеров.

Соответственно, по мере увеличения профессионального опыта у диспетчеров возрастают эмоциональная включенность, личностная заинтересованность в результатах деятельности. Начинаям диспетчерам (со стажем работы до 2-3 лет) в большей мере свойственны эмоциональное отстранение и безразличие, формальное выполнение профессиональных обязанностей без личностной вовлеченности и сопереживания.

Обсуждение

Полученные результаты показали, что у диспетчеров ПСЧ Норильска с возрастом повышается уровень интегрального показателя психоэмоционального выгорания – в первую очередь, за счет эмоционального истощения. Диспетчерам ПСЧ муниципальных образований Красноярского края, не входящих в Арктическую зону, с возрастом в большей мере свойственна редукция личных достижений при одновременном снижении интегрального показателя психоэмоционального выгорания.

Выявленные в ходе исследования психоэмоциональные особенности диспетчеров ПСЧ, работающих в Арктической зоне, позволили обозначить проблемное поле и требуют детального анализа с последующей разработкой системы мер по улучшению качества организации деятельности диспетчеров с точки зрения психологии труда и эргономики.

Вместе с тем, следует подчеркнуть, что независимо от региона, в котором реализуется деятельность пункта связи пожарно-спасательного подразделения, условия работы диспетчера характеризуются высокой степенью напряженности, что необходимо нивелировать максимально комфортным рабочим местом, позволяющим снизить нагрузку на организм и минимизировать избыточные манипуляции.

Кроме того, современные тенденции развития науки, техники и общества в целом, реализующиеся в процессах цифровой трансформации, требуют проведения комплексных исследований, учитывающих научно-технические достижения и современные требования к организации труда диспетчера ПСЧ.

Конструируя рабочее место (зоны моторного поля) диспетчера ПСЧ, необходимо интегрировать два подхода к его эргономике:

1) повышение эффективности труда (приспособление человека к условиям работы), что подразумевает правильное распределение функций между работником и техническими средствами;

2) создание комфортных условий для работы (приспособление работы к человеку), которое предполагает организацию условий:

а) позволяющих экономить физические силы, равномерно распределять физиче-

скую нагрузку, обеспечивающих легкость и точность распознавания акустических, визуальных и других сигналов,

б) легкость перемещения органов управления; удобство инструментов,

в) удобство и соответствие расположения элементов рабочего места логике действий работника,

г) наглядность и доступность восприятию документации, регламентирующей деятельность работника; обеспечение возможности работникам взаимодействовать друг с другом.

Ошибки при конструировании рабочего места зачастую приводят к опасным последствиям. Вредные для здоровья позы, чрезмерное напряжение тела, скованность, недостаток или избыток освещения, неудобное расположение органов управления или средств отображения информации – это далеко не безобидные следствия пренебрежения принципами эргономики. Каждый из этих факторов или тем более их сочетание могут привести к заболеваниям, психическим стрессам, ошибкам в поведении людей, к авариям, порче оборудования, несчастным случаям.

Заключение

При организации рабочего места диспетчера ПСЧ целесообразно интегрировать два основных принципа эргономики – повышение эффективности труда и создание комфортных условий для работы. Эргономичная организация рабочего пространства диспетчера пожарного подразделения, несущего круглосуточное дежурство, оказывает непосредственное влияние на качество и производительность труда, состояние физического здоровья специалиста. От того, как организовано рабочее место, зависят скорость и точность выполнения диспетчером ПСЧ функциональных задач и операций.

Работа в Арктической зоне предъявляет к диспетчеру ПСЧ особые квалификационные требования. Диспетчеру необходимо не только обладать и постоянно совершенствовать знания в области нормативно-правовых основ и современных технологий пожарно-спасательной деятельности, но и развивать психологическую устойчивость и готовность к работе в экстремальных условиях. Результаты проведенного исследования позволили выявить психоэмоциональные особенности диспетчеров ПСЧ, работающих в Арктической зоне, и актуализируют потребность в разработке теоретически и эмпирически обоснованных направлений деятельности по улучшению эргономики рабочего места диспетчеров, а также применения в его деятельности современных цифровых технологий.

Список литературы:

1. Matveev A., Bogdanova E. Functional model of an intelligent decision support system for responding to transport emergencies in the Arctic zone // *Transportation Research Procedia*. 2021. Vol. 57. Pp. 363-369. ISSN 2352-1465. DOI: 10.1016/j.trpro.2021.09.062.
2. Shane J.M. Organizational stressors and police performance // *Journal of Criminal Justice*. 2010. Vol. 38. № 4. P. 807-818. DOI: 10.1016/j.jcrimjus.2010.05.008.
3. Holt FX Dispatchers' hidden critical incidents // *Fire engineering*. 1989 November. P. 53-55.
4. Попов А.Л., Ражников С.В. Автоматизированное рабочее место оператора комплексной системы экстренного оповещения населения в кризисных ситуациях // *Системы контроля окружающей среды*. 2019. № 4 (38). С. 145-151.
5. Бондар А.И. Повышение эффективности работы диспетчеров пожарной охраны путем разработки и внедрения организационно-технических мероприятий: автореферат дис. ... кандидата технических наук : 05.26.01/ Бондар Александр Иванович. Санкт-Петербург, 1998. 28 с.: ил.
6. Ванюкова В. В. Гигиеническая оценка условий труда и состояние здоровья операторов системы управления движением судов : автореферат дис. ... кандидата медицинских наук : 14.00.07 / Ванюкова Валерия Викторовна. Владивосток. Гос. мед. ун-т. Владивосток, 2005. 26 с.
7. Gurevich M., Halpern J., Brazeau P., Schwartz B. Frontline Stress behind the scenes: Emergency medical dispatchers // Paper presented to the Association of Public Safety Communications Officials. 2007. Toronto. Tech. Rep.
8. May C.L., Wisco B.E. Defining trauma: How level of exposure and proximity affect risk for posttraumatic stress disorder // *Psychological Trauma: Theory, Research, Practice and Policy*. 2016. Vol. 8 (2). P. 233-240.

