

ISSN(Online): 2658-4255

RUSSIAN ARCTIC

russian-arctic.info

#2(13)/2021

A hand wearing a red jacket and a black leather glove holds a vintage brass compass. The compass is open, showing a blue face with white markings and a needle. The background is a blurred Arctic landscape with snow-covered mountains and a small village with wooden houses and a church spire under a cloudy sky.

THE ARCTIC IS THE VECTOR OF THE GLOBAL POLITICS

RESULTS
OF ECOLOGICAL STUDIES OF THE
RUSSIAN ARCTIC EAS

CONTEMPORARY ISSUES
OF INTERNATIONAL
COOPERATION IN THE ARCTIC

CHIEF EDITOR

Kira Zmieva

EDITORIAL BOARD

Nikolay Koldunov, PhD (Bremen, Germany)
Hajime YAMAGUCHI, professor (Tokyo, Japan)
YOUNKYOON KIM, professor (Seoul, Korea))
Takuji Waseda (Tokyo, Japan)
Kokin Sergey, PhD (Harbin, China)
Mr. Rhee Han Woo, candidate of Doctor of IR (Seoul, Korea)
Thomas Krumpfen, PhD in geoscience (Bremen, Germany)
Belonenko Tatiana, Doctor of Sciences (St. Petersburg, Russia)
Bryantsev Alexander, Doctor of Sciences (Moscow, Russia)
Chashchin Valery, Doctor of Sciences, Prof (St. Petersburg, Russia)
Chubarova Natalia, Doctor of Sciences (Moscow, Russia)
Degteva Galina, Doctor of Sciences (Arkhangelsk, Russia)
Dmitriev Vasily, Doctor of Sciences (St. Petersburg, Russia)
Eseev Marat, Doctor of Sciences (Arkhangelsk, Russia)
Filippov Boris, 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)
Kydrushova Elena, Doctor of Sciences, Prof (Arkhangelsk, Russia)
Lebedev Sergey, Doctor of Sciences (Moscow, Russia)
Levykin Sergey, Doctor of Sciences, Prof (Yekaterinburg, Russia)
Malinin Valery, Doctor of Sciences (St. Petersburg, Russia)
Mingazova Elmira, Doctor Sciences, professor (Kazan, Russian)
Mironov Evgeny, Doctor of Sciences (St. Petersburg, Russia)
Mitina Elena, Doctor of Sciences (Murmansk, Russia)
Nikuschenko Dmitry, Doctor of Sciences (St. Petersburg, Russia)
Prohorchuk Egor, Doctor of Sciences (Moscow, Russia)
Repina Irina, Doctor of Sciences, Professor (Moscow, 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)
Slobodchikov Vladimir, Doctor of Sciences (Moscow, Russia)
Stepanova Vera, Doctor of Sciences (Arkhangelsk, Russia)
Talykova Lyudmila, Doctor of Sciences (Kirovsk, Russia)
Tokarevich Nikolay, Doctor of Sciences (St. Petersburg)
Turichin Gleb, Doctor of Sciences (St. Petersburg, Russia)
Varivodov Vladimir, Doctor of Sciences (Moscow, Russia)
Zvorykina Julia, Doctor of Sciences (Moscow, Russia)
Bayeva Julia, PhD (Moscow, Russia)
Chebrov Danila, PhD (Petropavlovsk Kamchatsky, Russia)
Ivanov Boris, PhD (St. Petersburg, Russia)
Karyakin Yuri, PhD (Moscow, Russia)
Khvostova Marina, PhD (Moscow, Russia)
Klimanov Igor, PhD (Moscow, Russia)
Nikanov Alexander, PhD (St. Petersburg, Russia)
Pisarev Sergey, PhD (St. Petersburg, Russia)
Saltykova Olga, PhD (Cheboksary, Russia)
Sharonov Andrey, PhD (St. Petersburg, Russia)
Smolyanitsky Vasily, PhD (St. Petersburg, Russia)
Stepanov Rodion, PhD (Moscow, Russia)
Tretyakov Viktor, PhD (St. Petersburg, Russia)
Tsykalov Anatoly, PhD (Krasnoyarsk, Russia)
Yulin Alexander, PhD (St. Petersburg, Russia))

EDITORIAL STAFF

Science editor

Tatiana Alekseeva(AARI)

CEO

Elena Makova

Executive secretary

Marina Belikova

PR

Olga Chahovskaya

MANUSCRIPT SUBMISSION

info@arctic-centre.com

ADDRESS

101000, Moscow, Armenian lane,
9/1/1 bld., room 203

MASS MEDIA registration

ЭЛ №ФС77-72859 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: 26.07.2021



CYBERLENINKA

АНТИПЛАГИАТ
ТОРНИТЕ СОБСТВЕННЫМ УМОМ

CONTENTS

04

Editor's letter

GEOECOLOGY

05

GEOECOLOGICAL ZONING OF THE BAYS OF THE WHITE SEA

N.N. Ruznikova

14

RESULTS OF ECOLOGICAL STUDIES OF THE RUSSIAN ARCTIC EAS

B.A. Nersesov, N.A. Rimsky-Korsakov

METEOROLOGY

26

AIR TEMPERATURE CHANGES IN BARENTSBURG (SVALBARD) IN XX-XXI CENTURIES.

JUSTIFICATION FOR INTRODUCING A NEW CLIMATE STANDARD

T.K. Karandasheva, V.I. Demin, B.V. Ivanov, A.D. Revina

ECONOMIC, SOCIAL, POLITICAL AND RECREATIONAL GEOGRAPHY

40

POLAR RESEARCH SUPPORT TOOLS: CITIZEN SCIENCE

DEVELOPMENT THROUGH THE SHIP-BASED TOURISM INDUSTRY

A. Astafurova

ELECTRICAL ENGINEERING

62

DEVELOPMENT OF ELECTRIC POWER INDUSTRY IN THE ARCTIC REGIONS OF THE

RUSSIAN FEDERATION, CONSIDERING THE USE OF RENEWABLE ENERGY SOURCES

A.V. Ivanov, A.A. Skladchikov, A.Yu. Khrennikov

81

OPTIMIZATION OF THE ELECTRICAL COMPLEX FUNCTIONING PARAMETERS OF

WATER-LIFTING AREAS IN ARCTIC CLIMATE CONDITIONS

G.A. Palkin

ARCTIC MEDICINE

105

SOCIO-ECONOMIC PORTRAIT AND MEDICAL AND DEMOGRAPHIC CHARACTERISTICS OF THE ARCTIC TERRITORIES OF THE REPUBLIC OF SAKHA (YAKUTIA)

A.A. Kovshov, Novikova Yu.A., V.N. Fedorov, Tikhonova N.A.

INTERNATIONAL ASPECT

118

CONTEMPORARY ISSUES OF INTERNATIONAL COOPERATION IN THE ARCTIC

A.V. Kirgizov-Barskii

У

ВАЖАЕМЫЕ ЧИТАТЕЛИ!



В последние десятилетия международное научное сотрудничество в Арктическом регионе развивается крайне динамично. Значительно возрос уровень технической оснащенности арктических исследований, расширился круг участников исследовательских программ – уже не только циркумполярные страны, но и ряд неарктических государств активно участвуют в изучении Арктики.

Международные исследования в Арктике интенсивно реализуются различными международными организациями, такими как: Северный Форум, Международный союз циркумполярного здоровья, Международный арктический научный комитет, Арктический институт и многие другие. Но, в первую очередь, драйвером полярной науки является Арктический совет.

В мае 2021 года председательство в Арктическом совете на двухлетний период перешло от Исландии к России. Это уже второй период председательства нашей страны в этой международной организации, в которую также входят Дания, Исландия, Канада, Норвегия, США, Финляндия и Швеция. Председательство – это уникальная площадка для стимулирования не только экономического роста, международной кооперации и поддержки инвестиционных проектов, реализуемых на принципах государственно-частного партнёрства, но и отличная возможность для развития научного сотрудничества арктических государств, координации их действий в интересах обеспечения устойчивого развития региона, защиты окружающей среды и предотвращения чрезвычайных ситуаций.

Таким образом, сегодня роль научного сообщества в деле обеспечения устойчивого развития Арктической зоны значительно возрастает. Россия заинтересована в сохранении Арктики, как территории мира и взаимовыгодного сотрудничества, невозможного без серьезной исследовательской работы и поиска путей развития. Любое взаимодействие на Севере должно опираться на интересы всего человечества. Стратегические преимущества Арктического региона очевидны большинству государств, однако практически все крупные проекты в Арктике могут быть осуществлены лишь в среднесрочной или долгосрочной перспективе, а это значит, что регион превращается в поле научного и интеллектуального противоборства в области глобального планирования и управления. Важно отметить, что в силу капиталоемкости и наукоемкости арктических проектов, сегодня ни один из игроков в этом регионе не в состоянии в полной мере осуществлять их самостоятельно. Масштабность возникающих задач, продиктованных спецификой Арктики, подчеркивает необходимость самого широкого международного сотрудничества.

Очередной 13-й выпуск научного журнала «Российская Арктика» получился разнообразным и насыщенным. Мы поговорим как о проблемах и вызовах международного сотрудничества в Арктике, так и о решении задач геоэкологического районирования, метеорологии полярной зоны, развитии возобновляемых источников энергии для нужд севера, обеспечении бесперебойного водоснабжения в условиях низких температур, а также об арктической медицине и морском туризме.

Приятного прочтения!
Кира Змиева,
Главный редактор

УДК 502; 556; 911.6

DOI: 10.24412/2658-4255-2021-2-05-13

Для цитирования:

Н.Н. Ружникова
Геоэкологическое
районирование заливов
Белого моря // Российская
Арктика. 2021. № 13. С. 05–13.
DOI: 10.24412/2658-4255-2021-2-05-13

Получена: 03.03.2021

Принята: 20.06.2021

Опубликована: 01.07.2021



Статья распространяется в полнотекстовом формате на условиях лицензии Creative Commons Attribution 4.0

Работа выполнена в рамках темы НИР № 0128-2021-0006 «Современные и древние донные осадки и взвесь Мирового океана – геологическая летопись изменений среды и климата: рассеянное осадочное вещество и донные осадки морей России, Атлантического, Тихого и Северного Ледовитого океанов - литологические, геохимические и микропалеонтологические исследования; изучение загрязнений, палеообстановок и процессов в маргинальных фильтрах рек».

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ ЗАЛИВОВ БЕЛОГО МОРЯ

Н.Н. Ружникова¹

¹ Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва, Россия; nina_zavernina@bk.ru

Аннотация: Районирование заливов Белого моря обусловлено интенсивным антропогенным влиянием на его акваторию. Ранее автор в своих работах выполнила экологическое районирование всей акватории моря по среднегодовым и сезонным значениям. На берегах заливов расположены крупные города, в которых размещены предприятия лесной, деревообрабатывающей, машиностроительной, химической промышленности, в трех из четырех заливов расположены нефтяные терминалы. Поэтому возникает вопрос, как будет изменяться экологическая обстановка в заливах в разные сезоны. Районирование выполнено посредством балльных классификаций. В качестве исходных данных были использованы статистические данные Росгидромета и текстовые данные из литературных источников. Для исследования было отобрано 27 влияющих факторов, разбитых на 6 групп. Акватория Белого моря разбита на 88 равных участков. Сезоны выбирались календарными. Итоговые результаты расчетов представлены на 4 рисунках. Анализ сезонных карт заливов Белого моря показал, что экологическая напряженность в весенний период наиболее высокая, в летний – наименее. Основными факторами, влияющими на данный результат, являются загрязнение воды и нефтяное загрязнение.

Ключевые слова: Белое море, заливы, районирование, сезоны, факторы, экологическая напряженность, изменчивость, балльные оценки, берега, весовые коэффициенты

GEOECOLOGICAL ZONING OF THE BAYS OF THE WHITE SEA

N.N. Ruzhnikova¹

¹ Shirshov Institute of Oceanology RAS, Moscow, Russia
nina_zavernina@bk.ru

Abstract: Zoning of the White Sea subjects to intense anthropogenic influence. Previously the author in his works performed ecological zoning the entire water area of the sea according to average annual and seasonal values. Large cities are located on the shores of the bays, in which enterprises of the forest, woodworking, engineering, chemical industry are located, oil terminals are located in three of the four bays. Zoning is carried out by means of point classifications. Statistical data of Roshydromet and text data from literary sources were used as initial data. For the study, 27 influencing factors were selected, divided into 6 groups. The water area of the White Sea is divided into 88 equal sections. Calendar seasons have been selected. The final results of calculations are shown in 4 figures. Analysis of seasonal maps of the bays of the White Sea showed that environmental tensions in the spring are highest, in the summer - the least. The main factors influencing this result are water pollution and oil pollution.

Keywords: White Sea, bays, zoning, seasons, factors, environmental stress, variability, point grades, shores, weighting factors

Одним из наиболее эффективных способов компактного представления информации об объекте в науках о земле является районирование территорий и акваторий. Поэтому районирование имеет давнюю историю, и за многие годы была разработана соответствующая методология, позволяющая решать множество научных и прикладных задач.

Первое в научном понимании районирование территорий в России – в середине XIX века – было выполнено К.И. Арсеньевым [16], который по статистическим данным выделил хозяйственные районы России. Но собственно методологию районирования как научное направление начал разрабатывать П.П. Семёнов-Тян-Шанский [2], который первым начал составлять тематические карты. Заложенные в этих работах научные основы были развиты в советское время целой плеядой учёных, создавших отечественную школу районирования: Н.Н. Баранским [1], В.И. Блануцей [3], В.С. Тикуновым [19], В.Л. Каганским [8], А.М. Трофимовым [20], Б.И. Кочуровым [13] и др. В настоящее время районирование превращается в набор технологий, которые стремительно развиваются [12].

Особо следует отметить вклад Б.И. Кочурова, разработавшего методологический подход к геоэкологическому районированию по степени экологической напряжённости.

При том, что Белое море имеет небольшие размеры и относительно хорошо изучено, применительно к этому объекту отсутствует системный подход геоэкологического районирования акватории. Исследовательских работ, выполненных в данном русле, также очень мало.

Геоэкологическое районирование – это комплексное районирование, основной объект которого — целостные природно-хозяйственные образования (современные природно-антропогенные ландшафты, или геосистемы), оцененные либо по степени антропогенного влияния и преобразованное природных ландшафтов, либо по характеру и степени экологического неблагополучия с точки зрения качества жизни человека [14].

При решении поставленной задачи была использована методология балльных классификаций, основанная на суммарной оценке баллов с учетом весовых коэффициентов факторов, успешно используемая для классификации водных объектов [10, 11, 15].

Сравнение факторов в таких экспертных системах производится на основании суммы баллов, в которых оцениваются значения характеристик объекта. Под характеристиками в данном случае понимаются числовые величины факторов, влияющих на состояние акватории. Степень вклада каждого фактора определяется экспертным

путем в виде соответствующих весовых коэффициентов. Весовые коэффициенты часто используются в моделях классификации природных объектов, где они позволяют более корректно учесть значимость показателей влияющих факторов, выраженных в баллах [5, 9, 10].

Объект исследования. Акватория Белого моря отличается большой пространственно-временной изменчивостью всех протекающих в нём процессов, причиной которой являются изрезанность береговой черты, наличие сильных приливных течений и наличие ледяного покрова. Данное обстоятельство сказывается и на районировании акватории моря, что было подтверждено в работе [17], выполненной по этой же методологии. При этом было установлено, что крупные заливы имеют свои особенности, отличающие их друг от друга, а также от остальной акватории моря.

Поэтому в качестве объекта дальнейших исследований и были выбраны крупные заливы Белого моря, к которым относятся Кандалакшский, Онежский, Двинский и Мезенский, чтобы более детально определить их отличия при проведении районирования. Для них характерно большое количество островов, сложный рельеф дна, интенсивные приливы и большой речной сток. Также на берегах этих заливов расположены крупные промышленные города – Архангельск, Северодвинск, Онега, Кемь-Порт, Кандалакша и Мезень, для которых характерны выбросы в атмосферу и сброс загрязнённых вод (Рис. 1).

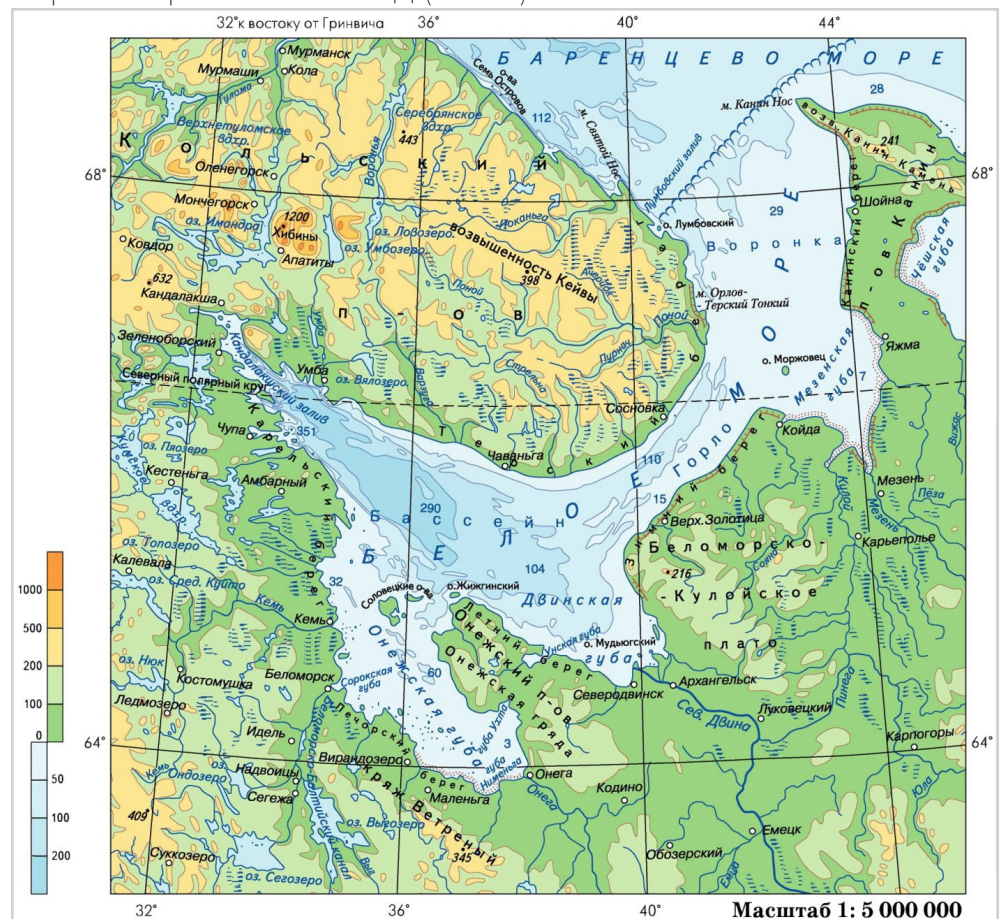


Рисунок 1 – Карта Белого моря.

Целью данной работы является проведение геоэкологического районирования заливов Белого моря, выявление их особенностей и выделение береговых зон в заливах с наиболее подверженных негативному воздействию участков при антропогенной нагрузке.

Методика. Весовые коэффициенты влияющих факторов рассчитывались одним из самых распространенных и получивших наибольшую популярность в мире методов многокритериального оценивания - методом анализа иерархий (МАИ) [18]. Для проведения районирования было выделено 27 факторов, объединенные в 6 групп по общим характеристикам: климатические (термический режим, ветер, туман, опасные гидрометеорологические явления), океанологические (течения, ветровое волнение, приливы, фронтальные зоны, речной сток, ледовые явления), гидрохимические (соленость, потребление кислорода, рН, концентрация биогенов, кислород), геологические (взвеси, устойчивость берегов, рельеф дна), социально-экономические (транспорт, население), экологические (ООПТ, биопродуктивность, морские млекопитающие, рыбные запасы, загрязнение атмосферы, загрязнение воды, нефтяное загрязнение) [6].

Вся акватория моря разделена на 88 участков в виде квадратов. Для каждого квадрата рассчитывался интегральный показатель по формуле [10]:

$$I_R = \sum_1^R k_j \sum_i^n k_{ij} p_i ,$$

где k_j – весовые коэффициенты групп факторов, k_{ij} – весовые коэффициенты внутри групп, $j = 1...R$ – количество групп, p_i – балльные оценки факторов, I – сумма баллов каждого объекта по данным измерений признаков. Для получения балльных оценок строились линейные шкалы характеристик факторов в диапазоне от 0 до 9 баллов. Значения весовых коэффициентов определялись в долях единицы.

На основе суммирования внутригрупповых балльных оценок с учётом весовых коэффициентов факторов и межгрупповых весовых коэффициентов построены 4 карты – рис. 2.

Геоэкологическое районирование выполнено по сезонным данным, которые в данном случае брались как календарные [4]. Для анализа карт была построена вербально-числовая шкала экологической напряженности. Под «экологической напряженностью» понимается степень изменения окружающей природной среды, складывающаяся в результате определенного сочетания и соотношения ареалов экологических ситуаций разной степени остроты [14].

Вербально-числовая шкала построена в линейном приближении на основании полученных наибольшего и наименьшего интегральных показателей и была разбита на 5 классов экологической напряженности:

V - очень высокий (4,5-4), IV – высокий (4-3,5), III – средний (3,5-3), II – умеренный (3-2,5), I – низкий (2,5-2). Анализ карт проходил по принципу: чем выше значение показателя, тем уязвимее район акватории в экологическом отношении.

Анализ результатов. Рассмотрим общую картину экологической напряженности, выделяя факторы, оказывающие наибольшее влияние на ситуацию. В зимний период в заливах преобладает преимущественно III класс экологической напряженности (34%) (Рис. 2а).

Мезенский залив – почти по всей береговой линии залива преобладает III класс экологической напряженности. В устьевой области р. Мезени, где величина напряженности наибольшая, основным фактором, влияющим на данную обстановку является термический режим атмосферы.

Кандалакшский залив – наблюдается II класс экологической напряженности. По южному берегу залива

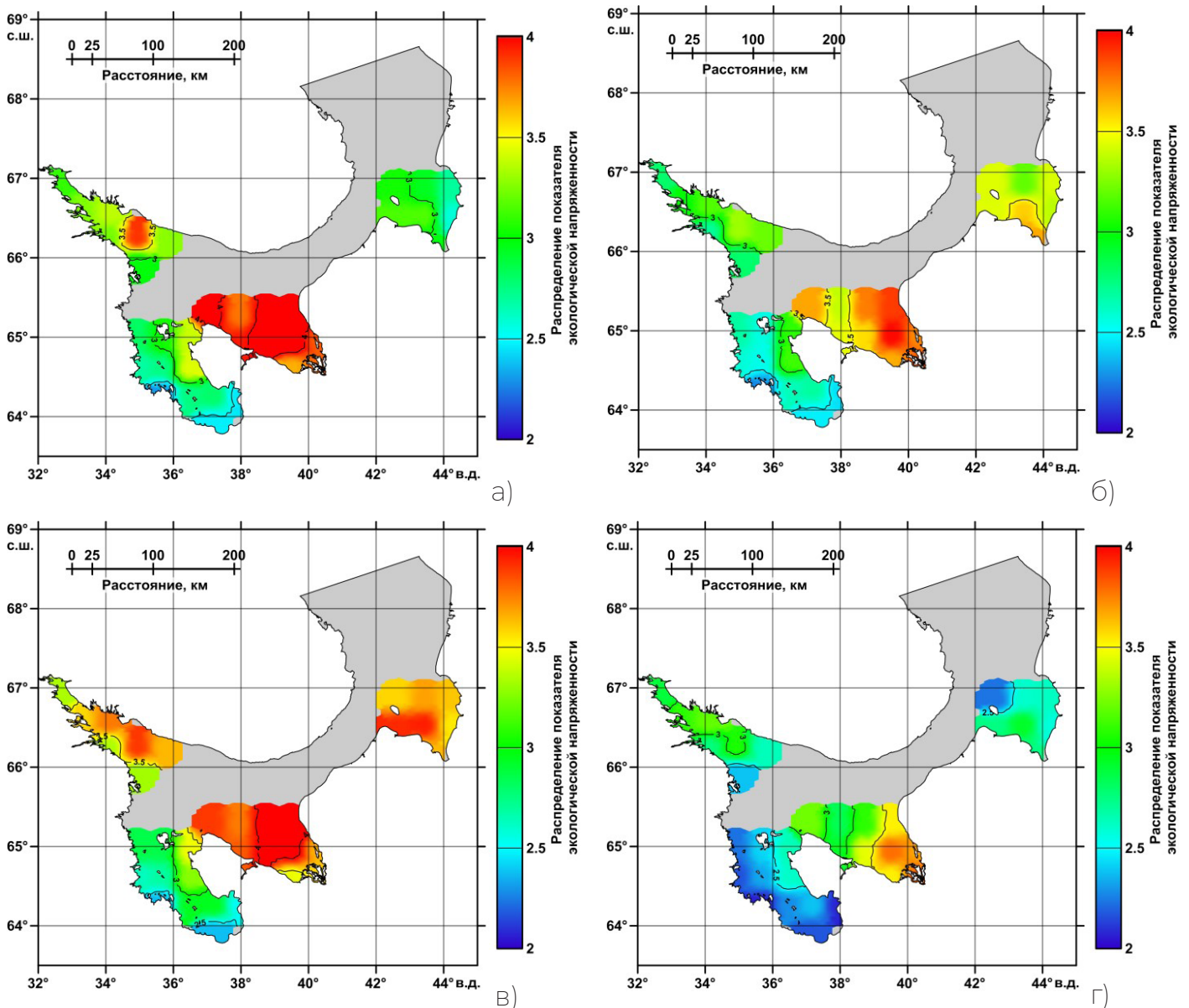


Рисунок 2 – Экологическая напряженность в заливах Белого моря: а) в зимний период; б) в весенний период; в) в летний период; г) в осенний период.

преобладает III класс экологической напряженности. Основным фактором, влияющим на такую ситуацию, является нефтяное загрязнение.

Онежский залив – по всему заливу преобладают II и I классы экологической напряженности. И только на выходе из залива по восточному берегу наблюдается III класс экологической напряженности.

Двинский залив – преобладает III класс экологической напряженности. По всему северному берегу залива, куда направляется сток Северной Двины наблюдается V класс экологической напряженности. Факторы, оказывающие наибольшее влияние на данную ситуацию: загрязнение воды и нефтяное загрязнение.

В весенний период в заливах в целом преобладает IV класс экологической напряженности (46%) (Рис. 2б).

Мезенский залив – преобладает III класс экологической напряженности, на выходе из залива по южному берегу наблюдается IV класс экологической напряженности. Фактором, влияющим на данную ситуацию, как и зимой, является термический режим.

Кандалакшский залив – преобладает III класс экологической напряженности. В центральной части залива на южном побережье наблюдается IV класс экологической напряженности. Фактор, влияющий на данную ситуацию – нефтяное загрязнение.

Онежский залив – преобладает II и I класс экологической напряженности. На выходе из залива по восточному берегу наблюдается III класс экологической напряженности. Факторы, влияющие на данную ситуацию – загрязнение воды и воздействие на особо охраняемые природные территории.

Двинский залив – преобладает IV и V класс экологической напряженности. В центральной части залива наблюдается V класс экологической напряженности. Факторы, влияющие на данную ситуацию: загрязнение воды стоком Северной Двины и нефтяное загрязнение.

В летний период в заливах также преобладает II класс экологической напряженности (37%) (Рис. 2в).

В Мезенском заливе – по всему побережью преобладает II класс экологической напряженности. Фактором, влияющим на данную ситуацию, являются загрязнение воды и нефтяное загрязнение.

В Кандалакшском заливе – преобладает II класс экологической напряженности. Основным фактором, влияющим на данную ситуацию, является нефтяное загрязнение.

В Онежском заливе преобладает I класс экологической напряженности. И только на выходе из залива на восточном побережье наблюдается II класс экологической напряженности. Основным фактором, оказавшим влияние на такой результат, является загрязнение воды.

В Двинском заливе наблюдается III и IV класс экологической напряженности. Устьевую часть залива

и северное побережье занимает район с IV классом экологической напряженности. Факторы, влияющие на такую ситуацию - это нефтяное загрязнение, загрязнение воды и воздуха.

В осенний период в заливах преобладает III и II класс экологической напряженности (31%) (Рис. 2г).

В Мезенском заливе наблюдается III класс экологической напряженности. Факторы, влияющие на данную ситуацию – это рыбные запасы и загрязнение воды.

В Кандалакшском заливе преобладает III класс экологической напряженности. В центральной части наблюдается IV класс экологической напряженности. Основным фактор, влияющий на такую обстановку – это нефтяное загрязнение.

В Онежском заливе наблюдается II умеренный класс экологической напряженности. На выходе из залива по восточному побережью наблюдается III класс экологической напряженности. Факторы, влияющие на данную ситуацию – это загрязнение воды и нефтяное загрязнение, особо охраняемые природные территории.

В Двинском заливе почти по всему заливу наблюдается V и IV очень класс экологической напряженности. Факторами, влияющими на данную ситуацию, являются нефтяное загрязнение и загрязнение воды.

По материалам ранее выполненных исследовательских работ в весенний период на остальной части акватории преобладает также IV класс экологической напряженности (49%), в летний период на остальной части акватории также II класс (40%).

Анализ карт показал, что во все сезоны в Двинском заливе экологическая напряженность наиболее высокая. Это связано с высокой антропогенной нагрузкой на устьевую область залива (расположенных в данном районе крупных промышленных городов, машиностроительных и лесобработывающих предприятий) и высоким речным стоком. В Онежском заливе обстановка наименее напряженная. Это связано с низкой антропогенной нагрузкой, низкими приливами и течениями, небольшими глубинами.

Заключение. Таким образом, анализ карт геоэкологического районирования по сезонам в крупных заливах Белого моря показал, что экологическая ситуация в заливах в весенний период наиболее напряженная, а в летний период – наименее напряженная. Это связано с повышением температурного режима и началом процессов таяния ледяного покрова, увеличением стока пресных вод. При этом каждый залив отличается своими особенностями, что может иметь прикладное значение при планировании хозяйственной деятельности и осуществлении мероприятий, разрабатываемых для предотвращения и ликвидации аварийных ситуаций.

Список литературы:

1. Баранский Н.Н. Избранные труды. Научные принципы географии. – М.: Мысль, 1980. 239 с.
2. Берг Л.С. Очерки по истории русских географических открытий. – М.-Л.: Издательство Академии наук СССР, 1946. 258 с.
3. Блануца В.И. Интегральное экологическое районирование: концепции и методы. – М.: ИНФРА-М, 2016. 159 с.
4. Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Том II. Белое море. Вып.1. Гидрометеорологические условия. Л.: Гидрометеиздат, 1991, 240 с.
5. Губайдуллин М.Г., Коробов В.Б. Экспертная интегральная оценка экологического состояния геологической среды. Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология, 2005, № 3, С. 244-252.
6. Завернина Н.Н., Коробов В.Б. Факторы, определяющие экологическую ситуацию в Белом море. Проблемы изучения, рационального использования и охраны природных ресурсов Белого моря. Материалы X Международной конференции. – Архангельск: Изд-во СГМУ, 2007. С. 313-316.
7. Залогин Б.С., Косарев А.Н. Моря. М.: Мысль, 1999. 400 с.
8. Каганский В.Л. Основные практики и парадигмы районирования // Региональные исследования, 2003, № 2. С. 17-30.
9. Коробов В.Б. Географическое обоснование создания транспортной инфраструктуры Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции. Известия РАН. Серия географическая, 2006, № 4. С. 87-98.
10. Коробов В.Б. Экспертные методы в географии и геоэкологии // Издательство Поморского государственного университета. Архангельск, 2008. С. 244.
11. Коробов В.Б., Середкин К.А. Применение экспертных сетей для экологического районирования Белого моря // Известия Российской академии наук. Серия географическая, 2016, № 3. С. 81-87.
12. Коробов В.Б., Кочуров Б.И., Тутыгин А.Г. Методология районирования сложных географо-экологических объектов экспертно-статистическими методами. – Проблемы региональной экологии, 2020, № 5. С. 42-48.
13. Кочуров Б.И., Антипова А.В., Назаревский Н.В., Быкова О.Ю., Митяева Г.Т., Мокрушина Л.С., Аксенова А.И. Районирование территории России по степени экологической напряженности // Известия Российской академии наук. Серия географическая, 1994, № 1. С. 119-125.
14. Кочуров Б.И. Геоэкологическое картографирование. М.: Академия, 2012. 224 с.
15. Матишов Г.Г., Ивлиева О.В., Беспалова Л.А., Кропянко Л.В. Эколого-географический анализ морского побережья Ростовской области // Доклады Академии наук, 2015, № 1. С. 88-92.
16. Никитин Н.П. К.И. Арсеньев и его роль в развитии экономической географии в России. – Вопросы географии. Сб. 10. Экономическая география СССР. – М.: 1948, ОГИЗ. С. 3-40.
17. Ружникова Н.Н., Коробов В.Б. Сезонная изменчивость районирования акватории Белого моря. Проблемы региональной экологии, 2017, № 3. С. 48-55.
18. Саати Т., Кернс К. Аналитическое планирование, М.: Радио и связь, 1991. 224 с.
19. Тикунов В.С. Классификации в географии: ренессанс или увядание (Опыт формальных классификаций). Москва-Смоленск: Смоленский гуманитарный университет, 1997. 367 с.
20. Трофимов А.М., Кочуров Б.И., Кучерявенко Д.З., Рубцов В.А., Булатова Г.Н. Подходы к составлению карт эколого-экономического районирования региона // Проблемы региональной экологии, 2008, № 4. С. 17-23.

References:

1. Baranskij N.N. Izbrannye trudy. Nauchnye principy geografii. – M.: Mysl', 1980. 239 p.
2. Berg L.S. Ocherki po istorii russkih geograficheskikh otkrytij. – M.-L.: Izdatel'stvo Akademii nauk SSSR, 1946. 258 p.
3. Blanuca V.I. Integral'noe ekologicheskoe rajonirovanie: koncepcii i metody. – M.: INFRA-M, 2016. 159 p.
4. Hydrometeorology and hydrochemistry of the USSR seas. Volume II. White sea. Vol.1. Hydrometeorological conditions. - L.: Hydrometeoizdat, 1991. 240 p.
5. Gubajdullin M.G., Korobov V.B. Ekspertnaya integral'naya ocenka ekologicheskogo sostoyaniya geologicheskoy sredy. Geoekologiya. Inzhenernaya geologiya. Gidrogeologiya. Geokriologiya, 2005, № 3, pp. 244-252.
6. Zaverina N. N., Korobov V. B. The determinants of the ecological situation in the White sea. Problems of study, rational use and protection of natural resources of the White sea. Proceedings of the X International conference. Arkhangelsk: Publishing house of SSMU, 2007, pp. 313-316.
7. Zalogin B. S., Kosarev A. N. Sea. Moscow: Mysl', 1999, 400 p.
8. Kaganskij V.L. Osnovnye praktiki i paradigmy rajonirovaniya // Regional'nye issledovaniya, 2003, № 2. pp. 17-30.
9. Korobov V. B. Geographical substantiation of the creation of transport infrastructure of the Timan-Pechora oil and gas province. Izvestiya RAN. Geographical series, 2006, No. 4, pp. 87-98.
10. Korobov V. B. The Expert methods in geography and Geoecology. Publishing house of Pomor state University. Arkhangelsk, 2008, 244 p.
11. Korobov V. B., Seredkin K. A. Application of expert networks for environmental zoning of the White sea // Bulletin of the Russian Academy of Sciences. Geographical series, 2016, No. 3, pp. 81-87.
12. Korobov V.B., Kochurov B.I., Tutygin A.G. Metodologiya rajonirovaniya slozhnyh geografo-ekologicheskikh ob'ektov ekspertno-statisticheskimi metodami. – Problemy regional'noj ekologii, 2020, № 5. pp. 42-48.
13. Kochurov B.I., Antipova A.V., Nazarevskij N.V., Bykova O.YU., Mityaeva G.T., Mokrushina L.S., Aksenova A.I. Rajonirovanie territorii Rossii po stepeni ekologicheskoy napryazhennosti // Izvestiya Rossijskoj akademii nauk. Seriya geograficheskaya, 1994, № 1. pp. 119-125.
14. Kochurov B.I. Geoekologicheskoe kartografirovanie. M.: Akademiya, 2012. 224 p.
15. Matishov G. G., Imlieva O. V., Bepalova L. A., Krupenko L. V. Ecologo-geographical analysis of the sea coast in Rostov region // Reports of Academy of Sciences, 2015, No. 1, pp. 88-92.
16. Nikitin N.P. K.I. Arsen'ev i ego rol' v razvitii ekonomicheskoy geografii v Rossii. – Voprosy geografii. Sb. 10. Ekonomicheskaya geografiya SSSR. – M.: 1948, OGIZ. pp. 3-40.
17. Ruzhnikova N.N., Korobov V.B. Sezonnaya izmenchivost' rajonirovaniya akvatorii Belogo morya. Problemy regional'noj ekologii, 2017, № 3. pp. 48-55.
18. Saaty T., Kearns K. Analytical Planning. Moscow: Radio i svyaz', 1991, 224 p.
19. Tikunov V.S. Klassifikacii v geografii: renessans ili uvyadanie (Opyt formal'nyh klassifikacij). Moskva-Smolensk: Smolenskij gumanitarnyj universitet, 1997. 367 p.
20. Trofimov A.M., Kochurov B.I., Kucheryavenko D.Z., Rubcov V.A., Bulatova G.N. Podhody k sostavleniyu kart ekologo-ekonomicheskogo rajonirovaniya regiona // Problemy regional'noj ekologii, 2008, № 4. pp. 17-23.

УДК 25.00.28

DOI: 10.24412/2658-4255-2021-2-14-25

Для цитирования:

Нерсесов Б.А., Римский-Корсаков Н.А. Результаты экологических исследований российских арктических морей // Российская Арктика. 2021. № 13. С. 14–25. DOI: 10.24412/2658-4255-2021-2-14-25

Получена: 09.06.2021

Принята: 29.06.2021

Опубликована: 13.07.2021



Статья распространяется в полнотекстовом формате на условиях лицензии Creative Commons Attribution 4.0

Работа выполнена в рамках государственного задания Минобрнауки России (тема № 0129-2021-00100 и № 0129-2021-00102). Авторы благодарны М.В. Фленту, С.Г. Пояркову и А.И. Вялышеву за содействие в проведении исследований.

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ РОССИЙСКИХ АРКТИЧЕСКИХ МОРЕЙ

Б.А. Нерсесов¹, Н.А. Римский-Корсаков¹

¹ Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Россия, Москва
nba1940@yandex.ru

Аннотация: Экологические исследования российских морей полярной зоны не теряют актуальности в силу угрожающего воздействия негативных факторов на их экосистему. Судами Российской Академии наук регулярно выполняются программы комплексного исследования экологического состояния российских арктических морей. Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН совместно с организациями-соисполнителями в 2004-2020 годах проводил систематическую экспедиционную работу в морях Российской Арктики, направленную на изучение региональных экосистем. При этом особенности экологических исследований связаны с наличием захоронений радиоактивных подводных объектов и отходов эксплуатации ядерных энергетических установок в акватории Новой Земли, а также комплексного изучения экосистем в акваториях других арктических морей. Проводимые экспедиционные работы имели цель уточнить местоположение и состояние подводных потенциально опасных объектов, а также степень воздействия затопленных радиоактивных объектов на водную среду. Как показала практика для обнаружения и обследования таких подводных объектов весьма эффективно комплексное использование гидроакустических, магнитометрических и видеосистем, технических средств отбора и радиационного анализа проб поверхностной и придонной воды, а также донных отложений. В статье также нашли отражение результаты экспедиционных экологических работ в Баренцевом, Карском, Лаптевых и Восточно-Сибирском морях.