9. Zimmering R., Gulliver S.B., Knight J., Munroe J, Keane T.M. Posttraumatic stress disorder in disaster relief workers following direct and indirect trauma exposure to ground zero // J Trauma Stress. 2006. Vol. 19(4). P. 553–557. DOI: 10.1002/jts.20143.
10. Miller L. Practical police psychology: stress management and crisis intervention for law enforcement // Thomas Books. 2006. Springfield.
11. Steinkopf B., Reddin R.A., Black R.A. et al. Assessment of Stress and Resiliency in Emergency Dispatchers // J Police Crim Psych. 2018. Vol. 33, P. 398–411. DOI: 10.1007/s11896-018-9255-3.
12. Попов А.Л. Практика автоматизации процесса подготовки документов оперативной дежурной сменой центра управления в кризисных ситуациях // Современные технологии обеспечения гражданской обороны и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. 2019. №1 (10). С. 319–321.
13. Попов А.Л. Опыт внедрения и развития системы управления базами данных автоматизированных рабочих мест оперативной дежурной смены центра управления в кризисных ситуациях // Современные технологии обеспечения гражданской обороны и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. 2019. №1 (10). С. 317–319.

References:

1. Matveev A., Bogdanova E. Functional model of an intelligent decision support system for responding to transport emergencies in the Arctic zone. Transportation Research Procedia, 2021, vol. 57, pp. 363–369. ISSN 2352-1465. DOI: 10.1016/j.trpro.2021.09.062.
2. Shane J.M. Organizational stressors and police performance. Journal of Criminal Justice, 2010, vol. 38, no. 4, pp. 807–818. DOI: 10.1016/j.jcrimjus.2010.05.008.
3. Holt FX Dispatchers' hidden critical incidents. Fire engineering, 1989, November, pp. 53–55.
4. Popov A.L., Razhnikov S.V. Avtomatizirovannoe rabochee mesto operatora kompleksnoj sistemy ekstremnogo opoveshcheniya naseleniya v krizisnyh situacijah. Sistemy kontrolya okruzhayushchej sredy, 2019, 4 (38), pp. 145–151. (In Russian).
5. Bondar A. I. Povyshenie effektivnosti raboty dispetcherov pozharnoj ohrany putem razrabotki i vnedreniya organizacionno-tekhnicheskikh meropriyatij. Avtoreferat dis. ... kand. tekhn. nauk. Saint Petersburg, 1998, 28 p., pic. (In Russian).
6. Vanyukova V. V. Gigienicheskaya ocenka uslovij truda i sostoyanie zdorov'ya operatorov sistemy upravleniya dvizheniem sudov. Avtoreferat dis. ... kand.med. nauk. Vladivostok, 2005, 26 p. (In Russian).
7. Gurevich M., Halpern J., Brazeau P., Schwartz B. Frontline Stress behind the scenes: Emergency medical dispatchers. Paper presented to the Association of Public Safety Communications Officials, 2007, Toronto, Tech. Rep.
8. May C.L., Wisco B.E. Defining trauma: How level of exposure and proximity affect risk for posttraumatic stress disorder. Psychological Trauma: Theory, Research, Practice and Policy, 2016, vol. 8 (2), pp. 233–240.
9. Zimmering R., Gulliver S.B., Knight J., Munroe J, Keane T.M. Posttraumatic stress disorder in disaster relief workers following direct and indirect trauma exposure to ground zero. J Trauma Stress, 2006, vol. 19(4), pp. 553–557. DOI: 10.1002/jts.20143.
10. Miller L. Practical police psychology: stress management and crisis intervention for law enforcement. Thomas Books, 2006, Springfield.
11. Steinkopf B., Reddin R.A., Black R.A. et al. Assessment of Stress and Resiliency in Emergency Dispatchers. J Police Crim Psych, 2018, vol. 33, pp. 398–411. DOI:10.1007/s11896-018-9255-3.
12. Popov A.L. Praktika avtomatizacii processa podgotovki dokumentov operativnoj dezhurnoj smennoj centra upravleniya v krizisnyh situacijah. Sovremennye tekhnologii obespecheniya grazhdanskoj oborony i likvidacii posledstvij chrezvychajnyh situacij, 2019, vol. 1, no.10, pp. 319–321. (In Russian).
13. Popov A.L. Opyt vnedreniya i razvitiya sistemy upravleniya bazami dannyh avtomatizirovannyh rabochih mest operativnoj dezhurnoj smeny centra upravleniya v krizisnyh situacijah. Sovremennye tekhnologii obespecheniya grazhdanskoj oborony i likvidacii posledstvij chrezvychajnyh situacij, 2019, vol.1, no.10, pp. 317–319. (In Russian).



Главный редактор журнала «Российская Арктика» побывала на испытаниях в уникальном ледовом бассейне ФГУП «Крыловский научный центр»

Фото: Слава Степанов

На поверхности более чем 100-метрового бассейна наморожен слой льда. На улице стоит жара, но в испытательном зале стандартные -5 . Группа ученых в зимней экипировке расположилась на специальной платформе и раз за разом проводят модель ледокола через льды, изучая особенности ледовой нагрузки на корпус судна.

В дальнейшем эти исследования помогут безопасно проводить караваны судов по Северному морскому пути, а также проектировать новые, более совершенные, модели ледоколов и судов ледового плавания. Так, облик мощнейшего атомохода в мире «Лидер» зародился в Крыловском центре, здесь же в бассейнах проходили его испытания.