Ключевые слова: арктические моря, подводные потенциально опасные объекты, морские экспедиции, экосистема, экологические исследования

RESULTS OF ECOLOGICAL STUDIES OF THE RUSSIAN ARCTIC EAS

Б.А. Nersesov¹, N.A. Rimsky-Korsakov¹

¹ Shirshov Institute of oceanology of RAS, Russia, Moscow
nba1940@yandex.ru

Abstract: Environmental studies of the Russian seas of the polar zone do not lose their relevance due to the threatening impact of negative factors on their ecosystem. The ships of the Russian Academy of Sciences regularly carry out programs for a comprehensive study of the ecological state of the Russian Arctic seas. Institute of Oceanology named after P.P. Shirshov RAS, together with co-executing organizations in 2004-2020, carried out systematic expeditionary work in the seas of the Russian Arctic, aimed at studying regional ecosystems. At the same time, the features of environmental studies are associated with the presence of burials of radioactive underwater objects and waste from the operation of nuclear power plants in the

water area of Novaya Zemlya, as well as a comprehensive study of ecosystems in the water areas of other Arctic seas. The expeditionary work carried out was aimed at clarifying the location and condition of potentially dangerous underwater objects, as well as the degree of impact of dumped radioactive objects on the aquatic environment. As practice has shown, the complex use of hydroacoustic, magnetometric and video systems, technical means of sampling and radiation analysis of samples of surface and bottom water, as well as bottom sediments, is very effective for the detection and examination of such underwater objects. The article also reflects the results of expeditionary ecological work in the Barents, Kara, Laptev and East Siberian seas.

Keywords: arctic seas, underwater potentially dangerous objects, sea expeditions, ecosystem, ecological research

Введение

Российская зона арктических морей является естественной природной границей страны с севера. Там Россия омывается шестью морями Северного Ледовитого океана: Баренцевым, Карским, Лаптевых, Восточно-Сибирским, Чукотским.

При этом экологическое состояние Арктики в силу угрожающего воздействия негативных факторов на ее экосистему не перестают волновать мировую общественность.

Целевая направленность экспедиционной деятельности научно-исследовательских судов РАН изложена в Морской доктрине Российской Федерации: *«Морские научные исследования направлены на получение системных знаний о Мировом океане и его использовании, всех аспектах природных и технических процессов, происходящих на его дне и в недрах, водной толще, на поверхности и в атмосфере над ним, на антропогенных объектах в Мировом океане в интересах обеспечения устойчивого развития и национальной безопасности Российской Федерации».*

Одна из актуальных экологических проблем морей Российской Арктики связана с наличием захоронений радиоактивных подводных объектов и отходов эксплуатации ядерных энергетических установок в акватории Новой Земли.

Кроме того, регулярно проводятся комплексные исследования экосистем обусловленных загрязнением вод северных морей стоками нефти и химических соединений, а также морским транспортом.

Таким, образом, специфическая проблема обследования подводных потенциально опасных объектов (ППОО) в российской арктической зоне за последние 70 лет не потеряла своей актуальности. В качестве таких подводных объектов, как правило, принимаются затопленные корабли и суда, имеющие на борту источники радиоактивных загрязнений.

С началом широкого развития атомной энергетики в конце

40-х годов остро встала проблема утилизации радиоактивных отходов (РАО). Одним из вариантов утилизации, получившим довольно широкое распространение, стал сброс РАО в открытое море.

Проводимые в морях Российской Арктики экспедиционные работы имели цель уточнить местоположение и состояние подводных потенциально опасных объектов, а также степень воздействия затопленных радиоактивных объектов на водную среду. При этом возникает проблема, связанная с радиологическим контролем.

Как показала практика, для поиска, обнаружения и обследования подводных объектов в условиях естественной маскировки (илистый грунт, донная флора, складки рельефа дна) весьма эффективно комплексное использование гидроакустических, магнитометрических и видеосистем, технических средств отбора и анализа проб поверхностной и придонной воды, а также донных отложений [1].

Такие судовые технические системы широко используются при проведении морских экспедиций по поиску ППОО, а также экологическому контролю радиоактивного загрязнения морской среды.

Контроль за решением этой проблемы возложен на Департамент предупреждения чрезвычайных происшествий МЧС России, по заказу которого, начиная с 1998 года, Институтом океанологии им. П.П. Ширшова РАН в акватории морей Российской Арктики проводятся экспедиции по обследованию подводных потенциально опасных объектов с использованием судовых геофизических средств.

Правительством Российской Федерации было принято Постановление от 28.06.2001 г. № 486 «О совершенствовании деятельности по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций на подводных потенциально опасных объектах», а также Постановление от 21.02.2002 г. №124 «О декларировании безопасности подводных потенциально опасных объектов, находящихся во внутренних водах и территориальном море Российской Федерации».

Во исполнение указанных Постановлений Правительства МЧС России возникло решение по созданию и ведению Реестра подводных потенциально опасных объектов во внутренних водах и территориальном море Российской Федерации (приказ МЧС от 2.08.2001 г. № 347 и приказ МЧС от 29.12.2001 г. №575).

В этой связи Департамент предупреждения чрезвычайных ситуаций МЧС России постоянно осуществляет мониторинг экологически опасных подводных объектов, занесенных в Реестр ППОО, путем проведения экспедиций по их поиску и обследованию на соответствующих акваториях.

Основная часть

1. Состояние экологических исследований морей Российской Арктики

Экологические исследования российских морей полярной зоны не теряют актуальности в силу угрожающего воздействия негативных факторов на их экосистему.

В 1991 году восемь арктических стран – Канада, Дания (включая Гренландию и Фарерские острова), Финляндия, Исландия, Норвегия, Российская Федерация, Швеция и США приняли Стратегию по защите окружающей среды Арктики (AEPS).

Международным экологическим сообществом установлено, что проблемы арктических акваторий постепенно перерастают в глобальные.

В 1996 году Министерства иностранных дел стран арктического региона подписали Оттавскую декларацию и образовали Арктический совет, который призвал обеспечить программу по всестороннему внедрению устойчивого развития региона.

Судами Российской Академии наук регулярно выполняются программы комплексного исследования экосистем арктических (Баренцева, Карского, Лаптевых и Восточно-Сибирского) морей (рис.1).

Программа ООН по окружающей среде (ЮНЕП) выделяет следующие основные экологические проблемы Арктического региона:

- загрязнение вод северных морей стоками нефти и химических соединений, а также морским транспортом;
- сокращение популяции арктических животных и изменение их среды обитания;
- изменение климата и таяние арктических льдов.

Причем повсеместное таяние льдов в Арктике представляется довольно опасным явлением. По сравнению с 1979 годом площадь льдов составляла 7,2 млн. кв. км, то в 2007

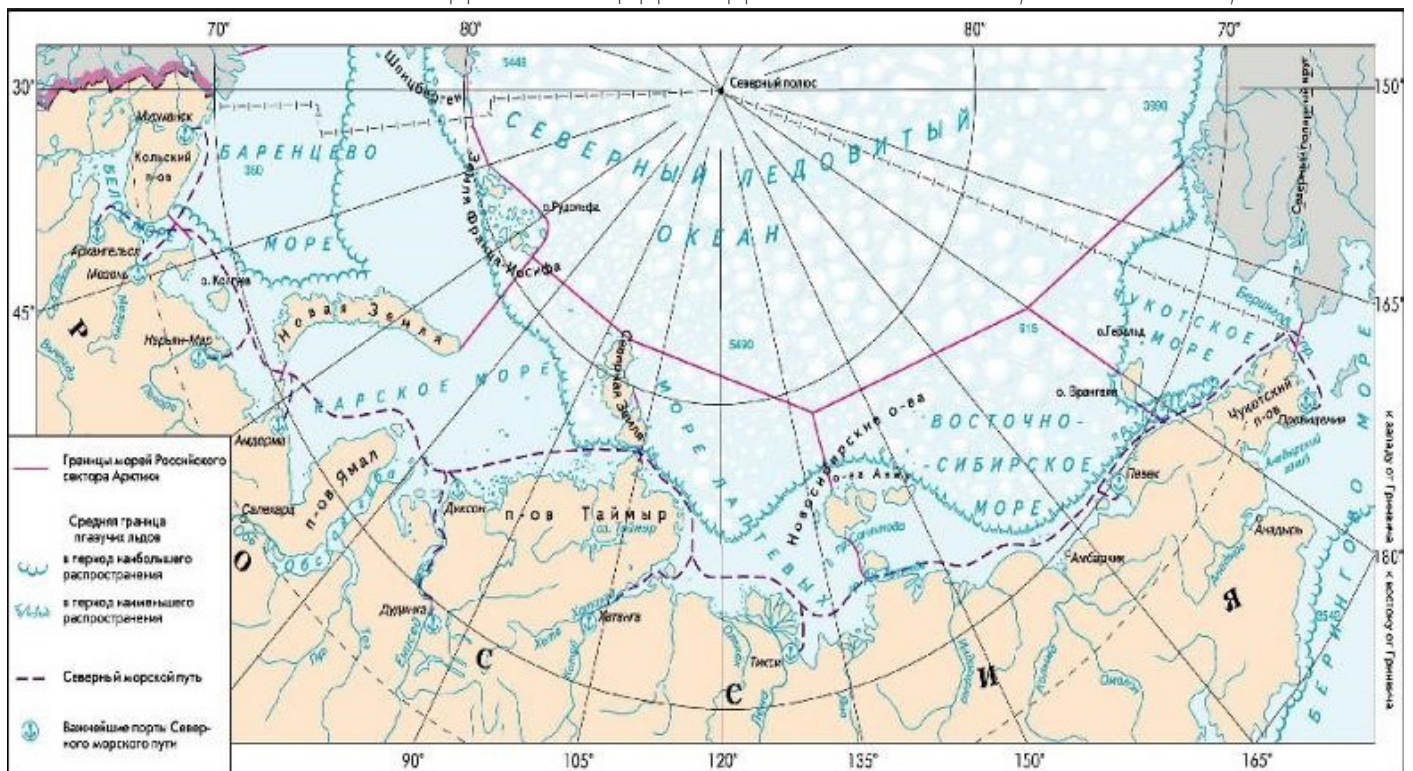


Рисунок 1 – Карта морей Российского сектора Арктики.

году она сократилась почти в два раза – до 4,3 млн. кв. км. Другим опасным явлением является резкое увеличение риска паводков. К 2020 году водосточность северных рек возросла на 90%, а время ледостава сократилось на 15 дней. Все это привело к увеличению опасности паводков в два раза [2,3,6].

Институт океанологии им. П.П. Ширшова Российской академии наук (ИО РАН) с организациями-соисполнителями проводят систематическую экспедиционную работу в морях полярной зоны, направленную на изучение региональных экосистем.

За 2004-2020 годы проведено 10 экологических экспедиций в Баренцевом, Карском, Лаптевых, Восточно-Сибирском морях [3].

Причем, если в акваториях Лаптева и Восточно-Сибирского морей выполнялись исследования их экологического состояния, то в акватории Новой Земли Карского моря решалась проблема изучения затопленных источников радиоактивных загрязнений морской среды.

Основными задачами экспедиционных работ "Обследование экологии морей российской Арктики" являлись:

- обследование районов нахождения радиоактивных ППОО с использованием геофизической аппаратуры (гидролокация, акустическое зондирование) на предмет уточнения их местоположения;
- измерение гидрологических параметров водной среды в районах нахождения ППОО;
- измерение радиоактивности и анализ загрязнений водной среды в районах нахождения ППОО радиоактивными веществами;
- отбор проб донного грунта в районах нахождения ППОО с последующим анализом на наличие загрязнений донных отложений обследуемых районов радиоактивными веществами;
- визуальный осмотр ППОО с помощью видеосистем телеуправляемых подводных аппаратов;
- обработка и анализ полученных данных [3].

2. Основные средства морского экологического мониторинга

Экологический мониторинг арктических морей проводился на базе научно-исследовательских судов (НИС) Академии наук РФ: «Академик Мстислав Келдыш» (рис.2) и «Профессор Штокман» (рис.3).

В процессе выполнения экологических экспедиций использовались следующие технические средства:

- геофизический комплекс поиска и определения координат ППОО;
- средства осмотра и идентификации ППОО;
- приборы измерения гидрологических параметров водной среды;



Рисунок 2 – НИС "Академик Мстислав Келдыш".



Рисунок 3 – НИС "Профессор Штокман".

- средства отбора проб воды и донного грунта;
- приборы измерения радиоактивности морской воды и донного грунта.

3. Результаты экологических исследований Баренцева моря

Баренцево море ограничено северным побережьем Европы и архипелагами Шпицберген, Земля Франца-Иосифа и Новая Земля.

Акватория Баренцева моря насыщена объектами, представляющими потенциальную радиационную опасность. Здесь размещена Кольская АЭС, а также сосредоточены основные места базирования и предприятия по обслуживанию кораблей и судов ядерно-энергетическими установками (ЯЭУ).

На рисунке 4 приведены значения содержания ^{60}Co и ^{137}Cs (Бк/кг сухого веса) в донных отложениях Кольского и Мотовского заливов, полученных в 2000 году [3,4].

Таким образом, зарегистрированные локальные уровни радиоактивных загрязнений на Кольском полуострове находятся на уровне значений, характерных для акваторий в местах базирования и обслуживания кораблей и судов с ЯЭУ.

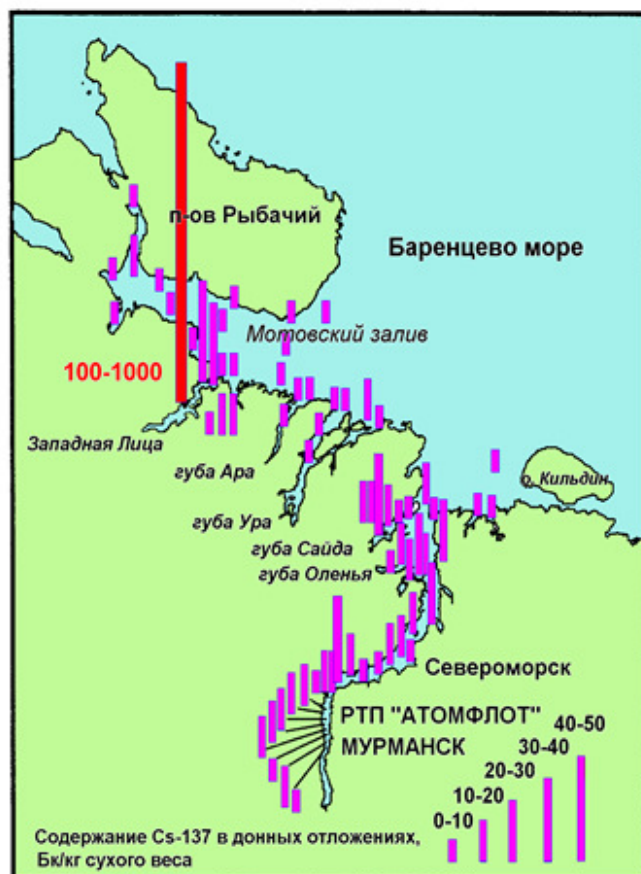
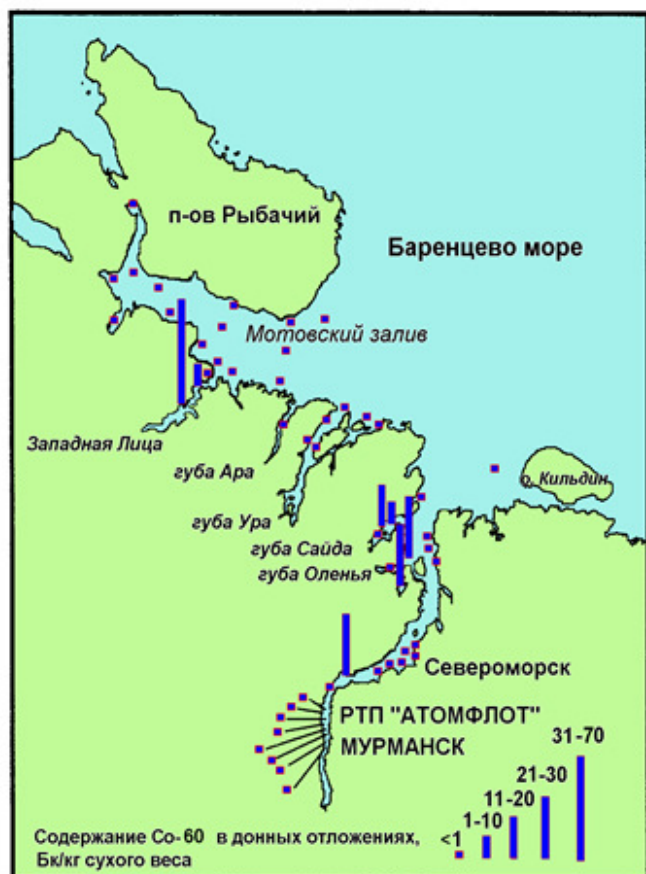


Рисунок 4 – Результаты экологического мониторинга Кольского и Мотовского заливов.

4. Результаты экологических исследований Карского моря

Карское море ограничено северным побережьем Евразии и островами: Новая Земля, Земля Франца-Иосифа и Северной Землей. В него впадают полноводные реки Обь и Енисей.

Морские экологические экспедиции проводились в акваториях массовых захоронений радиоактивных отходов в акватории Новой Земли, а также повышенного загрязнения тяжёлыми металлами рек Енисея и Оби. Установлено, что эти загрязнения приносят металлургические производства города Норильска [2].

Но главной экологической проблемой Карского моря является радиоактивное загрязнение акватории Новой Земли (рис. 5).

Особую опасность представляют высокоактивные реакторы атомных подводных лодок с отработанным ядерным топливом, а также 11 тысяч контейнеров с радиоактивными отходами, затопленных в 1964-1978 годах [2].

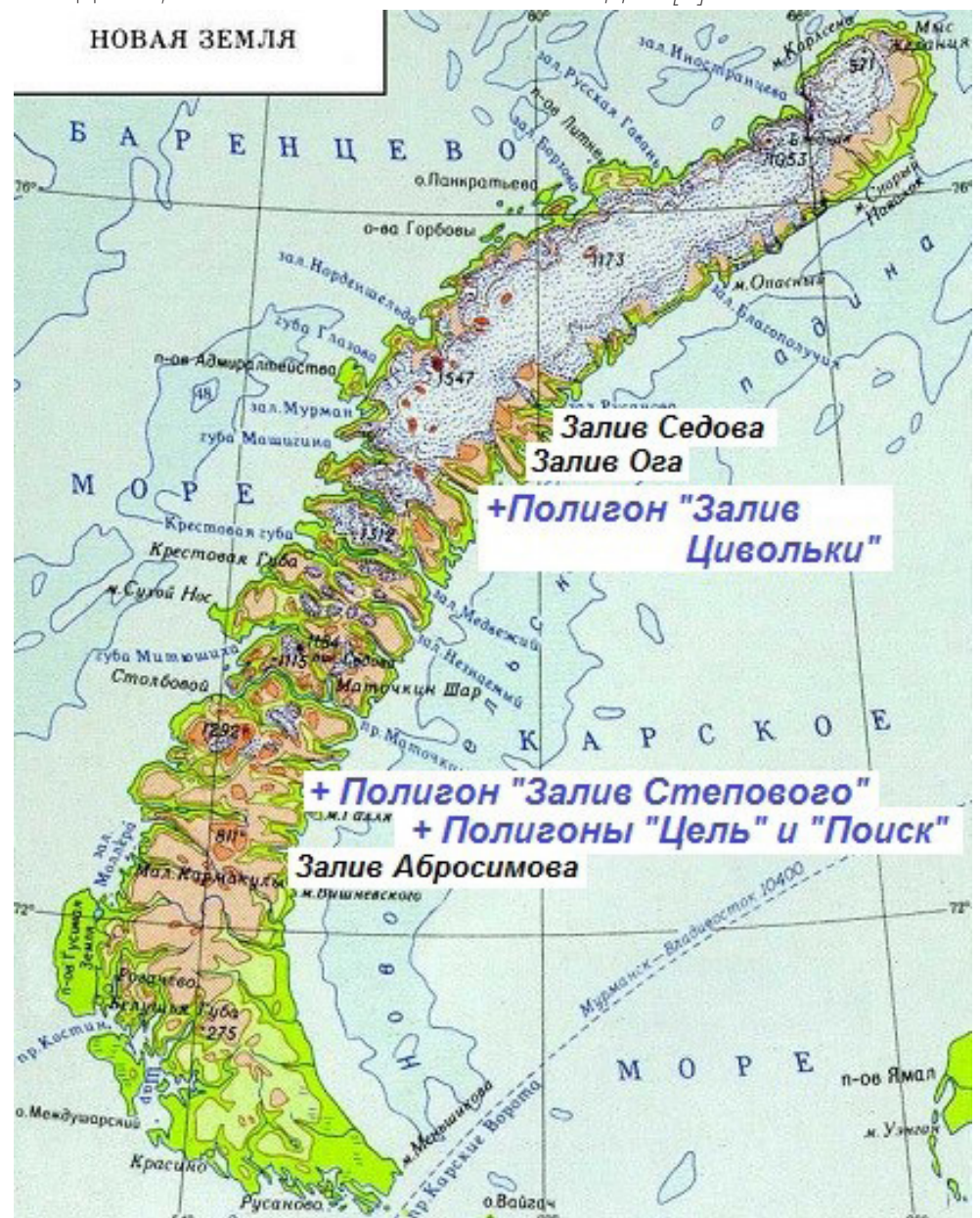


Рисунок 5 – Карта Новой Земли с испытательными полигонами.