Невероятно, но уникальная морская нефтяная стационарная платформа «Приразломная», расположенная на шельфе Печорского моря, тоже когда-то проходила испытания в ледовом бассейне Крыловского центра. Уникальные разработки местных ученых позволяют реализовывать масштабные и невероятные по сложности инженерные проекты для работы в экстремальных природно-климатических условиях на арктическом континентальном шельфе.



В тренажерный центр Крыловского с морской болезнью лучше не попадать – настолько реалистично устроена рулевая рубка или мостик капитана ледокола. Качка, волны, облака, а главное абсолютно точное воспроизведение хода судна, рельефа морского дна и устройства всех основных арктических портов. Помимо стандартного штурвала, в рубке полностью воспроизведен внушительный пульт управления ледоколом: оборудование для определения курса, контроля за окружающей надводной и подводной обстановкой и прочее.

С задачей «зайти на ледоколе в порт Сабетта на западном берегу Обской губы Карского моря» справиться с первого раза не удалось! Судно предательски село на мель...

Именно здесь, на этих тренажерах, рулевые судов ледового плавания проходят обучение. Для них моделируются самые сложные ситуации: проводка через узкие каналы и устья рек, заходы в порты, лидирование и буксировка через трехметровый лед.

Уникальная экспериментальная база Крыловского научного центра включает также:

- глубоководный, циркуляционный и мореходный бассейны
- ландшафтную аэродинамическую трубу для определения ветровых нагрузок на высотные здания, стадионы, большепролетные мосты, речные и морские порты, буровые платформы и другие уникальные сооружения
- большую аэродинамическую трубу для определения гидро- и аэродинамических характеристик кораблей и судов, полей скоростей, распределения давлений по поверхности тел, исследований структуры потока, задымленности, исследований условий посадки вертолетов и использования для продувки архитектурных сооружений.

Ощущение прикосновения к чему-то очень масштабному и важному для всей нашей страны не покидает, после посещения Крыловского центра. Здесь решаются сложнейшие задачи, решение которых является определяющим для развития Российской Арктики.





МЕЖШКОЛЬНЫЙ КОНКУРС «АРКТИКА В ЖИВОПИСИ, ПОЭЗИИ, ПРОЗЕ»

Фото: Ян Сильченко. Ледокол Красин

19 мая 2023 г. в Русском географическом обществе состоялся заключительный этап третьего межшкольного конкурса «Арктика в живописи, поэзии и прозе».

Инициаторами конкурса стали ФГБУ Арктический и Антарктический научно-исследовательский институт (АНИИ), ГБОУ гимназия № 85 Петроградского района Санкт-Петербурга.

Партнерами Конкурса традиционно являлись Российский государственный музей Арктики и Антарктики, Филиал музея Мирового океана в Санкт-Петербурге «Ледокол Красин» и Информационно-методический центр Петроградского района Санкт-Петербурга.

В возрастной группе 5-6 класс и номинации «Арктика в живописи» первое место завоевала ученица 6 класса Бурак Александра (Государственное бюджетное общеобразовательное учреждение гимназия № 85 Петроградского района Санкт-Петербурга), с работой - «Акварели Анны Михайловой».

В номинации «Арктика в прозе» призёром стал Крысин Григорий, ученик 6 класса (Государственное бюджетное общеобразовательное учреждение гимназия № 85 Петроградского района Санкт-Петербурга), с работой - «Барьер Сомнений» о Зиновии Михайловиче Каневском.



АРКТИКА В АКВАРЕЛЯХ АННЫ МИХАЙЛОВОЙ

Бурак Александра, ученица 6 класса Государственного общеобразовательного учреждения гимназия № 85 Петроградского района Санкт-Петербурга

Введение

В последние несколько лет интерес учеников к Арктике возрастает, проводятся межшкольные конкурсы, открылась «Полярная школа», однако еще немного людей знает об истории Арктики, ее освоении, исследователях, ученых.

Особое место в изучении Арктики занимают люди творческих профессий, которые также были среди «первооткрывателей». Хочется привести пример Николая Пинегина – художника экспедиции Георгия Седова, Александра Борисова – участника экспедиции на Землю Франца Иосифа. Благодаря именно этим людям, обычные граждане на Большой земле наконец-то увидели загадочную Арктику, ее белый снег, ее холодный климат, ее ветра и льдины, ледники, ее полярное сияние так, как её увидели авторы работ. Арктика вдохновляла не только художников, но и поэтов, режиссеров, писателей.

Какие имена ассоциируются с этим полярным регионом планеты? Конечно же, Александр Алексеевич Борисов, первый художник Арктики, исследователь полярных земель в живописи дореволюционной России. Художник и общественный деятель, который внес значительный вклад в разработку вопросов транспортно-экономического освоения Севера.

Освоение Арктики и Антарктиды, ее изучению, половину жизни посвятил художник Игорь Павлович Рубан. Рубан стал полярником, собирал материал, делал наброски, ходил в экспедиции. Картины Рубана, это шедевры человека, посвятившего всю свою жизнь, создавая историю покорения этих земель.

Кабинет географии моей гимназии украшает календарь с иллюстрациями замечательного американского художника Рокуэла Кента, репродукции картин Петра Рейхета. Выбирая «своего» автора, я случайно увидела иллюстрации петербургской художницы Анны Михайловой в книге «Ледоколы. Покорение Арктики» Вадима Худякова. Автор книги рассказывает про историю ледоколов мира, приводит занимательные факты и технические особенности ледоколов. Книга проиллюстрирована арктическими пейзажами, акварельными иллюстрациями с изображениями ледоколов «Ермак», «Красин», «Ленин», «Сибирь», «Арктика», изображениями маяков, воздушных судов и арктических животных, а также цветными схемами судов и архивными фотографиями.