Работы по поиску и обследованию россыпи подводных потенциально опасных объектов с твердыми радиоактивными отходами (ТРО) в Карском море проводились в 2004-2017 годах [3].

Судовые экологические экспедиции проводили исследования в местах захоронения 13 реакторов с атомных подводных лодок, а также трех реакторов атомного ледокола «Ленин».

Как правило, отбору радиоактивных проб воды и донных отложений предшествовали обследования акваторий нахождения ППОО с использованием геофизической, гидрологической и оптической подводной аппаратуры.

Причем наибольшее, по массе, количество ТРО было захоронено в Карском море в районе Новоземельской впадины, а, по общей радиоактивности – в районе залива Седова Новой Земли [2,3].

Практически для всех затопленных радиационно-опасных объектов основным индикатором утечки радиоактивности, а, следовательно, разрушения защитных барьеров, является обнаружение в воде долгоживущих гамма-излучающих радионуклидов: продуктов деления ядерного топлива: цезия -137 и кобальта -60 [4].

Установлено, что при получении оперативной информации радиационно-опасных объектов оптимальным является прямое измерение гамма-излучения с помощью подводной аппаратуры радиационного контроля.

В проведенных экспедициях использовался качественно новый подход к исследованиям радиационной обстановки в акваториях, предполагающий измерение уровней излучения в непосредственной близости от ППОО с помощью подводной гамма-спектрометрической аппаратуры типа РЭМ, разработанной НИЦ «Курчатовский институт» [2, 3].

Большинство акваторий Новой Земли являются исследованными по уровню и динамике радиоактивного загрязнения. При этом особое внимание уделялось ППОО, затопленным в 1965 – 1988 годах, в заливах Цивольки (49,8%), Абросимова (27,1%) и Течений (11,1%) [3].

Так исследования радиоактивности, выполненные сотрудниками РНЦ «Курчатовский институт» и ГЕОХИ им. В.И. Вернадского РАН, показали следующие результаты: в заливах: Цивольки - 19778,0 ТБк, Абросимова – 10767,5 ТБк, Течений – 4392 ТБк [2,3].

Всего, наблюдаемые максимальные уровни загрязнения радионуклидами донных осадков вблизи источников ТРО достигали следующих величин: «цезий 137» – 105 Бк/кг; «стронций 90» – 4000 Бк/кг; «кобальт 60» – 350 Бк/кг; «свинец 239» – 15 Бк/кг. [3,4,5]

Впервые были уточнены координаты затопления ТРО в контейнерах и без упаковки в заливах Седова и Ога.

В целом радиационная обстановка в заливах Новой Земли удовлетворительная. Влияния затопленных потенциально опасных объектов с твердыми радиоактивными отходами на состояние экосистемы не выявлено.

5. Результаты экологических исследований моря Лаптевых

С запада море Лаптевых обрамлено Северной Землей, с востока – Новосибирскими островами, на севере переходит в Северный Ледовитый океан, являясь его окраинным морем. В него впадают: величайшая сибирская река Лена, а также реки Хатанга, Анабар, Оленек и другие.

По берегам этих рек размещаются шахты, заводы, фабрики и другие промышленные предприятия. Поэтому в их водах присутствуют фенолы, тяжелые металлы (цинк, медь) и другими опасные соединения. Материалы экологического мониторинга, полученные в западной части моря Лаптевых, позволили оценить масштабы влияния стока Хатанги на шельфовую экосистему.

Установлено, что только реки Лена и Яна ежегодно приносят в Юго-Восточную часть моря до 17 млн тонн взвешенных наносов [3].

Негативное воздействие на экологическую ситуацию в море Лаптевых также оказывал речной лесосплав. При этом разложение плавучей древесины приводило к появлению большого количества фенола – 8-10 мкг/л [6].

Как показали результаты экспедиций, содержание нефтепродуктов в отобранных пробах морской воды и пробах грунта находилось на уровне фоновых значений и не превышало значений ПДК - 0,05 мкг/л [6].

6. Результаты экологических исследований Восточно-Сибирского моря

С запада Восточно-Сибирское море ограничено Новосибирскими островами, а с востока – островами Врангеля.

Проблемы исследования Восточно-Сибирского моря сходны с проблемами других арктических морей. Однако здесь в большей степени уделяется изучению ледовитости моря, поведению Айонского ледяного массива (главным препятствиям мореплавания), колебаниям уровня моря и их прогнозам, течениям, дрейфу льдов и т.п. Важные задачи – оперативное обслуживание навигации, а также выбор наиболее рациональных судоходных трасс.

Были исследованы данные о гидрофизической структуре, гидрохимическом режиме составе и количественных характеристиках бактерио-, фито-, микро-, зоо- и ихтиопланктоне, а также радио-геохимических свойствах донных осадков.

В акватории Восточно-Сибирского моря проводились систематические комплексные исследования. С ними связаны важнейшие проблемы изучения моря: общая циркуляция вод, взаимодействие морских и речных вод, ледовый баланс моря, изучение шельфовой зоны, научное обслуживание арктического мореплавания. Решения этих разнообразных проблем - важная задача исследователей экологии полярных морей.

Заключение

1. В 2004-2020 годах Институтом океанологии им. П.П. Ширшова РАН в сотрудничестве с ООО «Индел-Партнер» по заказу Федерального государственного казённого учреждения «Аварийно-спасательная служба по проведению подводных работ специального назначения» (ГОСАКВАСПАС) выполнено десять экспедиций.

2. Целью проведения морских экспедиций научно-исследовательскими судами Академии наук РФ являлся экологический мониторинг морей Российской Арктики.

Материалы, полученные в ходе экологических экспедиций, позволили достоверно оценить современное экологическое состояние Баренцева, Карского, Лаптевых и Восточно-Сибирского морей.

3. Экологические исследования арктических морей проводился на базе научно-исследовательских судов Академии наук РФ: «Профессор Штокман» и «Академик Мстислав Келдыш».

4. В процессе проведения экологических экспедиций решены следующие задачи:

- обследованы районы нахождения радиоактивных ППОО с использованием геофизической аппаратуры (гидролокация, магнитометрия, акустическое зондирование) на предмет детального обнаружения, обследования и уточнения их местоположения, а также радиационного мониторинга акваторий;

- в районах нахождения радиационно-опасных подводных объектов произведен отбор проб придонной воды и донного грунта с целью получения оперативной информации об уровнях гамма-излучения с помощью аппаратуры радиационного контроля.

- произведен визуальный осмотр ППОО с помощью видеосистем телеуправляемых подводных аппаратов.

5. Экологический мониторинг акватории Баренцева моря подтвердил негативное воздействие объектов, представляющих радиационную опасность (Кольская АЭС, атомные подводные лодки и надводные корабли).

6. Выявлено радиоактивное загрязнение акватории Карского моря из-за подводных потенциально опасных объектов, расположенных в районе Новой Земли. При этом большинство акваторий являются исследованными по уровню и динамике радиоактивного загрязнения. Особое внимание уделялось ППОО, затопленных в 1965 – 1988 годах, в заливах Цивольки (49,8%), Абросимова (27,1%) и Течений (11,1%).

Всего, наблюдаемые максимальные уровни загрязнений радионуклидами донных осадков (вблизи источников ТРО) достигали значений: «цезий 137» – 105 Бк/кг; «стронций 90» – 4000 Бк/кг; «кобальт 60» – 350 Бк/кг; «свинец 239» – 15 Бк/кг.

7. Материалы экологических исследований, полученные в западной части моря Лаптевых, позволили оценить масштабы влияния стоков рек Лены и Хатанги на

шельфовую экосистему. Отмечено негативное воздействие на экологическую ситуацию речного лесосплава, а также разложений плавучей древесины, что привело к появлению большого количества фенола – 8-10 мкг/л [6].

Установлено, что содержание нефтепродуктов в пробах морской воды и пробах грунта не превышает значений ПДК - 0,05 мкг/л [6].

8. Проблемы исследования Восточно-Сибирского моря сходны с проблемами других арктических морей. При этом в большей степени уделялось исследованию ледовитости моря, что способствовало оперативному обслуживанию навигации кораблей и судов.

9. В проведенных экспедициях использовался качественно новый подход к исследованиям радиационной обстановки, предполагающий измерение уровней излучения в непосредственной близости от ППО с помощью подводной гамма-спектрометрической аппаратуры типа РЭМ, разработанной НИЦ «Курчатовский институт».

10. В процессе экологического мониторинга была отработана оригинальная технология по радиационной оценке окружающей среды - использование ТПА малого класса, оборудованного бортовым гамма - спектрометром.

Список литературы:

1. Алексеев С.П. Справочник технических средств изучения параметров природной среды Мирового океана / Алексеев С.П., Аршик И.М., Римский-Корсаков Н.А. и др. – Изд. ГНИНГИ РФ, СПб. 2009, 183 с.
2. Казенов А.Ю. Исследование подводных потенциально опасных объектов в Карском море: монография/ Казенов А.Ю., Нерсесов Б.А., Римский-Корсаков Н.А. - М.;ФГБНУ «Аналитический центр» Минобрнауки России, 2017. -274 с.
3. Казенов А.Ю. Экспедиционные исследования экологии морей Российской Арктики: монография/ Казенов А.Ю., Нерсесов Б.А., Римский-Корсаков Н.А.- М.;ФГБНУ «Аналитический центр» Минобрнауки России, 2018. -307 с.
4. Матишев Д.Г. Радиационная экологическая океанология / Матишов Д.Г., Матишев Г.Г. – Апатиты: Изд-во КНЦ, 2001 – 417 с.
5. Степанец О.В. Использование радионуклидов ^{210}Pb и ^{137}Cs для геохронологии современных осадков арктического бассейна в местах захоронения твердых радиоактивных отходов/ Степанец О.В., Борисов А.П./ Геохимия № 4, 2010, с. 424-429.
6. Флинт М.В. Экосистемы Российской Арктики-2017/Освоение морских глубин, сборник. М.:Издательский дом «Оружие и технологии», 2018. – С.52-57.

References:

1. Alekseev S.P. Reference book of technical means for studying the parameters of the natural environment of the World Ocean / Alekseev S.P., Arshik I.M., Rimsky-Korsakov N.A. and others - Ed. GNINGI RF, St. Petersburg. 2009, 183 p.
2. Kazenov A.Yu. Investigation of underwater potentially dangerous objects in the Kara Sea: monograph / Kazenov A.Yu., Nersesov B.A., Rimsky-Korsakov N.A. - M.; Federal State Budgetary Scientific Institution "Analytical Center" of the Ministry of Education and Science of Russia, 2017. -274 p.
3. Kazenov A.Yu. Expeditionary studies of the ecology of the seas of the Russian Arctic: monograph / Kazenov A.Yu., Nersesov B.A., Rimsky-Korsakov N.A. - M.; Federal State Budgetary Scientific Institution "Analytical Center" of the Ministry of Education and Science of Russia, 2018. -307 p.
4. Matishev D.G. Radiation ecological oceanology / Matishov D.G., Matishev G.G. - Apatity: Publishing house of KNTs, 2001 - 417 p.
5. Stepanets OV The use of ^{210}Pb and ^{137}Cs radionuclides for the geochronology of modern sediments of the Arctic basin in the burial sites of solid radioactive waste / Stepanets OV, Borisov AP / *Geochemistry* No. 4, 2010, p. 424-429.
6. Flint M.V. Ecosystems of the Russian Arctic-2017 / Development of the sea depths, collection. M.: Publishing House "Arms and Technologies", 2018. - P.52-57.

УДК 551.506.3

DOI: 10.24412/2658-4255-2021-2-26-39

Для цитирования:

Карандашева Т.К., Демин В.И., Иванов Б.В., Ревина А.Д. Изменения температуры воздуха в Баренцбурге (Шпицберген) в XX-XXI вв. Обоснование введения новой климатической нормы // Российская Арктика. 2021. № 13. С. 26–39. DOI: 10.24412/2658-4255-2021-2-26-39

Получена: 04.07.2021

Принята: 20.07.2021





Опубликована: 22.07.2021



Статья распространяется в полнотекстовом формате на условиях лицензии Creative Commons Attribution 4.0

Работа выполнена в рамках раздела 5.1.4 «Мониторинг состояния и загрязнения природной среды, включая криосферу, в Арктическом бассейне и районах научно-исследовательского стационара «Ледовая база Мыс Баранова», Гидрометеорологической обсерватории Тикси и Российского научного центра на архипелаге Шпицберген» (проект 24 НИТР/ОПР Росгидромета) и в соответствии с госзаданием Полярного Геофизического института (Апатиты) "Проведение стационарных наблюдений за магнитными и оптическими явлениями на архипелаге Шпицберген, исследование геофизических процессов в высокоширотной атмосфере Земли".

ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА В БАРЕНЦБУРГЕ (ШПИЦБЕРГЕН) В XX-XXI ВВ. ОБОСНОВАНИЕ ВВЕДЕНИЯ НОВОЙ КЛИМАТИЧЕСКОЙ НОРМЫ

Т. К. Карандашева¹ , В.И. Демин² , Б.В. Иванов^{1,3} ,
А.Д. Ревина¹ 

¹ Арктический и антарктический НИИ, Санкт-Петербург, Россия; tkarandasheva@gmail.com, nfennni@gmail.com

² Полярный геофизический институт, Апатиты, Россия; demin@pgia.ru





³ Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия; b_ivanov@aari.ru

Аннотация: В результате анализа среднемесячных значений приземной температуры воздуха (ПТВ) за весь период регулярных инструментальных наблюдений в 1911-2020 гг. в Баренцбурге определены климатические режимы, характеризующие временные интервалы устойчивого потепления/похолодания как для отдельных календарных сезонов, так и года в целом.

За исследуемый период для лета, осени и зимы выделены шесть климатических режимов, для весны – четыре, для года – восемь климатических режимов. Для всех сезонов самый холодный режим приходится на начало XX века, самый теплый режим – на последние годы XX – начало XXI века. Во всех сезонах, за исключением весеннего, для которого каждый последующий режим теплее предыдущего, отмечается похолодание в 1960-е годы. Для всего исследуемого периода тенденции изменений среднесезонных и среднегодовых значений ПТВ положительны. Для «современного» потепления (с началом в 1986 г.) скорости роста ПТВ для календарных сезонов и года в целом в 2-4 раза превосходят соответствующие характеристики для всего исследуемого периода. 30-летний «нормальный» период 1991-2020 гг. содержит устойчивую тенденцию к потеплению, объективно отражает современную специфику климата исследуемого региона и, следовательно, может считаться современной климатической нормой для Шпицбергена.

Ключевые слова: Арктика, Шпицберген, климатические режимы, современное потепление, климатические нормы

AIR TEMPERATURE CHANGES IN BARENTSBURG (SVALBARD) IN XX-XXI CENTURIES. JUSTIFICATION FOR INTRODUCING A NEW CLIMATE STANDARD

T.K. Karandasheva¹ , V.I. Demin² , B.V. Ivanov^{1,3} ,
A.D. Revina¹ 

¹ Arctic and Antarctic Research Institute, Saint-Petersburg, Russia; tkarandasheva@gmail.com, nfennni@gmail.com

² Polar Geophysical Institute, Apatity, Russia; demin@pgia.ru

³ Saint Petersburg State University, Saint-Petersburg, Russia; b_ivanov@aari.ru

Abstract: As a result of the analysis of the monthly mean values of the surface air temperature (SAT) for the entire period of regular instrumental observations in 1911-2020 in Barentsburg, climatic regimes characterizing the time intervals of stable warming / cooling are determined both for individual calendar seasons and for the year as

a whole. During the study period, six climatic regimes were identified for summer, autumn and winter, four climatic regimes for spring, and eight climatic regimes for a year. For all seasons, the coldest regime occurs at the beginning of the XX century, the warmest regime - in the late XX - early XXI century. In all seasons, with the exception of the spring season, for which each subsequent regime is warmer than the previous one, there is a cooling in the 1960s. For the entire study period, the trends of changes in the seasonal and average annual SAT values are positive. For "recent" warming (with the beginning in 1986), the SAT growth rates for calendar seasons and the year as a whole are 2–4 times higher than the corresponding characteristics for the entire study period. 30-year reference period 1991-2020 contains a stable tendency to warming, objectively reflects the current specifics of the climate of the region under study and, therefore, can be considered the modern climatic norm for Svalbard.

Keywords: Arctic, Svalbard, climate regimes, recent warming, climatic standards

Введение

В настоящее время в многочисленных публикациях, посвященных исследованию прошлого и современного климата Шпицбергена, выполнен анализ данных, накопленных за весь период регулярных инструментальных наблюдений на всех метеорологических станциях (МС) архипелага. На основе этих исследований создаются композитные ряды данных, в разной степени сочетающие расчеты, выполненные по данным прямых метеорологических измерений на МС, расчеты по данным измерений на ближайших МС, расчеты по измерениям, выполненным отдельными экспедициями, и данные реанализов. Более чем столетние композитные ряды позволяют исследовать изменения климатических параметров на различных временных масштабах. Основное внимание уделяется сезонным оценкам приземной температуры воздуха (ПТВ), при этом в качестве сезонов приняты именно календарные сезоны, что дает возможность сопоставления сезонных изменений климата на разных территориях архипелага.

Настоящее исследование опирается на 110-летние композитные ряды среднемесячных значений ПТВ, которые более чем на 75% рассчитаны по данным инструментальных измерений, выполненных в гидрометеорологической обсерватории (ГМО) «Баренцбург» [1].

Цель настоящего исследования – выявление внутренней структуры многолетних изменений ПТВ в Баренцбурге (оценка климатических режимов, характеризующих периоды устойчивого потепления/похолодания), а также определение временного интервала, наиболее объективно отражающего современное состояние климата Шпицбергена, который предлагается рассматривать в качестве современной климатической нормы для данного региона.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В работе использованы данные Всероссийского научно-исследовательского института гидрометеорологической информации – Мирового центра данных (ВНИИГМИ-МЦД, г. Обнинск, www.meteo.ru), Норвежского Метеорологического института (Осло, www.met.no) и Арктического и антарктического научно-исследовательского института (г. Санкт-Петербург, www.aari.ru).

Самая продолжительная серия регулярных инструментальных метеорологических наблюдений на Шпицбергене имеется для российского шахтерского поселка Баренцбург. Она получена в гидрометеорологической обсерватории (ГМО) «Баренцбург», начиная с сентября с 1932 г. с пропуском в период II Мировой войны (08.1941–11.1947 гг.). Переносы метеорологической площадки в 1978 и 1984 гг. происходили в пределах поселка и не сказались на однородности рядов [1].

Ряды ПТВ в Баренцбурге были экстраполированы до декабря 1911 г. на основе измерений, выполненных в 1911–1929 гг. на мысе Финнесет в заливе Грен-фьорд – примерно в 1,5 км южнее ГМО (в пределах прямой видимости). Обоснованность применения такого подхода подробно обсуждалось в предыдущих работах авторов [1, 2], в которых подтверждено высокое качество реконструкции среднемесячных значений ПТВ на ГМО «Баренцбург» по данным МС «Green Harbor».