Я сама занимаюсь немного живописью, мне нравится рисовать, участвовать в конкурсах, несколько лет занималась в изостудии, где я училась рисовать гуашью, красками, иногда выполняла графические работы, а акварель всегда казалась мне такой загадочной и сложной... Именно поэтому, мне захотелось больше узнать о творчестве Анны Михайловой и поделиться своими открытиями с одноклассниками.

Часть первая. Биография Анны Михайловой. Путь к живописи.

Анна Михайлова – художник-акварелист, член Союза художников России и Общества акварелистов Санкт-Петербурга, иллюстратор книг издательства «Paulsen», преподаватель программы «Юный художник». Работы Анны находятся в художественных музеях России и зарубежья. Основная идея и тема рисунков Анны – это Север: пейзажи Карелии, Кольского полуострова, Белого моря, Шпицбергена, Сортавалы, Архангельска и других северных городов. У Анны есть свой сайт, где представлены ее работы (www.annamikhaylova.ru), а также страничка в Вконтакте (vk.com/geografika). Благодаря этим информационным ресурсам я связалась с Анной, и взяла у нее интервью о ее биографии и творчестве.

Самый первый вопрос, который меня интересовал, был про семью Анны Борисовны и ее родителей, из которого я узнала, что Анна Михайлова родилась 11 августа 1972 года в Ленинграде. В её семье все увлечены естественными науками. Родители – папа и мама были учеными-физиками, писали статьи в научные журналы. И следуя семейным традициям, которые надо было продолжать и развивать, Анна поступила в Ленинградский государственный университет на физический факультет и закончила его со степенью магистра физики.

Из первого вопроса нельзя было не задать второй вопрос, про детство, поиск себя в жизни, и начало творческого пути.

Анна Борисовна, всегда знала, что хочет быть художником, с самых ранних лет ей нравилось рисовать. «Было тяжело признаться и себе и родителям в том, чтобы отойти от науки, идти другим путем и заниматься творчеством». Но предпосылки к этому были. Папа Анны – Борис Сергеевич, всегда очень хорошо рисовал, ему это нравилось. Он закончил художественную школу, рисовал очень хорошо, но не был профессиональным художником, и именно папа начал учить Анну рисованию.

Художественное образование Анна получала параллельно учась на физическом факультете, ходила на вечерние рисовальные классы в Академию художеств, где и училась академическому рисунку – обязательные базовые знания для каждого художника.



Фото 1. Анна Борисовна с отцом, Борисом Сергеевичем

Анна также занималась акварельной и масляной живописью в мастерских петербургских художников – Сергея Мельникова, Александра Дурандина, Валерия Волкова. Изучала технику гошуа¹ под руководством Вячеслава Синкевича. Прошла курс иллюстрации в школе Софьи Мироедовой. Поэтому профессионально Анна начала рисовать не так давно – всего 15 лет назад.

Папа Анны, Борис Сергеевич, смог увидеть первые выставки Анны. На одной из выставок в Санкт-Петербурге Анна решила выставить работы не только свои, но и своего отца, для Анны и Бориса Сергеевича это было настоящее событие, которое наконец-то замкнуло круг и придало силы для дальнейшего творчества.

Часть вторая. Акварели, рисунки и художественные произведения.

В ходе интервью я с интересом узнала, что самое любимое время года у Анны – это зима. Она любит снег, холод, и не очень любит тепло и море. Анна Борисовна много лет писала северные пейзажи, все дальше следуя на север, пока не оказалась на Шпицбергене. Как говорит Анна: «На Шпицберге воздух прозрачен, все кажется идеально чистым, прозрачным, воздушным. Снег впечатляет своей белизной, отражает краски и отблески окружающей среды».

По мнению Анны: «Арктика идеально подходит для акварели, а акварель — для Арктики. Много снега, воды и неба — это акварельные заливки, кое-где темные скалы полосой проступают из-под снега — это тоже акварелью пишется легко и естественно».

Меня заинтересовало, где Анна Борисовна черпает вдохновение для работ. На мой вопрос она ответила, что рисовать новые работы ее вдохновляют поездки в отдалённые северные уголки России, а также книги и дневники полярников, рассказанные путешественниками-исследователями Арктики, документальные фильмы и истории об освоении Арктики.

Я также узнала, что муж Анны Борисовны, Олег Юрьевич Жаден, несколько лет работал в научном-производственном предприятии Севморгео (Северное морское геологоразведочное предприятие). В 2015 году он участвовал в экспедиции на Северный полюс, где несколько месяцев дрейфовал на льдине. Его удивительные рассказы вдохновили Анну иллюстрировать книгу про ледоколы, а для некоторых иллюстраций он ей позировал зимой, во дворе дома, в собственной полярной одежде.

И конечно, самый волнующий меня вопрос был про любимые акварели и мечты. Из её ответов на мои вопросы я поняла, что Анна Борисовна больше всего любит рисовать северные пейзажи, морские суда, маяки, животных. Собственно, это видно из тех иллюстраций, которые мне оказались доступны. Мечта Анны Борисовны – воспроизвести в рисунках историю воздухоплавания и освоения Арктики.

Из всех акварелей Анны Борисовны очень запоминаются акварели, написанные на борту яхты Alter Ego, которое является экспедиционным судном проекта «Открытый Океан – Архипелаги Арктики», которые вошли в календарь 2021 года. На мой взгляд, самые красивые в этой серии – это «Северный покой» и «Ледяная бухта».

¹ термин для обозначения техники и стиля традиционной китайской живописи, в которой используются минеральные и растительные водяные краски и тушь на шёлке или бумаге.



*Иллюстрация 1. «Северный покой»
Парусник в Гренфиорде (Шпицберген)*



*Иллюстрация 2. «Ледяная бухта».
Фантазия на тему Шпицберген*

В этих картинах на мой взгляд, очень точно представлена красота Арктики, ее холодная многоцветная атмосфера горных вершин, лежащих в снегу, которые переливаются синими, зелеными, голубыми и розовыми красками. Горы необычной красоты и формы. Легкий оттенок бирюзового и серого очень необычно сочетаются, передавая загадочность этим картинам. Небо отражается в прозрачной ледяной воде океана. И яхты, одна в бухте, окруженная айсбергами, а другая - праздничная красивая с белыми сияющими парусами. Удивительные цвета, использование палитры синих красок от церулеума до индиго и ультрамарина. Меня очень пленили эти работы. Они очень точно зрительно дополнили рассказы моего учителя об Арктике.

Также неизгладимое впечатление на меня произвели акварели, где изображены маяки. В ходе беседы, я узнала, что прадедушка Анны Борисовны, Сергей Павлов, был маячником, то есть смотрителем маяка. Он работал на Маяке в Кронштадте более 20 лет, с 20-х годов XX века. Рисуя маяки, море и судна, Анна всегда вспоминает о своем прадедушке. Из очерка Анны Михайловой «Путешествие по маякам»: «Любой маяк, конечно, - это не только художественный образ и великолепный символ. Пожелаю себе и читателю, чтобы маяки в том или ином виде всегда присутствовали в нашей жизни».

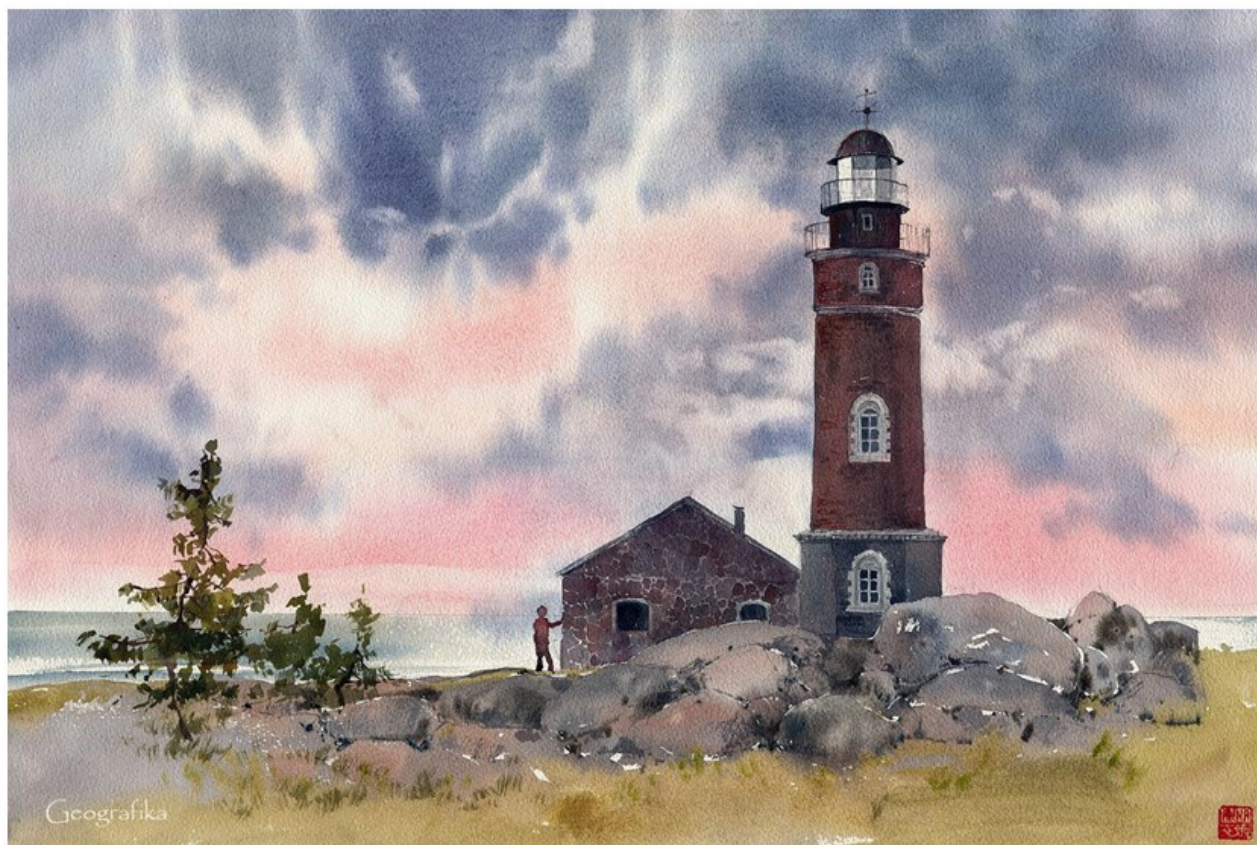


Иллюстрация 3. Маяк Гогландский Южный, Балтийское море

Вот далеко не полный перечень выставок, где Анна Борисовна выставляла свои работы:

- 2015 год – Международная выставка «Мастера Акварели» в выставочном зале Союза Художников, г. Санкт-Петербург;
- 2016 год – Персональные выставки «ГеоГрафика» в Санкт-Петербурге, Риге, Мурманской области;
- апрель - август 2017 года - «Легенды о полярном сиянии» в Музейно-выставочном центре Баренцбурга, Шпицберген;
- 2017 год - Персональная выставка «Огни Северных морей» в Северном морском музее, г. Архангельск;
- ноябрь 2021 - январь 2022 год – Персональная выставка «Арктика и другие берега», Культурный центр «Каскад», г. Петергоф;
- июнь - июль 2022 год - Персональная выставка «Арктика и другие берега», Музей истории Кронштадта, г. Кронштадт.