Целесообразность этой процедуры вызвана тем, что данная норвежская метеорологическая станция (МС), имевшая название «Грин-Харбор» или «Шпицберген-Радио», является фактически единственной МС на Шпицбергене, зарегистрировавшей «первое» потепление Арктики в первой половине XX в. [3,4]. Объединение российских и норвежских рядов позволяет наиболее корректно сравнить особенности «современного» и «первого» потеплений.

Для создания непрерывного ряда отсутствующие в отдельные годы значения ПТВ в Баренцбурге были рассчитаны по данным ближайших норвежских МС («Isfjord Radio» и «Longyearbyen – Svalbard Airport»), расположенных, соответственно, в 14 и 37 км от Баренцбурга. При полном отсутствии данных инструментальных наблюдений на архипелаге (08.1941–08.1947) привлекались данные реанализа NOAA-CIRES Twentieth-Century Reanalysis (20CRv3) [2], которые доступны с 1836 г. Отмечается высокая (значимая) корреляция среднесезонных (календарных) ПТВ в Баренцбурге (использованы только прямые измерения с 1932 г.) с аналогичными температурами, полученными по данным реанализа [2]. Использованный реанализ правдоподобно воспроизводит и основные климатические тенденции в регионе, обнаруживаемые в период инструментальных измерений, по сравнению с некоторыми другими видами реанализа ERA20C и CERA20C [2]. Это очень важно, поскольку реанализ 20CRv3 начинается с 1836 г., а, значит, можно существенно удлинить ряды ПТВ в Баренцбурге.

Доля среднемесячных значений ПТВ, рассчитанных по

данным инструментальных измерений, в этом композитном ряду превышает 75%, что является максимально возможным числом для любой другой реконструкции подобных рядов на Шпицбергене. Для сравнения: на МС «Svalbard Airport», которая считается базовой для изучения изменений климата на Шпицбергене, оригинальные данные имеются только с августа 1975 г. Все остальные – расчетные, в т.ч. с использованием измерений в Баренцбурге [5]. Так как замена оригинальных значений расчетными всегда сопровождается определенными ошибками, ряды, полученные ГМО «Баренцбург», имеют очевидное преимущество.

По среднемесячным значениям ПТВ рассчитаны осредненные оценки для календарных сезонов и года в целом. Зимний сезон включает декабрь предыдущего года. Среднегодовые значения относятся к календарному году, т.е. к интервалу времени с января по декабрь рассматриваемого года.

Для выявления долговременных тенденций изменения ПТВ, временные ряды сезонных и среднегодовых значений сглажены с помощью фильтров Гаусса и скользящего среднего, характеристики которых подробно описаны в работе [6].

Выявление климатических режимов (временных интервалов устойчивого потепления/похолодания) осуществлялось по статистически значимому изменению средней температуры воздуха по отношению к предшествующему периоду по методике, предложенной в работе [7].

Количественный анализ многолетних изменений ПТВ осуществлен путём расчета линейных трендов. В качестве числовых характеристик линейного тренда принималась его величина (угол наклона « a », град/год), коэффициент детерминации, выражающий в % долю дисперсии исходного ряда, описываемую полученным трендом, и уровень статистической значимости выявленного тренда [6].

РЕЗУЛЬТАТЫ

Структура многолетних изменений ПТВ (периоды потепления/похолодания)

За исследуемый период в изменениях значений ПТВ (средних для календарных сезонов и среднегодовых) прослеживается несколько периодов потепления и похолодания (рис. 1).

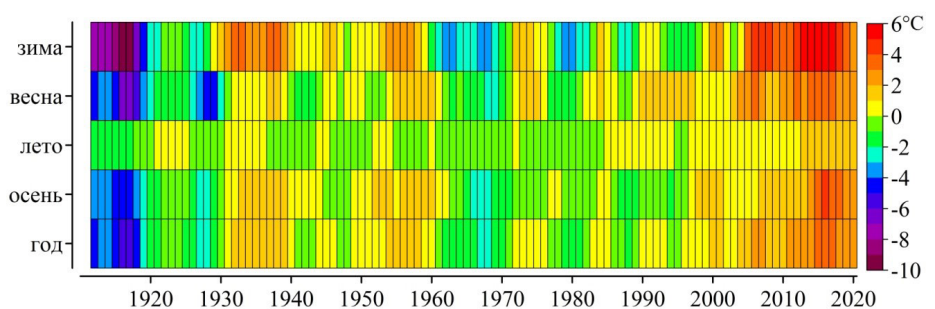


Рисунок 1 – Аномалии сезонных значений ПТВ (относительно средних значений за 1912-2020 гг.), сглаженные фильтром Гаусса по 11-точкам.

1910-е годы были аномально холодными во всех сезонах (за исключением лета) и в среднем за год. В 1920-х годах наступает некоторое потепление, особенно заметное в летние сезоны и достигающее максимума в 1930-х годах («первое» потепление). После двух десятилетий относительной стабильности во всех сезонах и в среднем за год наступает похолодание 1960-х годов, а в конце XX века – «современное» потепление. Периоды потепления и похолодания наиболее ярко проявляются в зимние календарные сезоны.

Границы периодов потепления/похолодания (рис. 2) установлены по статистически значимому (для $p = 0,10$) смещению среднего значения ПТВ по отношению к предшествующему периоду [7]. Минимальная длина такого периода – 10 лет, на краях ряда – 5 лет.

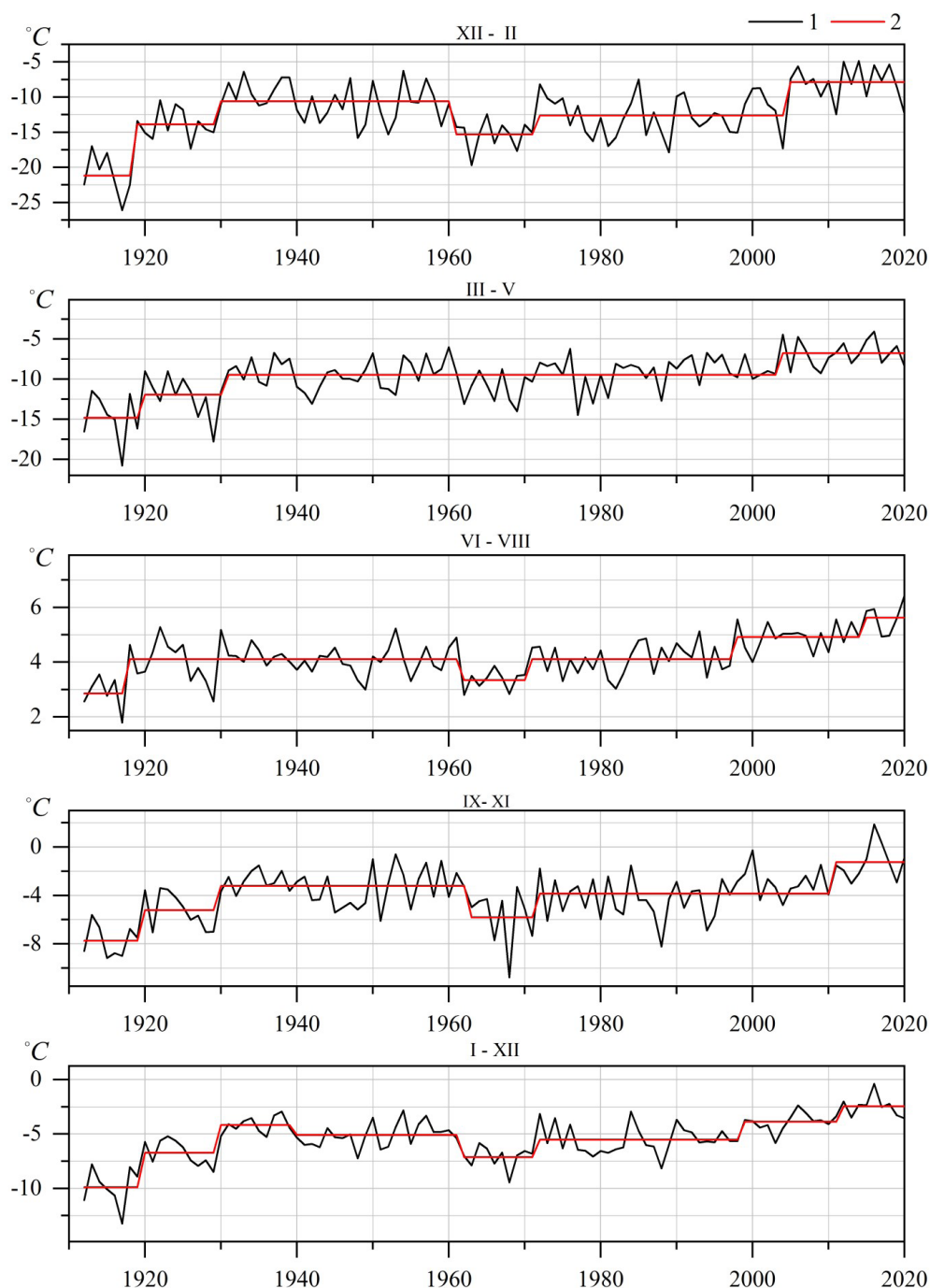


Рисунок 2 – Среднесезонные и среднегодовые значения ПТВ в Баренцбурге (1); средние значения ПТВ для периодов похолодания/потепления (2).

За период 1912-2020 гг. в климате Баренцбурга по средне-годовым значениям ПТВ отмечается восемь различных режимов (рис. 2). Первый, и самый холодный режим завершается в конце 1910-х годов, затем следует теплый режим 1920-х годов, и еще более теплый – режим 1930-х годов. В начале 1940-х годов среднегодовые температуры несколько снижаются и этот, относительно теплый, режим сохраняется вплоть до конца 1990-х годов, за исключением «холодного десятилетия» (1960-е годы). С конца 1990-х годов наблюдается, так называемое, «современное» потепление, которое усиливается в начале 2010-х годов. Последний период – с начала 2010-х годов – самый теплый за весь исследуемый период.

По средним сезонным значениям ПТВ для календарных лета, осени и зимы выделяются шесть режимов, для весны – четыре. Для всех сезонов самый холодный режим приходится на начало XX века, а самый теплый режим – на последние годы XX - начало XXI века. Во всех сезонах, за исключением весеннего сезона, для которого каждый последующий режим теплее предыдущего, в 1960-е годы отмечается похолодание.

Временные интервалы климатических режимов, выделенных по средним сезонным и среднегодовым значениям ПТВ, согласуются между собой. Для всех сезонов и года в целом самый холодный режим приходится на 1910-е годы. С 1920-х годов начинается потепление и этот относительно теплый режим сохраняется практически до конца XX века (для осени – до 2010-х годов), за исключением похолодания в 1960-е годы, когда средние сезонные (за исключением весны) и среднегодовые температуры существенно понизились.

Самый теплый период «первого» потепления (1930-е годы) не выделяется в отдельный режим ни в одном из сезонов года. Однако по совокупности оно (потепление) хорошо заметно в целом за год. Самым теплым режимом за весь исследуемый период является режим «современного» потепления (рис. 1, 2 и табл. 1).

Если рассматривать стандартные 30-летние «нормальные» периоды, исторически используемые в климатологии, то период 1931-1960 гг., частично включающий «первое»

Таблица 1

Среднесезонные и среднегодовые значения ПТВ (°C) для некоторых климатических режимов, установленных по тестам Родионова.

Климатические режимы (условное название)	XII – II	III – V	VI – VIII	IX – XI	I – XII
Холодные 1910-е	-20,8	-14,8	2,9	-7,7	-9,9
«Первое» потепление 1930-е	-10,6	-9,5	4,1	-3,2	-4,2
Холодные 1960-е	-14,9	-9,5	3,3	-5,8	-7,1
Самый теплый режим 2010-е	-7,9	-6,8	5,6	-1,3	-2,5

потепление Арктики, в Баренцбурге был относительно теплым (среднегодовая ПТВ равнялась $-4,8^{\circ}\text{C}$).

Следующий период 1961-1990 гг. (официальная норма Всемирной Метеорологической организации – ВМО), включающий холодные 1960-е, был относительно холодным (среднегодовая ПТВ равна $-6,1^{\circ}\text{C}$), последний период 1991-2020 гг., включающий «современное» потепление, оказался самым теплым (среднегодовая ПТВ равна $-3,8^{\circ}\text{C}$).

О «современном» потеплении

Начало «современного» потепления, установленное по тестам Родионова (рис. 2), можно отнести для зимы и весны – к середине 2000-х годов, для лета несколько ранее – ко второй половине 1990-х, для осени позднее – к началу 2010-х годов, для года в целом – к концу 1990-х годов.

В ежегодных «Докладах об особенностях климата на территории РФ» в качестве условного начала «современного» потепления берется 1976 г. Это обусловлено тем обстоятельством, что во временных рядах среднегодовых аномалий ПТВ, осредненных для территории России, как и для глобальных временных рядов, период с 1976 года характеризуется наиболее интенсивным потеплением [8].

По сглаженным среднегодовым значениям ПТВ интенсивное и стабильное потепление в Баренцбурге начинается несколько позже 1976 г. (рис. 3). Фильтр Гаусса по сравнению со сглаживанием исходного ряда скользящим средним более чувствителен к заметным аномалиям ПТВ, но в целом по обеим сглаженным кривым можно заключить, что «современное» потепление в Баренцбурге началось в середине 1980-х годов.

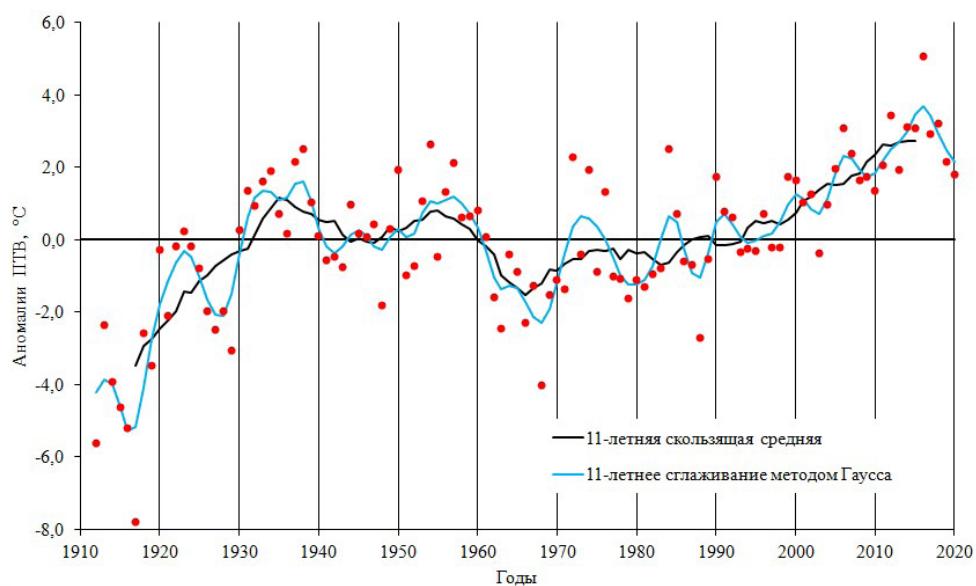


Рисунок 3 – Аномалии среднегодовых значений ПТВ, рассчитанные относительно среднего значения за весь период 1912-2020 гг. (красные точки); аномалии, рассчитанные с помощью фильтра 11-летнего скользящего среднего (черная кривая); аномалии сглаженные фильтром Гаусса по 11 точкам (синяя кривая).

В структуре многолетней изменчивости среднесезонных и среднегодовой ПТВ в Баренцбурге чередуются периоды потепления и похолодания, но при этом общая тенденция изменения среднесезонных и среднегодовой ПТВ за весь исследуемый период 1912-2020 гг. остается положительной (табл. 2).

Таблица 2

Характеристики линейных трендов ПТВ для календарных сезонов и года, рассчитанных по исходным данным: a – линейный коэффициент ($^{\circ}\text{C}/\text{год}$); R^2 – коэффициент детерминации; все тренды статистически значимы на уровне $P < 0,01$.

Сезоны и год	1912-2020		1976-2020		1986-2020	
	a	R^2	a	R^2	a	R^2
Зима XII-II	0,052	0,163	0,173	0,402	0,222	0,409
Весна III-V	0,052	0,341	0,092	0,301	0,089	0,237
Лето VI-VIII	0,013	0,267	0,040	0,514	0,041	0,401
Осень IX-XI	0,029	0,177	0,082	0,322	0,131	0,463
Год I-XII	0,036	0,309	0,096	0,581	0,121	0,630

Численные значения характеристик сезонных и годового трендов для периода «современного» потепления, с условным началом в 1976 г., в 2-3 раза превышают соответствующие оценки для всего исследуемого периода. Для периода 1986-2020 гг. коэффициенты линейных трендов для весны и лета близки к соответствующим характеристикам, рассчитанным для периода 1976-2020 гг.; но для осени, зимы и года в целом превышают соответствующие характеристики периода 1976-2020 гг. Коэффициенты линейных трендов для периода «современного» потепления с началом в 1986 г. более точно отражающим начало стабильного потепления в Баренцбурге, в 2-4 раза превышают соответствующие характеристики для всего исследуемого периода. Следует отметить высокую статистическую значимость ($P < 0,01$) линейных трендов для всех трех рассматриваемых периодов.

ОБСУЖДЕНИЕ

Сопоставление внутренней структуры многолетних изменений ПТВ и времени начала «современного» потепления с результатами предшествующих исследований

Оценка внутренней структуры многолетних изменений температуры в Баренцбурге в основном совпадает с известной оценкой для Svalbard-airport, приведенной в работе [9]. Сдвиги режимов композитных рядов Баренцбурга и Svalbard-airport, обнаруженные с помощью теста Родионова, согласуются между собой. А именно, самый холодный режим

отмечается в 1910-е годы, самый теплый – режим последних десятилетий. Так как композитный ряд для Svalbard-airport начинается (1898 г.) и заканчивается (2012 г.) ранее, чем аналогичный ряд для Баренцбурга, то в ряде для Svalbard-airport выделяется условно «теплый» режим (1900-е годы), а в ряде для Баренцбурга самые «теплые» 2010-е годы.

В нашем исследовании принят более низкий уровень значимости ($p = 0,10$) для определения существенности различий двух последующих режимов, чем в работе [9] ($p = 0,05$), поэтому картина климатических режимов для Баренцбурга более детализирована, чем для Svalbard-airport [9]. Период 1920-1960 гг. для Svalbard-airport характеризуется как один теплый режим, в то время как для Баренцбурга в этом периоде выделяются три климатических режима, и в том числе самый теплый период в режиме «первого» потепления – 1930-е годы. Холодные 1960-е годы в Баренцбурге отмечаются во все сезоны (кроме весны) и в среднем за год, в Svalbard-airport – только для среднегодовых значений ПТВ. В работе [9] при проверке данных о ПТВ по тесту Родионова отмечается подобная близость получаемых результатов при разных значениях уровня значимости p (0,10; 0,05; 0,01). В частности, для зимнего сезона при сопоставлении результатов тестирования с $p = 0,10$ и $p = 0,05$ отмечалось единственное отличие: при $p = 0,10$ холодные 1960-е годы выделились как отдельный режим, а при $p = 0,05$ мягкий режим 1930-1950-х годов сразу перешел в один холодный режим, продолжающийся 44 года. В работе [10] в исходных данных ПТВ (Svalbard-airport) с помощью специальных процедур уменьшены посторонние влияния, и при проверке по тесту Родионова с теми же установками (минимальная длина периода 10 лет, $p = 0,05$) количество режимов сократилось до четырех. За весь исследуемый период холодные и теплые режимы в Svalbard-airport чередовались: 1899–1929 гг. были холодными, 1930–1961 гг. теплыми, 1962–1998 гг. холодными и 1999–2018 гг. были теплыми. Для среднегодовых значений ПТВ последний холодный режим был на $1,0^{\circ}\text{C}$ теплее первого холодного, а последний теплый режим был на $1,7^{\circ}\text{C}$ теплее предыдущего теплого.