Заключение

Анна Борисовна является нашим современником, молодым художником, деятельным, искренним и целеустремленным человеком.

Посещая дальние уголки севера нашей страны, Анна является защитником природы, активистом, неравнодушным человеком к проблемам природы и ее защиты.

Анна Борисовна упомянула, что занимается не только творчеством, но и общественными инициативами. Второй город проживания Анны – Сортавала. Она много времени проводит там и ведет большую общественную работу. Анна Борисовна своими силами организовала отдельный сбор мусора и вторичного сырья в Сортавале, который потом отправляется на станции переработки в Санкт-Петербург. Данная акция вызвала интерес и нашла большой отклик у жителей города, многие ее поддерживают, и теперь знают, как правильно сортировать мусор, чтобы он был переработан и правильно утилизирован.

Анна Борисовна вносит вклад, как в искусство, так и в другие сферы жизни общества, защиту окружающей среды, равнодушна к судьбе национальных парков, защищает экологию. Любит рисовать природу и хочет быть полезной для этой природы, отдать часть себя на ее защиту и сберечь ее, чтобы потом ее рисовать.

Анна Борисовна с большим энтузиазмом работает для выставок и благотворительных фондов.

Многие работы Анна Борисовна выставляет в своем сообществе в интернете, и ни одна не остается незамеченной. Среди художников и широкой публики, подписчиков в интернет-сообществе - все восхищаются талантом, умением передать красоту Арктики и виртуозное владение искусством акварельной живописи. Каждая работа встречается с нетерпением и большим интересом.

«Рисую красоту природы, я хочу быть для нее полезной, сберечь ее уникальность, отдать частичку себя», так сказала Анна. И наверно, в настоящее время это самое важное, не идти на поводу общества потребления, незаконного освоения заповедных территорий и дикой природы, где обитают редкие животные и растения, а сохранить Арктику и северные регионы России, не нарушая их экобаланс.

Список литературы

1. Худяков В. Ледоколы. Покорение Арктики. Лабиринт. М., 2020
2. www.annamikhaylova.ru
3. https://vk.com/anna_geografika
4. <https://enterclass.com/ru/expert/20979>
5. Посетителям "Каскада" покажут "Арктику и другие берега" (pd-news.ru)
6. https://dzen.ru/a/YwH_CBrgGEHDV0Fy
7. <https://gazeta-licey.ru/blogs/34966-puteshestvie-po-severu-s-annoy-mihaylovoy>
8. <https://northernmaritime.ru/lightsofthenorth>

«БАРЬЕР СОМНЕНИЙ»: О ЗИНОВИИ МИХАЙЛОВИЧЕ КАНЕВСКОМ И ЕГО КНИГЕ «ЗАГАДКИ И ТРАГЕДИИ АРКТИКИ»

Крысин Григорий, ученик 6 класса Государственного общеобразовательного учреждения гимназия № 85
Петроградского района Санкт-Петербурга

*Приснилось мне, как светлой ночью,
В пургу, в снегу, в аду, в бреду
Я полз бескомпасно, бессрочно
По черному морскому льду.
И вмиг не стало жизни прежней,
Текущей ровно, без затей,
И наступил он, неизбежный
Момент кусания локтей.
Вокруг кипит судеб вращенье,
Судьба-струна, судьбинка-нить...
И надо жить для возвращенья
Ко всем, кто продолжает жить.*

3. Каневский «Жить для возвращения»

Введение

«Бора налилась какой-то совершенно дьявольской силой. Мне попадались ее описания, сделанные бывальыми зимовщиками-новоземельцами, где приводились леденящие душу сведения о ветре свыше сорока метров в секунду... Во время подобной неистовой боры рушатся береговые строения, слетают с крыш печные трубы, выдавливаются окна, а летом, бывает, ураган полностью «высасывает» воду из озерков вместе с их рыбной и прочей фауной!» - такое страшное описание боры я прочитал в автобиографической книге Каневского «Жить для возвращения». Как человек смог выжить после такой страшной бури? Биография Зиновия Каневского произвела на меня огромное впечатление. 700 метров ползти по льду 12 часов! Это настоящее чудо и настоящий подвиг – выжить после таких испытаний и потом не утратить смысл жизни после тяжелой операции, потеряв кисти рук и пальцы ног. Я решил написать работу именно о З.М. Каневском, потому что для меня он является примером человека с огромной силой воли, жизненной энергией. Служить своему Делу – высокое предназначение человека. То, что я узнал о биографии Каневского, - вызывает у меня восхищение и огромное уважение.

Вторая причина, по которой я обратился к этой теме, - мое знакомство с книгой Каневского «Загадки и трагедии Арктики».

Одна из моих любимых книг – роман Вениамина Каверина «Два капитана». Именно в книге Каневского я прочитал много интересных фактов об истории создания романа и о прототипах героев произведения. И в романе «Два капитана», и в книге «Загадки и трагедии Арктики» чувствуется дух Арктики и ее холодное и суровое очарование. Это книги о сильных людях, которые не изменяют своему делу, стремятся к высокой цели и достигают ее.

В моей исследовательской работе две части. Первая часть посвящена биографии Зиновия Каневского, вторая часть – его книге «Загадки и трагедии Арктики», и особенно той ее главе, которая рассказывает о книге Каверина «Два капитана».

Эпиграф к работе я взял из книги Каневского «Жить для возвращения». Название этой книги подчеркивает целеустремленность человека и его волю к жизни.