В нашем исследовании по сравнению с работами [9, 10], как уже отмечалось выше, принят более низкий уровень значимости, и в результате смена режимов в Баренцбурге более детализирована. Для среднегодовых значений ПТВ холодный режим 1960-х был на $2,8^{\circ}\text{C}$ теплее холодного режима 1910-х годов, а теплый режим 2010-х годов был на $1,7^{\circ}\text{C}$ теплее первого теплого режима 1930-х годов. Начало «современного» потепления в Баренцбурге и Svalbard-airport [9, 10] для зимнего и весеннего сезонов (середина 2000-х) и года в целом (конец 1990-х годов) совпадает. «Современное» потепление в Баренцбурге для летнего сезона (вторая половина 1990-х) начинается несколько раньше, чем в Svalbard-airport (2001 г.), а для осеннего сезона (начало 2010-х) – значительно позже, чем в Svalbard-airport (1996 г.).

Сопоставление оценок скоростей «современного» потепления с предшествующими данными

Скорости «современного» потепления (с условным началом в 1976 г.) в Баренцбурге хорошо согласуются со статистически значимыми трендами, полученными для других станций архипелага для периодов 1975-2011, 1979-2015 гг. [11,12].

Среднее многолетнее значение ПТВ в Баренцбурге составляет $-5,4^{\circ}\text{C}$, и целесообразно сопоставить скорости потепления на Шпицбергене с соответствующими характеристиками для территории Российской Федерации (РФ), которая по климатическим условиям является самой холодной страной в мире. Средняя годовая ПТВ в РФ составляет $-4,1^{\circ}\text{C}$ [13]. Скорости роста сезонных значений ПТВ в Баренцбурге выше аналогичных значений для РФ в целом: для зимы более чем в 3 раза, для весны и осени в 1,5 раза (табл. 3). Летом сезонные скорости роста ПТВ в Баренцбурге близки к скоростям летнего потепления для РФ в целом.

Рост среднегодовой ПТВ в Баренцбурге за период 1976-2020 гг. в два раза больше скорости роста среднегодовой температуры на территории РФ и в пять раз больше скорости роста глобальной температуры, которая составляет $0,18^{\circ}\text{C}/10$ лет [8].

Таблица 3

Скорости изменения среднесезонных и среднегодовых значений ПТВ ($^{\circ}\text{C}/10$ лет) за период 1976-2020 гг.

Регион	Период				
	XII-II	III-V	VI-VIII	IX-XI	год
Баренцбург	1,73	0,92	0,40	0,82	0,96
Россия	0,48	0,66	0,39	0,50	0,51

Примечание: все линейные тренды статистически значимы на уровне $p < 0,01$ (данные по России [8]).

30-летние «нормы» и структура многолетних изменений ПТВ

В качестве стандартного периода («нормы») для оценивания климатических переменных, характеризующих текущий или современный климат, по рекомендации Всемирной Метеорологической Организации (ВМО) используется период в 30 лет. В настоящее время период 1961 – 1990 гг. продолжают использовать в качестве базового периода. Термин «норма» означает среднее значение переменной величины именно за указанный период, а отклонение этой величины от «нормы» называется «аномалией» [14]. Однако, в последнее время, в связи с наблюдаемыми изменениями климата, активно высказывается мнение о целесообразности приближения базового периода к текущему моменту [15, 16]. В настоящее время, по мере накопления новых данных, появилась возможность проводить структурирование временных рядов

ПТВ по формальным 30-летним периодам вплоть до 2020 г.

В работе [9] отмечается, что для композитного ряда Svalbard-airport первый «нормальный» период (1901-1930 гг.) был самым холодным (среднегодовая ПТВ равнялась $-7,4^{\circ}\text{C}$), следующий (1931-1960 гг.) исключительно теплым (среднегодовая ПТВ равнялась $-5,4^{\circ}\text{C}$), а последний (1961-1990 гг.) снова был холодным (среднегодовая ПТВ равнялась $-6,7^{\circ}\text{C}$). Для Баренцбурга средние значения ПТВ для «нормальных» периодов 1931-1960 и 1961-1990 гг. выше аналогичных значений для Svalbard-airport на $0,6^{\circ}\text{C}$ каждое.

В применении к конкретным регионам с различными климатическими условиями сложно ожидать, что 30-летние «нормальные» периоды отражают объективную картину смены климатических режимов. В настоящем исследовании установлено, что за период 1912-2020 гг. в климате Баренцбурга по среднегодовым значениям ПТВ выделяются восемь различных режимов (при уровне значимости $p = 0,10$), что не укладывается в формальную картину тридцатилетних норм. В работе [10] для района Западного Шпицбергена (1899-2018 гг.) выделено четыре последовательных климатических режима. При использовании уровня значимости равного 0,05, это холодный режим 1899-1929 гг., теплый 1930-1961 гг., холодный 1962-1998 гг. и теплый 1999-2018 гг. Первые два климатических режима практически совпадают с тридцатилетними «нормальными» периодами (1901-1930 и 1931-1960 гг.), но последние два климатических режима значительно расходятся с «нормальными» периодами.

Так совпало, что первый «нормальный» период включает в себя самые холодные за всю историю наблюдений 1910-е годы и заметное похолодание конца 1920-х годов, поэтому первый «нормальный» период (1901-1930 гг.) был самым холодным. Второй «нормальный» период включает в себя «первое» потепление и последовавшие за ним относительно теплые годы, поэтому второй «нормальный» период (1931-1960 гг.) был значительно теплее. Таким образом, первые два формально назначенные «нормальные» периоды были в значительной степени однородны по процессам похолодания/потепления, что обусловило практическое совпадение с первыми двумя климатическими режимами, выделенными для района Западного Шпицбергена [10].

«Нормальный» период 1961-1990 гг. включает сильное похолодание 1960-х годов и начало «современного» потепления, «нормальный» период 1991-2020 гг. отражает устойчивую тенденцию к потеплению. Таким образом, из четырех формально назначенных 30-летних «нормальных» периодов (1901-1930, 1931-1960, 1961-1990, 1991-2020 гг.) только один (1961-1990 гг.) не отличается однородностью процессов потепления/похолодания. Последний «нормальный» период 1991-2020 гг. характеризует современную устойчивую тенденцию к потеплению для исследуемого региона и может рассматриваться, как новая климатическая «норма» отражающая современное состояние климата архипелаг Шпицберген.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате анализа многолетних изменений приземной температуры воздуха за период 1911-2020 гг. в Баренцбурге установлено:

1. Для календарных лета, осени и зимы выделяются шесть климатических режимов, для весны – четыре, для года в целом – восемь режимов. Для всех календарных сезонов и года в целом самый холодный режим приходится на 1910-е годы, с 1920-х годов начинается потепление и этот относительно теплый режим сохраняется практически до конца XX века (для осени – до 2010-х годов), за исключением похолодания в 1960-е годы. Самым теплым режимом за весь исследуемый период является режим «современного» потепления.
2. В структуре многолетних изменений ПТВ чередуются периоды потепления и похолодания, но при этом тенденции изменений среднесезонных и среднегодовых значений ПТВ за весь исследуемый период положительны. Коэффициенты линейных трендов среднесезонных и среднегодовых значений ПТВ для современного периода потепления (начало в 1986 г.) в 2-4 раза превышают соответствующие характеристики для всего исследуемого периода.
3. Три 30-летних «нормальных» периода (1901-1930, 1931-1960 и 1991-2020 гг.) в значительной степени однородны по процессам потепления/похолодания, один период 1961-1990 гг. не отличается однородностью, и включает сильное похолодание 1960-х годов и начало «современного» потепления. Последний «нормальный» период 1991-2020 гг. содержит устойчивую тенденцию к потеплению и объективно отражает современную специфику климата исследуемого региона и может рассматриваться в качестве современной климатической нормы для Шпицбергена.

Список литературы:

1. Демин В.И., Иванов Б.В. Проверка климатической однородности рядов температуры воздуха в Баренцбурге (Шпицберген) // Труды XVI Всероссийской научной школы. «Математические методы в естественных науках» - Апатиты, Геологический институт КНЦ РАН, 2019, с. 134-150.
2. Демин В.И., Иванов Б.В., Ревина А.Д. Восстановление ряда приземной температуры воздуха на Российской станции в поселке «Баренцбург» (Шпицберген) // Российская Арктика. 2020, № 9, с. 30-40. URL: <https://russian-arctic.info/upload/iblock/03e/Демин.pdf> (Дата обращения: 02.07.2021).
3. Ivanov B.V. Comparing the «earlier» and the «modern» warming in West Arctic on example of Svalbard // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Turbulence, Atmosphere and Climate Dynamics, 2019, vol. 231. 012023. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/231/1/012023/pdf> (Дата обращения: 02.07.2021).

4. Малинин В.Н., Вайновский П.А. О причинах первого потепления Арктики в XX столетии // Ученые записки РГГМУ, 2018, №53, с. 34-55.
5. Nordli Ø. The Svalbard Airport temperature series // Bulletin of Geography, Physical Geography Series, 2010, vol. 3. pp. 5-25.
6. Рожков В.А. Теория и методы статистического оценивания вероятностных характеристик случайных величин и функций с гидрометеорологическими примерами // Кн. 2. СПб.: Гидрометеоиздат, 2002. 780 с.
7. Rodionov, S.N. A sequential algorithm for testing climate regime shifts. Geophys. Res. Lett. 2004. 31. L09204, doi:10.1029/2004GL019448.
8. Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2020 год // Москва: Росгидромет. 2021. 104 с. URL: http://www.meteor.ru/upload/pdf_download/doklad_klimat2020.pdf
9. Nordli Ø., Przybylak R., Ogilvie A. E.J. & Isaksen K. Long-term temperature trends and variability on Spitsbergen: the extended Svalbard Airport temperature series, 1898–2012 // Polar Research, 2014, vol. 33. 21349. <http://dx.doi.org/10.3402/polar.v33.21349>
10. Nordli, Ø., Wyszynski, P., Gjelten, H. M., Isaksen, K., Łupikasza, E., Niedźwiedz, T., & Przybylak, R. Revisiting the extended Svalbard Airport monthly temperature series, and the compiled corresponding daily series 1898–2018 // Polar Research, 2020, vol. 39. <https://doi.org/10.33265/polar.v39.3614>
11. Førland, E. J., Benestad R., Hanssen-Bauer I., Haugen J. and Skaugen T. // Temperature and Precipitation Development at Svalbard 1900–2100 // Advances in Meteorology, 2011, vol. 2011. doi:10.1155/2011/893790.
12. Gjelten, H. M., Nordli, Ø., Isaksen, K., Førland, E. J., Sviashchennikov, P. N., Wyszynski, P., Prokhorova, U. V., Przybylak, R., Ivanov, B. V., & Urazgildeeva, A. V. 2016. Air temperature variations and gradients along the coast and fjords of western Spitsbergen. Polar Research, vol. 35. <https://doi.org/10.3402/polar.v35.29878>
13. Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации // Том 1. Изменения климата. Москва: Росгидромет. 2008. 227 с. http://climate2008.igce.ru/v2008/pdf/resume_ob.pdf.
14. Груза Г.В., Ранькова Э.Я. Наблюдаемые и ожидаемые изменения климата России: температура воздуха // Обнинск: ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД». 2012. 194 с. URL: <https://climate.copernicus.eu/new-decade-reference-period-change-climate-data> (Дата обращения: 02.07.2021)
15. URL: <https://public.wmo.int/en/media/news/updated-30-year-reference-period-reflects-changing-climate> (Дата обращения: 02.07.2021)
16. URL: <https://public.wmo.int/en/media/news/updated-30-year-reference-period-reflects-changing-climate> (Дата обращения: 02.07.2021)

References:

1. Demin V.I., Ivanov B.V. 2019. Proverka klimaticheskoy odnorodnosti ryadov temperatury vozduha v Barenburge (Shpicbergen) [Checking the climatic uniformity of air temperature series in Barentsburg (Spitsbergen)] // Trudy XVI Vserossijskoj nauchnoj shkoly. «Matematicheskie metody v estestvennyh naukah» [Proceedings of the XVI All-Russian Scientific School "Mathematical methods in natural sciences"]. Apatity, 2019, pp. 134-150. (In Russian).
2. Demin V.I., Ivanov B.V., Revina A.D. Vosstanovlenie ryada prizemnoj temperatury vozduha na Rossijskoj stancii v poselke «Barenburg» (Shpicbergen) [Reconstruction of a series of surface air temperatures at the Russian station "Barentsburg" (Spitsbergen)] // Rossijskaya Arktika [Russian Arctic], 2020, vol. 9, pp. 30-40. (In Russian). Available at: <https://russian-arctic.info/upload/iblock/03e/Демин.pdf> (accessed: 02.07.2021)
3. Ivanov B.V. Comparing the «earlier» and the «modern» warming in West Arctic on example of Svalbard. IOP Conference Series: Earth

- and Environmental Science. Turbulence, Atmosphere and Climate Dynamics, 2019, vol. 231. 012023. Available at: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/231/1/012023/pdf> (accessed: 02.07.2021)
4. Malinin V.N., Vainovskiy P.A. O prichinah pervogo potepleniya Arktiki v XX stoletii [The reasons of first warming of Arctic in XX century] // Uchenue zapiski RGGMU [Science scraps of RSHU], 2018, №53, pp. 34-55.
 5. Nordli Ø. The Svalbard Airport temperature series // Bulletin of Geography, Physical Geography Series, 2010, vol. 3. pp. 5-25
 6. Rodionov, S.N. A sequential algorithm for testing climate regime shifts // Geophys. Res. Lett. 2004. 31. L09204, doi:10.1029/2004GL019448.
 7. Rozhkov V.A. Teoriya i metody statisticheskogo ocenivaniya veroyatnostnykh harakteristik sluchajnykh velichin i funktsij s gidrometeorologicheskimi primerami. Kn. 2. [Theory and methods of statistical estimation of the probabilistic characteristics of random variables and functions with hydrometeorological examples. Book. 2] // St. Petersburg, Gidrometeoizdat, 2002, 780 p. (In Russian).
 8. Doklad ob osobennostyah klimata na territorii Rossijskoj Federacii za 2020 god [Report on the climate features at the territory of the Russian Federation for 2020] // Moscow, Roshydromet, 2021, 104 p. Available at: http://www.meteor.ru/upload/pdf_download/doklad_klimat2020.pdf
 9. Nordli Ø., Przybylak R., Ogilvie A. E.J. & Isaksen K. Long-term temperature trends and variability on Spitsbergen: the extended Svalbard Airport temperature series, 1898–2012 // Polar Research, 2014, vol. 33. 21349. <http://dx.doi.org/10.3402/polar.v33.21349>
 10. Nordli, Ø., Wyszynski, P., Gjelten, H. M., Isaksen, K., Łupikasza, E., Niedźwiedz, T., & Przybylak, R. Revisiting the extended Svalbard Airport monthly temperature series, and the compiled corresponding daily series 1898–2018 // Polar Research, 2020, vol. 39. <https://doi.org/10.33265/polar.v39.3614>
 11. Førland E. J., Benestad R., Hanssen-Bauer I., Haugen J. and Skaugen T. Temperature and Precipitation Development at Svalbard 1900–2100 // Advances in Meteorology, 2011, vol. 2011. doi:10.1155/2011/893790.
 12. Gjelten, H. M., Nordli, Ø., Isaksen, K., Førland, E. J., Sviashchennikov, P. N., Wyszynski, P., Prokhorova, U. V., Przybylak, R., Ivanov, B. V., & Urazgildeeva, A. V. Air temperature variations and gradients along the coast and fjords of western Spitsbergen. Polar Research, 2016, vol. 35. <https://doi.org/10.3402/polar.v35.29878>
 13. Ocenochnyj doklad ob izmeneniyah klimata i ih posledstviyah na territorii Rossijskoj Federacii. Tom 1. Izmeneniya klimata. [Assessment report on climate changes and their consequences on the territory of the Russian Federation. Vol. 1. Climate change] // Moscow, Rosgidromet, 2008, 227 p. Available at: http://climate2008.igce.ru/v2008/pdf/resume_ob.pdf
 14. Gruza G., Ran'kova E. Nablyudaemye i ozhidaemye izmeneniya klimata Rossii: temperatura vozduha [Observed and expected climate changes in Russia: air temperature] // Obninsk, FGBU «VNIIGMI-MCD» [FSBI "RRHMI-WDC"], 2012, 194 p.
 15. Available at: <https://climate.copernicus.eu/new-decade-reference-period-change-climate-data> (accessed: 02.07.2021)
 16. Available at: <https://public.wmo.int/en/media/news/updated-30-year-reference-period-reflects-changing-climate> (accessed: 02.07.2021)

УДК 001.89

DOI: 10.24412/2658-4255-2021-2-40-61

Для цитирования:

Астафурова А.В.
 Вспомогательные
 инструментарию полярных
 исследований: развитие
 гражданской науки с
 помощью индустрии
 морского туризма //
 Российская Арктика. 2021.
 № 13. С. 40–61.
 DOI: 10.24412/2658-4255-2021-2-40-61

Получена: 28.03.2021

Принята: 25.05.2021

Опубликована: 31.05.2021



Статья распространяется
 в полнотекстовом формате на
 условиях лицензии Creative
 Commons Attribution 4.0

Финансирование: финансо-
 вая поддержка исследования
 не была предусмотрена

Funding statement: research
 funding was not provided

ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ИНСТРУМЕНТАРИИ ПОЛЯРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ: РАЗВИТИЕ ГРАЖДАНСКОЙ НАУКИ С ПОМОЩЬЮ ИНДУСТРИИ МОРСКОГО ТУРИЗМА

А.В. Астафурова¹

¹Aurora Expeditions, Сидней, Австралия;
 pihokiak@gmail.com

Аннотация: В данной статье рассматривается развитие проектов гражданской науки в Арктике и Антарктиде посредством привлечения индустрии морского туризма и использования ее флота. Гражданскими учеными на борту выступают экспедиционные гиды, туристы и члены экипажа, принимающие участие в сборе данных, обладающих научной ценностью. Описанная модель сотрудничества в формате гражданской науки, осуществляемая в полярных регионах, представляется как перспективный вспомогательный метод, способствующий расширению возможностей проведения полярных исследований и увеличению знаний о самых труднодоступных уголках планеты.

Ключевые слова: гражданская наука, полярные исследования, туризм, полярные регионы, Арктика, Антарктида

POLAR RESEARCH SUPPORT TOOLS: CITIZEN SCIENCE DEVELOPMENT THROUGH THE SHIP-BASED TOURISM INDUSTRY

Anna Astafurova¹

¹Aurora Expeditions, Sydney, Australia;
 pihokiak@gmail.com

Abstract: This article is focused to demonstrate development of citizen science projects in the Arctic and Antarctica through the ship-based tourism industry support. The author's work represents polar guides, tourists, and crew members as citizen scientists who participate in collecting scientifically valuable data. The model of cooperation in the polar regions through citizen science is considered to be a perspective and useful method that helps to expand the opportunities of conducting polar research and increase knowledge about the remotest places of the planet.

Keywords: citizen science, polar research, tourism, polar regions, Arctic, Antarctica

Введение

Полярные регионы обладают сложными климатическими системами и являются самыми уязвимыми к изменениям климата местами на планете. Однако географическая удаленность, логистическая труднодоступность и высокая финансовая затратность по сей день являются весомыми препятствующими факторами к осуществлению длительных и регулярных полярных исследований. В результате чего имеется недостаток данных во многих научных направлениях: от океанографии, гляциологии

и метеорологии до биоразнообразия, оценивания комплексных экосистемных изменений и экологического состояния Арктики и Антарктиды).

Актуальность данной работы состоит в том, что возрастает необходимость восполнения существующих пробелов в знаниях путем поиска дополнительных методик по сбору данных, необходимых для проведения научно-исследовательских работ в самых отдаленных уголках планеты. Предполагается, что гражданская наука (научное волонтерство) в полярных регионах с помощью вовлечения индустрии морского туризма и туристических судов могли бы выступать в качестве вспомогательных инструментариив, способствующих изучению полярных регионов, а именно: непосредственно гражданская наука – как дополнительный метод проведения полярных исследований путем сбора данных посредством вовлечения людей, не относящихся напрямую к научной деятельности, туристические суда – как платформа, на которой или с которой предоставляется возможность реализации в частичной мере исследовательских работ, и гражданские ученые (полярные гиды, туристы на борту и даже члены экипажа) – как инструмент, осуществляющий практический сбор необходимых данных в виде наблюдений или взятия проб, в зависимости от специфики проекта и объекта исследования.

Стоит также отметить, что анализ расширения возможностей полярных исследований посредством участия научных волонтеров на борту туристических судов недостаточно широко освещен в научной литературе.

Цель написания исследовательской работы заключается в комплексном рассмотрении развития проектов гражданской науки в полярных регионах, демонстрации возможностей взаимодействия ученых и исследователей с экспедиционными гидами и пассажирами, отправляющихся в полярные районы Земли, оценки эффективности от подобной коллаборации, а также выявлении перспектив и сложностей реализации исследовательских программ данного формата на туристических судах.

Методологические подходы к достижению поставленной цели исследования были представлены в виде рассмотрения текущих тенденций в индустрии полярного экспедиционно-круизного туризма, обзора уже существующих проектов гражданской направленности, осуществляемых на борту, а для исследования эффективности получения научных данных через взаимодействие гражданской науки и индустрии полярного туризма и ее флота, автор, занимая должность экспедиционного гида, принял также практическое участие в одном из проектов, в ходе которого им были представлены основные этапы реализации научно-волонтерской деятельности, коммуникационные связи между участвующими в проекте сторонами, методология сбора данных на борту пассажирского судна и демонстрация влияния полученной информации на объект исследования.

В результате, автор выделил некоторые общие принципы реализации программ гражданской науки на борту туристических судов, а также актуальные направления исследований в полярных регионах, вклад в изучение которых могла бы вносить индустрия полярного туризма.

Современные тенденции развития полярного морского туризма

Последние два десятилетия в результате сокращения площади морского льда в летний период в Арктике и Антарктиде происходит расширение области полярных маршрутов, позволяющих осуществлять туристические поездки на пассажирских судах.

Вместе с ростом судового трафика увеличивается и поток туристов. Так, общее число пассажиров в арктических направлениях, таких как Шпицберген, Гренландия, Арктическая Канада и Земля Франца-Иосифа, выросло примерно с 50 000 в 2005 году до чуть менее 80 000 в 2016 году [4]

Индустрия туризма в Антарктиде в настоящее время также переживает настоящий бум. Еще в начале 90-х годов ледяной континент посещало менее 7000 человек. Число судов и туристов, направляющихся к Южному океану, начало расти с 1991 года, в среднем ежегодно составляя не менее 16% прироста. За сезон 2019-2020 туристический приток достиг нового пика - 74 401 посетителя (рис.1) [11]



Рисунок 1 – Туристический приток в период с 2017 по 2020 (источник: данные IAATO)[11].

Рассматривая активный рост туристического притока, необходимо также осветить, какие организации в Арктике и Антарктике выполняют ключевую регулирующую функцию в индустрии туризма.

Так, на сегодняшний день Ассоциация арктических экспедиционных круизных операторов (АЕСО), основанная в 2003 году, регулирует туристическую деятельность на территориях Свальбарда, Ян-Майена, Гренландии, Канадской Арктики, Исландии, а также является партнером национального парка «Русская Арктика», в состав которого входят особо охраняемые природные территории – Северная часть архипелага Новая Земля и Земля Франца-Иосифа. Российские арктические территории, доступные для судового туризма, не входят в состав членов АЕСО [9 - 1].

В свою очередь, регулирование туризма в Антарктиде является более централизованным в силу исторических событий. Прежде всего стоит отметить, что любая деятельность с задействованием человеческих ресурсов (рыболовство, туризм, наука) на континенте контролируется Международным Договором об Антарктике (The Antarctic Treaty), вступившем в силу в 1961 году. Данное международное соглашение является примером экстраординарного глобального партнерства более чем 50 стран, согласно которому в Антарктиде запрещается ведение любых военных действий, а сам континент признается не принадлежащей ни одной определенной стране и нации территорией. Также Договор дополнен Протоколом об охране окружающей среды (Environment Protocol), который определяет Антарктиду как «природный заповедник, посвященный миру и науке» [20].

Управлением туристической деятельности занимается Международная ассоциация туроператоров Антарктики (IAATO), основанная в 1991 году под эгидой Договора об Антарктике для продвижения «экологически безопасных и ответственных путешествий». В настоящее время в ее состав входят 48 туроператоров. Членство в IAATO остается добровольным, и система менеджмента в ассоциации является саморегулируемой [14].

Обе организации, АЕСО и IAATO, нацелены на разработку условий для развития этического и ответственного с экологической точки зрения туризма, а туроператоры, являющиеся их членами, обязаны соблюдать регулируемый свод правил и ограничений. Так, стоит отметить, что несколько лет назад ассоциации приняли решение по отказу от одноразового пластика на судах в целях уменьшения риска попадания пластика в море, в желудки морских млекопитающих и рыб, а также потенциального расщепления пластика на микропластик. Туроператоры должны строго следовать ряду иных предписанных мер для сохранения биоразнообразия полярных регионов: от разрешаемого максимального количества людей при посадке на берег в целях минимального воздействия

на ландшафт местности, следованию количественным соотношениям гидов к пассажирам для улучшения качества безопасности и контроля поведения гостей во время обзора местности до выполнения строгих правил по наблюдению за дикой природой и соблюдению предписанных дистанций для минимизации уровня стресса для животных и птиц [9 - 14].

Учитывая глобальную проблему загрязнения морей и океанов выбросами топлива, которые наносит судовой транспорт, туристический в частности, туроператоры при строительстве новых судов начинают задумываться о внедрении альтернативных методик, замещающих или частично ограничивающих выброс топлива; некоторые компании уже предпринимают беспрецедентные меры для минимизации экологического вреда. Так, в 2019 году норвежский туроператор Hurtigruten представил новое судно «Руаль Амундсен», которое стало первым водным транспортом в полярных регионах, работающем на электрической гибридной технологии: его двигательная система совмещает использование традиционного дизельного топлива с батарейным питанием. Как сообщает компания, это позволяет снизить расход топлива примерно на 20 % [17].

В настоящее время в индустрии туризма также наблюдается тенденция оказания поддержки полярных исследований с целью изучения антропогенного фактора в Антарктиде. Например, с 2019 года Международная ассоциация туроператоров Антарктики (IAATO) осуществляет проект за счет собственного финансирования по предоставлению стипендии молодым полярным ученым в размере 15 000 долларов. Данная инициатива ведется в сотрудничестве с Советом управляющих национальных антарктических программ (COMNAP), и пока обладателями стипендии стали 3 кандидата наук, примечательно, что работа одного из стипендиатов заключается в анализе образцов фитопланктона, собранных на туристических судах гражданскими учеными [19].

Взаимосвязь гражданской науки и туристического сектора в полярных регионах

Понятие «гражданская наука», зачастую взаимозаменяемое на «научное волонтерство», имеет множество трактовок. В общем смысле данное направление деятельности определяется как проведение научных исследований различного профиля на добровольной основе представителями широкой общественности, т.е. людьми без академического научного образования, не преследующими получение материальных благ [7].

С учетом специфики сферы полярного морского туризма, в данной статье мы охарактеризуем гражданскую науку (научное волонтерство) как метод сбора данных для выполнения исследовательского проекта полярной

направленности, осуществляемый в период туристических круизов экспедиционными гидами, пассажирами судна, а также желающими членами экипажа в сотрудничестве с учеными или координаторами проектов, прошедших специализированный тренинг, необходимый для ознакомления с объектом исследования и техникой по сбору данных для его изучения.

С недавнего времени география развития гражданской науки начала увеличиваться, расширяя границы до полярных регионов Земли, как Арктики, так и Антарктики.

Несмотря на активные дискуссии и споры относительно влияния туризма на сохранность полярных регионов, сама индустрия, однако, может оказать положительное влияние, вовлекая туристов и гидов в исследования путем реализации проектов гражданской науки [8 - 16].

Для разъяснения, каким образом может осуществляться мониторинг состояния полярных регионов и вноситься вклад в их исследования, автор акцентирует внимание на Антарктическом секторе туризма в качестве примера.

Так, если принять во внимание, что летом на научных станциях в Антарктиде находится до 5000 ученых (по данным 2019 года), тогда как в предыдущий туристический сезон (октябрь 2019 - апрель 2020 гг.) Антарктиду, как было отмечено ранее, посетили 74 401 туристов, то можно сделать вывод, что приблизительное соотношение туристов к ученым уже почти составляет 15:1 [5 - 11].

Основываясь на таких показателях туристического потока, индустрия полярного туризма и используемые ею суда следует начать использовать в качестве исследовательского инструмента [3].

Чем больше задействованных лиц, посещающих полярные регионы, будут вовлечены в научную деятельность, в особенности, в процесс сбора данных (например, взятие проб воды для исследования фитопланктона, выполнения замеров уровня солености или обнаружения микропластика), тем больше сведений будут направляться полярным исследователям, которые они могут использовать в качестве базы для разработки новых проектов или дополнительных данных для уже существующих.

Кроме того, стоит отметить логистическую ресурсность туристических судов. Порой ученые физически не могут вести исследования и сбор данных одновременно в разных местах, в то время как полярные гиды и пассажиры на судах часто оказываются там, куда экспедиционные рейсы ученых даже не предусмотрены, а суда туроператоров не только охватывают множество различных локаций, но и делают это регулярно каждый сезон и каждый год, что могло бы позволить собирать данные в более широком диапазоне, отслеживая четкую динамику изменений окружающей среды.

На сегодняшний день из всех допустимых видов туристического досуга в Антарктиде, среди наиболее

популярных являются: высадки на берег (42%), морские экскурсии по местности на моторных лодках (25%) и круизная навигация самого судна (18%) (рис. 2). Гражданская наука как вид активности занимает лишь 0,2% и входит в категорию «прочее» [8].

Анализ неофициальных опросов представителей АЕСО и IAATO показал, что столь низкий процент свидетельствует не об отсутствии интереса индустрии туризма внедрять проекты на судах или недостатка желания гражданских ученых (гидов и пассажиров) в них участвовать.

В действительности, туроператоры могут изъявлять желание о реализации проектов научного волонтерства, однако связь между научным сообществом и индустрией полярного туризма недостаточно четко и прочно налажена, что делает процесс запуска каких-либо исследовательских инициатив на борту туристических судов замедленным, в особенности на территории Арктики, поскольку данный регион территориально принадлежит нескольким странам, и обеспечить централизованную коммуникативную связь научного сообщества с туристическими компаниями в настоящий момент представляется более затруднительной задачей, чем в ситуации с Антарктидой.

Кроме того, туроператорам нужна информация об образовательной ценности проектов для пассажиров и обоснование относительно того, что делает проект привлекательным для туристического сектора в целом, в то время как ученым было бы полезно получить представление о том, что могут предложить компании-туроператоры для

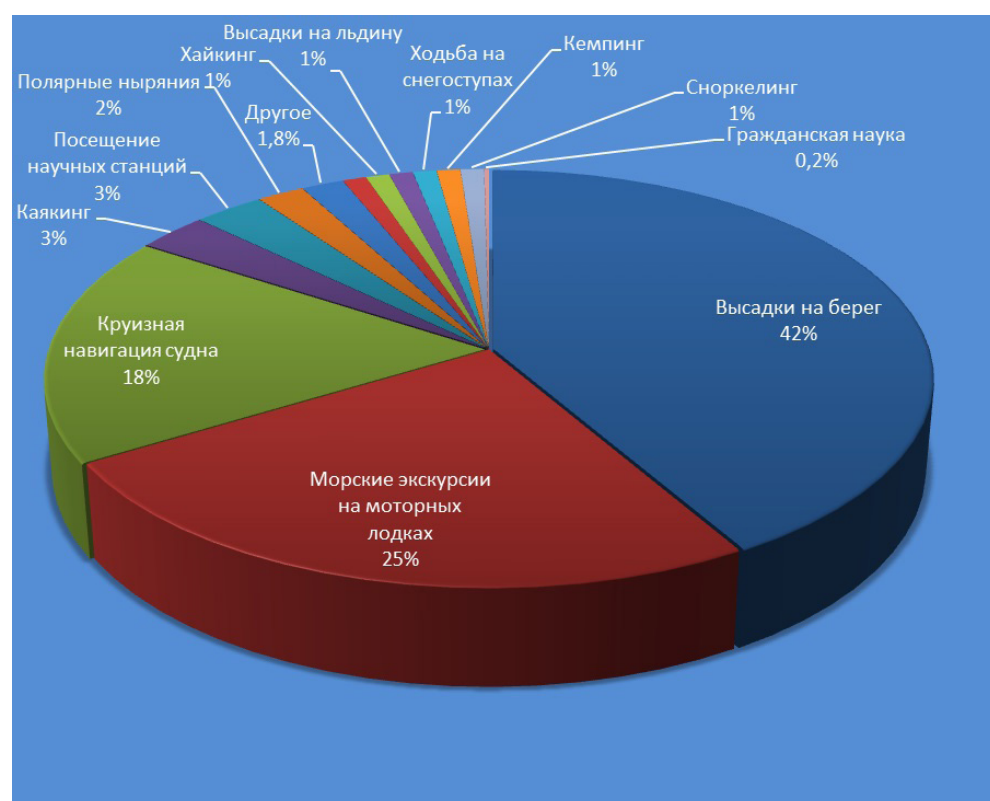


Рисунок 2 – Виды туристических активностей в Антарктическом сезоне 2018- 2019 (источник: coolantarctica.com) [8].

разработки проектов на борту туристического судна.

Одним из ключевых моментов установления связи между научными полярными исследователями и экспедиционно-круизной индустрией в 2017 году стало создание Полярного Коллектива по гражданской науке, основанного группой полярных гидов. Данное сообщество, как отмечают его основатели, может являться соединяющим мостом для обмена информацией, которые помогут туроператорам находить подходящие проекты, реальные для осуществления на туристическом судне, а исследователям – компании, готовые к сотрудничеству [18].

Предполагается, что такие организации, как Полярный Коллектив, будут играть важную роль в сборе и передаче информации между заинтересованными сторонами, ведь существует большой потенциал для использования преимущественно логистических ресурсов индустрии туризма, которые представляют собой экспедиционные туристические суда; кроме того, туроператоры, все чаще стремятся расширить образовательный сектор на борту.

Методы исследования

При подготовке данной статьи автор использовал следующие методы анализа: практический, логический, контент-анализ, поиск и системный подход.

Практика участия в проекте гражданской науки на Антарктическом полуострове

Для оценки необходимости развития научного волонтерства в полярных регионах и доказательства эффективности собранных данных гражданскими учеными, автор принял участие в одном из проектов, представив индустрию полярного туризма и ее флот как перспективный вспомогательный компонент, расширяющий возможности проведения полярных исследований и способствующего получению знаний о полярных регионах и принятию мер по сохранению их обитателей. Автор также освятил развитие гражданской науки на пассажирских судах в качестве дополнительного образовательного элемента.

В данной части статьи представлен отчет об этапах получения данных на борту судна ледового класса «Полярный Пионер» для фотоидентификационной базы морских млекопитающих Hapruwhale в период работы автора на Антарктическом полуострове от имени австралийской компании Aurora Expeditions в течение двух туристических сезонов: март-ноябрь 2017/2018 и 2018/2019 годов соответственно. Маршрут судна (рис. 3) также включал рейсы на острова Южной Георгии и Фолклендские острова; вояжи, осуществлявшиеся на данные территории, а также дни переходов, проведенных в открытом море, которые не затрагивали район исследования, были исключены из отчета.

Hapruwhale — проект, разработанный в 2015 году экспедиционным гидом и специалистом по охране



Рисунок 3 – Карта маршрута судна.

окружающей среды Тэдом Чизманом, для создания простой в использовании базы фотоданных морских млекопитающих [13]. Особый фокус внимания команда проекта уделяет мониторингу животных в полярных регионах.

Методика участия в Happywhale заключается в том, чтобы гражданские ученые загружали на сайт www.happywhale.com фото отличительных индивидуальных меток морских млекопитающих во время или после морского путешествия с указанием названия местности, судна, GPS-координат (по возможности) и даты снимков. Фотографии проходят программный автоматический анализ при дополнительном контроле и проверке специалистов по идентификации, по результатам которой в базу вносятся как новые, неопознанные особи, которым присваивается индивидуальный номер, так и мгновенно идентифицируются уже внесенные ранее в базу индивидуумы. Гражданские ученые, в свою очередь, получают оповещения о ходе идентификации и исследования особей.

Во время вояжей по Антарктическому полуострову группа научных волонтеров была сосредоточена на наблюдении за китообразными. Загружая в базу фотоданные, все контрибьюторы после получали уведомления о результатах идентификации (рис. 4).

Happywhale Notification Digest

An individual you encountered on the 12th of February, 2018, in the Antarctic Peninsula



with Aurora Expeditions was determined to be new to science to the best of our knowledge and was assigned the ID **HW-MN0700400**.



Рисунок 4 – Оповещение пользователя Happywhale о том, что обнаруженная им особь была ранее не идентифицирована, таким образом, внесенные им фотоданные являются ценным вкладом в науку (источник: из личного аккаунта пользователя Happywhale)

Реализацию проекта Happywhale можно условно разделить на несколько стадий.

Стадия 1. Знакомство с проектом и тренинг координаторов до начала туристического сезона

Коммуникация перед запуском проекта научного волонтерства представляла собой 3 основные линии связи, включающие представителя головного офиса компании (Operations manager), ответственного за связь гидов с офисом во время туристического сезона, руководителя самого проекта (CEO Happywhale) и координаторов (полярные гиды), контролирующих сбор фотоданных вместе с желающими туристами и членами экипажа (рис.5). Коммуникационная связь осуществлялась дистанционно посредством Skype-конференций. Руководитель проекта проводил вводный брифинг, ознакамливающий с проектом, и презентацию по сбору данных для полярных гидов, заинтересованных в участии.

В целом, как правило, необходимость присутствия ведущих исследователей и создателей проекта на борту судов зависит от сложности самого проекта и оборудования, необходимого для осуществления исследования. В нашем случае создатель исследовательской программы

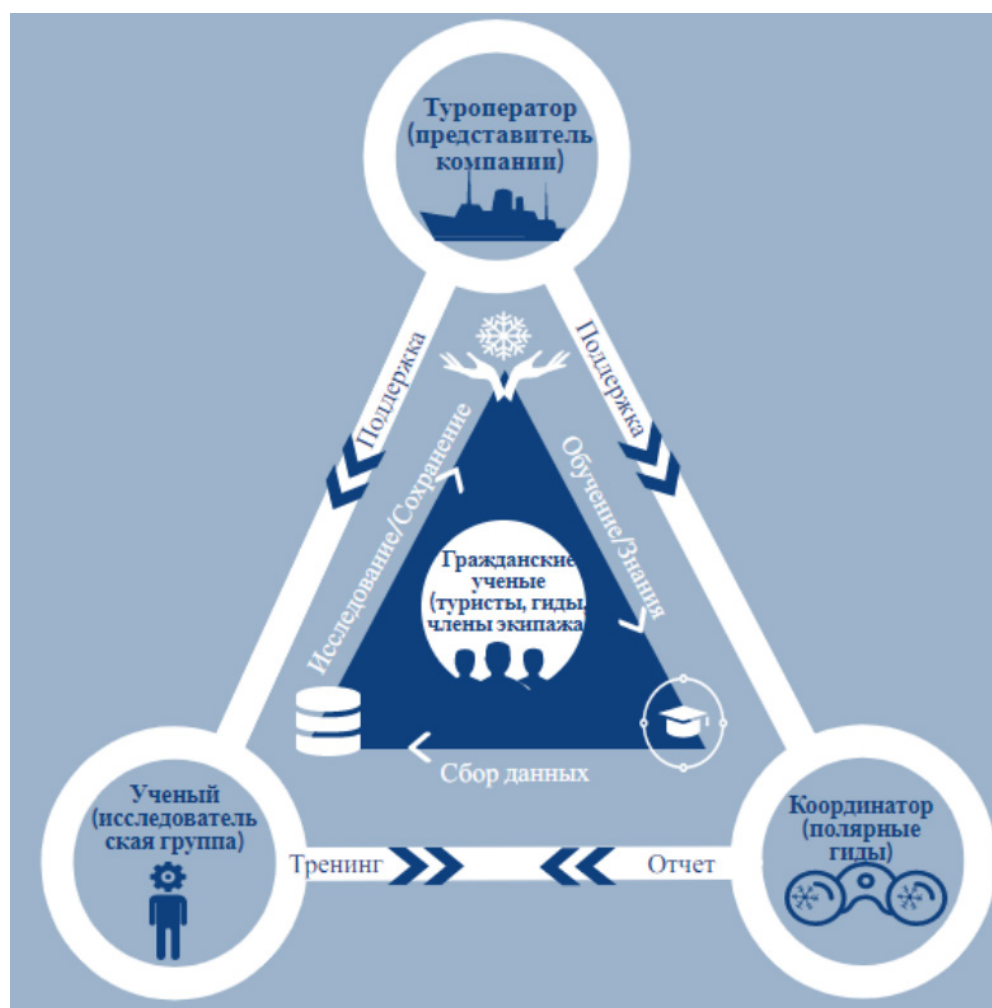


Рисунок 5 – Коммуникационная сеть участников и основные цели реализации проекта гражданской науки в полярных регионах на борту туристических судов.