«Жить для возвращения»: трагический путь З.М. Каневского

«Его друзья говорили: «Он никогда не праздновал свой день рождения. И мы долго не знали, почему. Потом узнали — при родах умерла мать...»

Смерть в самом начале жизни, крушение того, что должно было стать судьбой. Это — как лейтмотив, как рок вновь проходит через его жизнь, и снова на самом взлете, в начале. Окончен институт, рядом — любимая женщина, полно друзей, переполняет счастье, надежды, планы. Можно остаться полярником — север — вечный магнит; можно отдаться музыке — отличные руки пианиста, прекрасные педагоги, безупречный слух. Что выбрать?

Те двадцать часов, что он полз на Новой Земле в лютый мороз навстречу ураганному ветру, вместили крушение жизни. Опаленный страшной бедой, без двух рук и без ступней ног, он вышел из боли и страданий в тишину и опустошение...» (2). Так во вступлении к книге Зиновия Каневского описывается самый трагический эпизод его жизни.

Сам Каневский так вспоминал об этом: «Мне не было двадцати семи, когда это случилось. В том возрасте Александр Македонский приступил к завоеванию мира, Леонардо да Винчи был провозглашен маэстро живописи, Шекспир написал первую пьесу «Генрих VI», Авраам Линкольн и Уинстон Черчилль вступили на политическую стезю, Альберт Эйнштейн создал теорию относительности,

Юрий Гагарин полетел в космос. В том самом возрасте Фритъоф Нансен начал свою ослепительную арктическую карьеру. Я же ее, едва наметившуюся, навсегда завершил» [2].



Зиновий Михайлович Каневский родился 15 сентября 1932 года и умер 15 марта 1996 года. В 1955 году он окончил географический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова. В 1973 году стал Лауреатом Всесоюзного конкурса на лучшее научно-популярное произведение.

Каневский серьезно занимался музыкой, мечтал стать пианистом, обладал абсолютным слухом.

В 1950 г. Зиновий Михайлович поступил на географический факультет Московского государственного университета. На факультете преподавали известные ученые Н. Н. Баранский, И. А. Витвер, И. С. Щукин, Н. Н. Зубов. Каневский мечтал стать океанологом, но иронично писал о себе: «мешала самая малость: я позорно укачиваюсь даже на речном трамвайчике». Зиновий был зачислен на кафедру географии северных и полярных стран (впоследствии кафедру криолитологии и гляциологии).

«Первая заполярная учебная практика – запомнившаяся навсегда поездка в Хибины. Производственные практики после третьего и четвертого курсов молодой человек провел уже в настоящих арктических экспедициях, организованных Институтом мерзлотоведения, где директором был академик Обручев, крупнейший знаток геологии Сибири, автор романов «Земля Санникова» и «Плутония». Тяжелейший пеший маршрут через всю Чукотку – семьсот километров. «Все четыре геофаковских года я грезил об этих краях. Словно замороженный, повторял на занятиях по физической географии Арктики десятки наименований. Тут были озеро Эльгыгытгын, остров Аракамчечен, поселок Эгвекинот, горные массивы Ыськатень, Ыннимней, Тэнтаный, Итэньюрген и, первейшая из первых, река Амгуэма, перерезающая с юга на север почти всю Чукотку» [2].

В 1855 году Зиновий окончил МГУ и вместе с женой отправился на полярную станцию «Русская Гавань», которая находилась на севере архипелага Новая Земля. Каневский получил должность инженера-географа, его жена стала метеорологом-наблюдателем.

Об этой полярной станции Каневский вспоминал: «Мы очутились в мире, не похожем ни на какой другой. Два-три деревянных дома на каменистом, заснеженном одиннадцать месяцев в году берегу, безлюдье, раскинувшееся на многие сотни труднопреодолимых километров, сияющее в полуночные летние часы солнце, одни и те же лица вокруг, одна и та же работа, сотканная из бесконечной серии раз и навсегда заведенных гидрометеонаблюдений, обилие разнообразных житейских забот».

Зимой 1959 года попал в бору. Ветер достигал 70 метров в секунду. Расстояние в 700 метров он преодолел за 12 часов. Товарищ Каневского, с которым он проводил исследования, погиб.

Проявив силу воли, твердость характера и целеустремленность, Каневский не опустил руки, он искал новое творческое дело. Он начал писать книги. Каневский написал более 10 книг и более 40 статей.

В Эпilogue к книге «Жить для возвращения» Каневский пишет, что название книги связано с именем французского писателя Антуана де Сент-Экзюпери: «Читая однажды Сент-Экзюпери, я наткнулся на фразу: «Нужно жить для возвращения». Она поразила меня — ведь ее автор, оставивший Планете Людей вечное чудо — Маленького Принца, так и не вернулся из последнего полета над Средиземным морем. Мне же повезло, я начал возвращаться и уже не имел права останавливаться».

Книга З.М. Каневского «Тайны и трагедии Арктики» и роман В.Каверина «Два капитана»

Я прочитал книгу Каневского «Загадки и трагедии Арктики». В этом произведении говорится о погибших и исчезнувших экспедициях (Владимира Русанова и Георгия Брусилова, спасение экипажа дирижабля "Италия", исчезнувший самолет Сигизмунда Леваневского и др.).

Больше всего мне понравилась часть, в которой рассказывается о прототипах капитана Татаринова из произведения Каверина «Два капитана».

Незадолго до прочтения книги Каневского я прочитал книгу Каверина «Два капитана», которая меня очень заинтересовала. После чтения книги я посмотрел две ее экранизации, снятые в 1955 и 1976 годы.

Когда я был в Пскове, я видел памятник двум капитанам. В капитане Татаринове больше всего меня удивила тяга к цели, сила воли и стойкость перед проблемами. О том, что такие сильные духом люди были и в реальности, я смог узнать только из книги Зиновия Каневского «Загадки и трагедии Арктики».

Как пишет Каневский, прототипов корабля «Святая Мария существовало





целых пять. Он пишет про трагичный 1912 год, когда было отправлено три русские экспедиции на север, и все три закончились трагично. Прототипов Татаринова тоже пять: лейтенант Георгий Брусилов, Георгий Седов, Валериан Албанов и Роберт Скотт. Отзвуки эти трагичных историй нашли свое отражение в романе Каверина.

Прототипом корабля «Святая Мария» стал, скорее всего, корабль экспедиции Брусилова «Святая Анна».

Известный девиз из романа «Два капитана» «Бороться и искать! Найти и не сдаваться!», как я узнал из книги Каневского, восходит к стихотворению «Улисс» английского поэта Альфреда Теннисона.

Реальный прототип был не только у капитана Татаринова. К примеру, Саня – тоже образ, срисованный с реального человека – Михаила Лобашова, известного генетика, профессора Ленинградского университета. Лобашов был лично знаком с Кавериним и рассказывал ему о своем беспризорничестве, сиротстве и странной немоте, при которой он мог слышать.

Город Энск в романе «Два капитана» многими чертами напоминает Псков, сам Каверин писал, что в романе «перенес место действия в свой родной городок, назвав его Энском».

Мне кажется, Зиновий Каневский так внимательно изучал историю создания романа «Два капитана», потому что его собственная судьба очень похожа на судьбу капитана Татаринова: арктическая экспедиция, исследование северных районов, борьба по стихией, трагедия... однако капитан Татаринов погиб, Зиновию Каневскому посчастливилось выжить. И капитан Татаринов, и Зиновий Каневский обладали схожими качествами – это сила воли и жажда жизни.



Заключение

Работу о Зиновии Михайловиче Каневском я назвал «Барьер Сомнений» - это название ледника, которое я встретил в биографических материалах о писателе и в его книге «Жить для возвращения». Каневский пишет: «Место, облюбванное мною на леднике Шокальского, носило прямо-таки пиратское название: «Барьер Сомнений» (почему? — этого мы до поры до времени не знали). Гигантский ледниковый щит северного острова Новой Земли — этакая Антарктида или Гренландия в миниатюре. (...) Концы ледников, словно реки, впадают в заливы и бухты, волны и течения уносят ледяные обломки в море в виде причудливых островершинных айсбергов. Но до морского побережья ледникам нужно еще добраться, и тут их подстерегают невидимые подледные горы, мешающие глетчерам плавно скользить под уклон. В таких местах ледники взламываются ледопадами, образуя громадные природные амфитеатры, состоящие из чередующихся полос голубого льда и глубоких трещин. Один из таких ледопадов — Барьер Сомнений, перегородивший поперек весь ледник Шокальского чуть ниже того места, где он выползал из главного щита» [2]. Мне кажется, что это словосочетание хорошо подходит для рассказа о жизни Каневского. Любой человек в жизни оказывается в ситуации, когда его посещают сомнения, идти вперед или остановиться, поверить или сомневаться, и не всем людям удастся преодолеть препятствия, которые им встречаются на пути. Каневский – человек, который смог преодолеть их, перейти барьеры и, несмотря на страшные повороты судьбы, прожить ее «поверх барьеров». Это выражение из стихотворения Пастернака Каневский тоже упоминает в своей книге, это красивый образ, который символизирует и жизненный путь самого писателя, и жизненный путь многих исследователей Арктики, о которых Каневский пишет в своих книгах.

Список литературы

1. Каневский З.М. Загадки и трагедии Арктики. Москва: Знание, 1991. С. 191
2. Каневский З.М. Жить для возвращения : автобиографическая повесть. — М. : Аграф, 2001. — 443 <https://coollib.com/b/257655-zinoviy-mihaylovich-kanevskiy-zhit-dlya-vozvrasheniya/read>
3. Каневский З.М. Полярник // Природа. 1976. № 5. С. 52-63
4. Каневский З. М. Его диссертация - на всех картах мира! // 1991, № 6 <http://vivovoco.astronet.ru/VV/PAPERS/BIO/USHAKOV.HTM>
5. Каневский З.М. "И станут возвращаться имена..." // Земля и Вселенная. 1989, №1, с.60-66. <http://vivovoco.astronet.ru/VV/PAPERS/BIO/USHAKOV.HTM>
6. Зиновий Михайлович Каневский (без автора) // Знание-сила, 1997 № 03 (837) <https://tech.wikireading.ru/h4am1tNy69>
7. Романенко Ф.А. Советские писатели в Арктике // <https://cyberleninka.ru/article/n/sovetskie-pisateli-v-arktike/viewer>

«Russian Arctic» is a scientific peer-reviewed journal, established in 2018. It publishes open access academic/scholarly research in Russian and English. Full text are available online. Double-blind peer-review process is supported.

LLC Center for Information and Legal Support for the Development of the Arctic is the Journal's founder and publisher.

ISSN (online): 2658-4255

Focus and scope:

- enable the scientists studying the Arctic to quickly publish the results of their research;
- provide scientific support to strategic projects in the Arctic;
- draw the attention of a wide audience to healthcare issues faced by the Arctic's indigenous population, to the environment and climate of the Russian North;
 - provide Russian and foreign scientists with a platform for dialogue and exchange of knowledge;
- increase the prestige of Russian scientific research at the global level.

Section Policies

2739 Public health, Environmental and Occupational health
 2100 Energy
 1900 Earth and Planetary Sciences:
 1902 Atmospheric science
 1905 Economic geology
 1910 Oceanography

Publication frequency:

4 times a year;
 special and thematic issues are published on request.