Happywhale не присутствовал во время круизов, так как единственным требованием для участия являлось наличие личной фотокамеры, обладающей хорошей фокусировкой и стабилизатором, а обучающие для туристов и членов экипажа тренинги и вводные лекции на борту осуществляли полярные гиды, специализирующиеся на морских млекопитающих.

Стадия 2. Презентация программы гражданской науки на борту

Во время совершения перехода судна до Антарктического полуострова координатор программы научного волонтерства представлял проект и презентовал свод регламентированных правил по сбору фото-идентификационных данных.

Стадия 3. Практика ведения наблюдений в открытом океане

Далее гид или группа гидов осуществляли сбор желающих участвовать в проекте, и начиналась обзорная часть исследования, которая проходила либо на палубе судна во время круиза, либо во время морских экскурсий на моторных лодках «Зодиак» (называемые «Зодиак-круизы») по местности с целью обнаружения китообразных в океане.

Стоит подчеркнуть, что образовательные мероприятия в виде лекций были одной из основ туристических экспедиций и важным способом взаимодействия с посетителями Антарктики. Координатор гражданской науки выступал с лекциями по биологии китообразных, их социальной организации и промышленному китобойному промыслу XX, подвергшего беспрецедентному сокращению численности китообразных на ледяном континенте до грани исчезновения. Как отмечали многие пассажиры, заполнявшие по желанию формы наших опросников о своих впечатлениях об участии в программе Happywhale и о путешествии в целом, поскольку лекции сочетались с естественным наблюдением за китами, они имели более глубинное и осознанное представление о своем вкладе в науку, что делало их поездку еще более значимой и запоминающийся.

Стадия 4. Обработка данных

В конце каждого туристического сезона координатор отчитывался о полученных фотоданных, собранных участниками проекта, представителю головного офиса туристической компании и руководителю Happywhale, а загрузка полученных снимков с указанием авторских прав всех контрибьюторов на аккаунт компании Aurora Expeditions происходила при наличии стабильно работающего интернета либо на судне, либо при прибытии судна в порт. Гражданским ученым также настоятельно рекомендовали создавать свои собственные учетные записи в базе

Happywhale для отслеживания китообразных, которых они наблюдали в круизе. В таком случае, если контрибьютор четко следовал инструкции создания своего аккаунта в базе и указывал при загрузке своих фотоданных название судна и туроператора, сотрудники Aurora Expeditions также могли после ознакомиться с этой информацией для включения данных в отчет о реализации научно-исследовательской программы на борту. Когда исследователям удавалось идентифицировать животных, они сообщали об их именном идентификаторе в базе и о том, где еще встречались обнаруженные особи (рис. 6).

Таким образом, благодаря полярным гидам, туристам и даже некоторым членам экипажа, формировалась возможность проследить миграционные маршруты китообразных, оценивалась их численность в том или ином ареале обитания, а также каждому киту присваивалось индивидуальное «имя» (ID), позволяющее в дальнейшем создавать идентификационные каталоги и отслеживать жизненный путь животного. Позже, уже находясь дома, гражданские ученые могли следовать за своими «подопечными» через континенты и океаны путем выбора в базе функции наложения трекинговых линий.

По итоговым оценкам, в течение двух туристических сезонов 544 антарктических путешественника приняли участие в проекте Happywhale как напрямую – предоставив свои фотоданные, так и косвенно – посетив вводные брифинги и лекции. Стоит отметить, что не всегда научные волонтеры могли получить хорошие

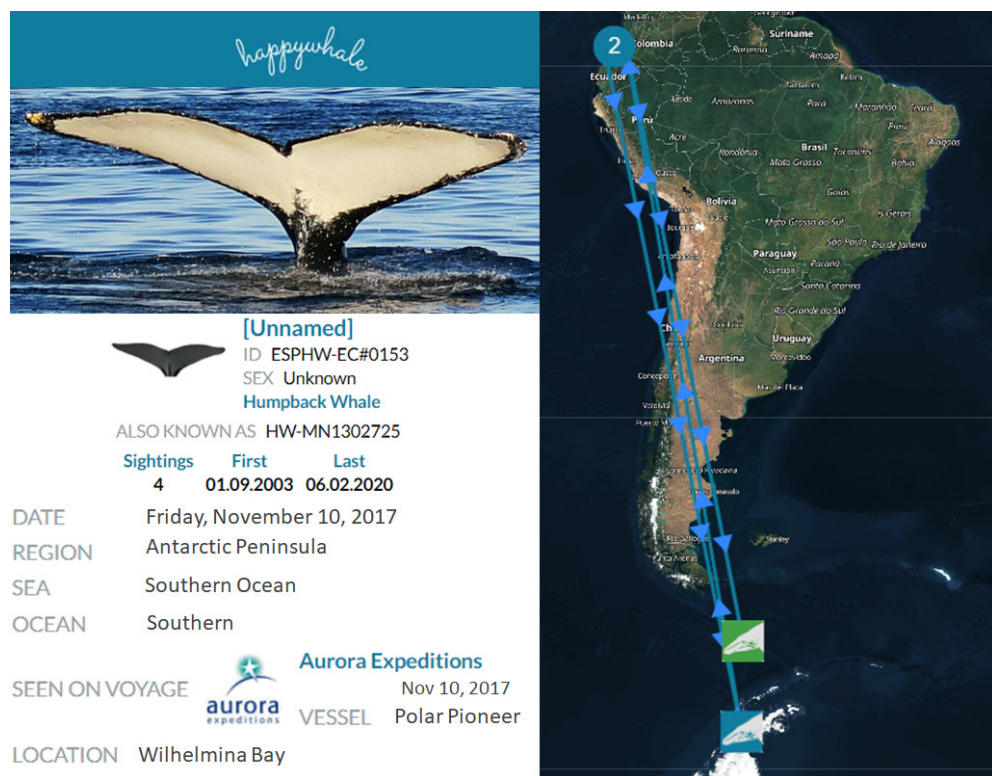


Рисунок 6 – Идентифицированная особь горбатого кита, замеченная на Антарктическом полуострове, и ее отслеженный миграционный путь в Колумбию и Эквадор (источник: из личного аккаунта пользователя Happywhale)

идентификационные фотографии в связи с погодными условиями, кратковременными встречами или дальностью местоположения животных. Поэтому координаторами были отобраны и включены в программу Harrywhale и в итоговый отчет только качественные фотоданные (рис.7).

Так, в первый сезон (2017-2018 гг.) в базу данных было добавлено 69 особей 6 видов китообразных, в результате фотоанализа 19 горбатых китов были после идентифицированы по естественным меткам на внутренней части хвостовых лопастей (рис. 6). Во втором сезоне (2018-2019 гг.) было встречено 5 видов китообразных, в базу данных добавилось больше особей – 87, из них было идентифицировано 22 особи горбатых китов. Миграционные пути идентифицированных морских млекопитающих были также прослежены.

Стадия 5. Результат исследования после накопленных фотонаблюдений

За последние 5 лет существования Harrywhale потребовались тысячи гражданских ученых, чтобы собрать сотни тысяч фотоданных в четкую численную и территориальную карту пребывания китообразных на Антарктическом полуострове. Согласно статистическим данным базы Harrywhale, 7715 встреч с морскими млекопитающими поспособствовали созданию каталога, включающего 3792 особи горбатых китов и 33 вида других морских млекопитающих в водах, окружающих полуостров (рис. 8).

Следует подчеркнуть, что Harrywhale является одним из наиболее действенных проектов гражданской науки, благодаря которому на Антарктическом полуострове были приняты охранные меры.

Так, в январе 2020 года IAATO и туроператоры единогласно

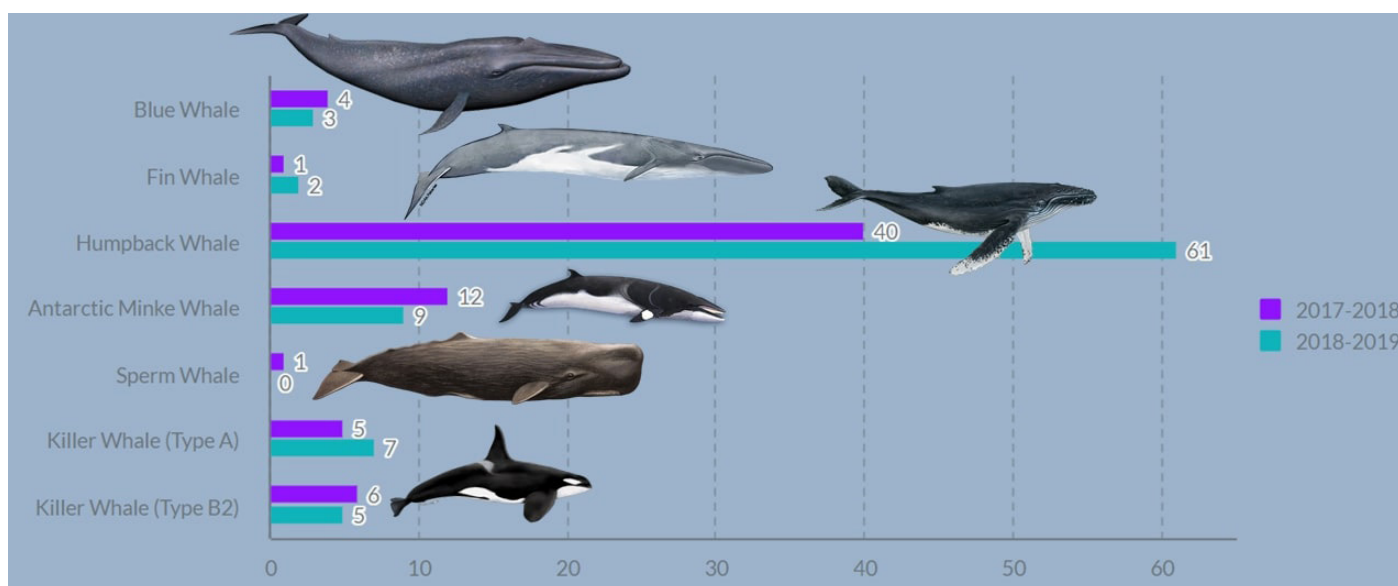


Рисунок 7 – Количество особей по видам, добавленных в базу данных Harrywhale в течение 2017-2019 годов



Рисунок 8 – Численные и территориальные данные китообразных из базы Harrywhale на Антарктическом полуострове, собранные в период 2015-2020 (источник: Harrywhale) [13].

согласились осуществлять движение судов на максимальной скорости до 10 узлов в районе Антарктического полуострова площадью 2000 квадратных километров, который является наиболее населенным китообразными, чтобы обеспечить безопасность китов и предотвратить потенциальные столкновения с судами. Энтузиазм пассажиров и гидов туристических экспедиций в сочетании с полученными ими данными, которые они предоставили во время вояжей, позволили продемонстрировать восстановление популяции китообразных после китобойного промысла, и поэтому антарктическими туроператорами, выступающими за поддержку устойчивого развития экотуризма, было принято решение поставить безопасность китов на первое место [15].

Отметим, что без гражданских ученых на сбор таких информационных данных в полярном регионе у морских биологов, предположительно, ушли бы десятилетия. Подобные меры по сохранению благополучия и обеспечения безопасности китообразных, занимающих важнейшую нишу в морской экосистеме, было бы невозможно осуществить без активной вовлеченности полярных туроператоров, ровно как и существование самого проекта Harrywhale было бы невозможно без добровольной помощи пассажиров и гидов.

Обзор реализации проектов гражданской науки в Антарктиде и Арктике

Далее автор представляет краткое описание некоторых программ научного волонтерства, дающих представление, в каких областях полярных исследований индустрия туризма может оказать поддержку.

1. FjordPhyto — проект по исследованию антарктического фитопланктона. Осуществляя забор воды во время Зодиак-круизов для изучения фитопланктона на Антарктическом полуострове с помощью простого в использовании оборудования в течение всего летнего антарктического сезона (ноябрь-март), гражданские ученые вместе с ведущим проект ученым-океанологом помогают понять, как талая ледниковая вода может влиять и изменять популяцию фитопланктона во фьордах, и как в целом температурные изменения воды отразятся на прибрежной экосистеме. Проект был запущен в 2016 году, и уже в первый сезон 2016-2017 его участники помогли обнаружить несколько новых локаций цветения фитопланктона на территории западной части полуострова, ранее неописанных в научной литературе [6 - 12].

2. Проект Globe Observer по наблюдению за облаками.

В данной программе гиды и туристы регистрируют облачный покров как в Арктике, так и в Антарктиде, чтобы помочь ученым понять, как он влияет на температуру поверхности и воздуха, и как облака будут реагировать на изменение климата. Для участия необходимо предварительно скачать мобильное приложение GLOBE Observer app, а полярные гиды на борту помогут пройти базовый тренинг по определению видов облаков. Все наблюдения могут вноситься в приложение даже без наличия интернета. Данные автоматически загружаются, когда пользователь подключается к сети [21].

3. Проект Seabird при инициативе американского университета Стоуни-Брук по наблюдениям за морскими птицами в Антарктическом секторе. Осуществляя наблюдения за птицами в море или с берега вместе с гидом-орнитологом, гражданские ученые собирают видовые и численные данные по представителям пернатых, чтобы помочь исследователям построить мезомасштабные (в пределах десятков километров) модели распространения морских птиц в Южном океане. Опытный орнитолог должен руководить наблюдениями для обеспечения точности подсчета и идентификации видов. В конце туристического сезона или при наличии интернета на судне ведущий координатор проекта отправляет заполненные протоколы по электронной почте [18].

4. CleanUp Svalbard — инициатива по очистке побережья Шпицбергена от мусора. Проект существует уже почти 20 лет, и пассажиры туристических судов, высаживающиеся на берег, активно принимают участие в сборе мусорных объектов (зачастую рыболовных сетей и пластиковых предметов) [10]. Ученые-экологи и океанологи из разных стран, занимающиеся исследованием загрязнения окружающей среды в полярных регионах, используют полученные данные в своих научных статьях, анализируя результат сбора. Так, немецкий исследователь в своей статье документирует подход к количественному сбору мусора на

пляжах архипелага Шпицберген гражданскими учеными, осуществлявшими высадки на берег летом 2016 года. Пассажиры круизов и гиды экспедиции следовали нормам сбора мусора по выделению и замеру территориальных зон, затем осуществляли непосредственный сбор в пределах обозначенных границ и использовали фотографии для документирования взаимодействия обнаруженных мусорных объектов с дикой природой. Сотрудники экспедиции заполняли специализированные формы отчетности на каждом обследованном пляже, а также информировали о реакции пассажиров на мусор. Проект выявил значительное загрязнение пляжей Шпицбергена мусором, главным образом связанным с рыбной промышленностью, и в общей сложности было собрано 991 кг мусора с общей площади отбора проб 11 732 м².

Как отмечает ученый, выпущенная научная статья представляет собой достоверный отчет о береговом мусоре на Шпицбергене и является ценным вкладом в оценку распределения морского мусора в арктической среде. Дополнительно в исследовательской работе подчеркивается, что процесс сбора данных во время участия в проектах гражданской науки может изменить взгляд туристов, обеспечивая более глубокое понимание окружающей среды, которую они посещают [2]

5. Ice Watch — программа по наблюдению за морским льдом. Данный проект помогает понять и проследить прогрессию таяния морского льда в летний период в Арктике. Гражданские ученые проводят наблюдения, определяя возраст, тип и топографию морского льда, а ведущие гиды-координаторы проекта на борту отправляют результаты собранных данных, используя программное обеспечение ASSIST (Arctic Shipborne Sea Ice Standardization Tool). Как отмечает экспедиционная команда судна, проводившая впервые сбор данных в формате гражданской науки на Северном полюсе в 2015 году вместе с пассажирами, Ice Watch является сложным проектом, реализация которого наиболее оптимально возможна на ледоколах. Чтобы изучить протоколы исследования, технические и программные методики сбора данных, полярные гиды проходили тщательную и продолжительную подготовку до туристического сезона [18].

Полученные данные в ходе исследования

Таким образом, несмотря на то, что потенциальный вклад индустрии полярного туризма в научные исследования пока не в полной мере оценен и раскрыт в связи с еще не четко выстроенной связью с научным сообществом, тем не менее, ниша гражданской науки в полярных регионах находится в процессе активного формирования.

Приведенные примеры уже реализуемых проектов иллюстрируют, как при участии гражданских ученых на борту могут успешно собираться надежные научные

данные, которые способствуют расширению знаний об Арктике и Антарктиде и их обитателях, а также влияют, в той или иной степени, на принятие мер по их сохранению.

Необходимо дальнейшее развитие проектов полярной направленности в формате гражданской науки для использования их в качестве вспомогательных методов изучения и мониторинга состояния полярных регионов. Научное волонтерство следует также рассматривать как концепцию, обладающую образовательной ценностью.

Дискуссия

Рекомендации по разработке проектов научного волонтерства и выявление препятствующих факторов по их реализации на борту туристических судов

Одним из базовых факторов перед внедрением программ по гражданской науке на борту судов является, непосредственно выбор подходящих проектов на основании, прежде всего, объекта исследования и анализа технических методик по сбору данных для его изучения, ведь далеко не все протоколы исследований могут быть применимы для использования гидами и пассажирами на борту. Исходя из обзора действующих проектов, практического участия в одном из них и обсуждения трудностей внедрения программ в формате научного волонтерства с учеными, туристами и опытными полярными гидами, автор отмечает несколько рекомендательных аспектов, которым должен соответствовать проект в формате научного волонтерства, чтобы обеспечить пассажирам не только полезный досуговый и образовательный опыт, но и качественный сбор данных, необходимый полярным исследователям.

- Проекты гражданской науки должны легко включаться в ежедневную программу активностей на борту судна, при этом их формат исследования должен быть построен так, чтобы туристам было интересно принять непосредственное участие, и при этом чтобы у них не возникало чувство утомления, ведь приоритетной миссией их путешествия является получение удовольствия от самой поездки.
- Будет чрезвычайно полезно, если туроператоры будут открыты к предоставлению возможностей ученым, только изъявляющих желание вовлекать индустрию туризма в свою исследовательскую деятельность, проводить определенное время на борту туристического судна, чтобы лучше понять специфику полярного туризма в целом, виды туристических активностей и возможности органичного внедрения гражданского научного проекта в расписание для пассажиров.
- Кроме того, протоколы данных вместе с исследовательским оборудованием не должны быть высокой сложности, а подготовка к самому проекту не должна занимать длительный период времени.

Чем сложнее методики сбора данных и объекты исследований, тем возрастает вероятность допущения ошибки в полученной информации. Как показывает практика, протоколы сбора данных, которые включают поддающееся проверке наблюдение (например, фотографии животных и птиц или условий окружающей среды, таких как облачный покров) или простое измерение (например, высота снежного покрова или толщина льда), считаются наиболее простыми для освоения научными волонтерами.

- Также необходимо, чтобы исследователи предоставляли подробные инструкции по их научно-исследовательскому проекту и специфике сбора данных в виде вводных презентаций и тренингов для гидов, которые будут курировать программу на борту туристического судна. В целом, очень важно, чтобы было проведено предварительное обучение сотрудников экспедиции либо лично, либо дистанционно, чтобы собираемые данные соответствовали желаемому стандарту; и в случае отсутствия ведущего исследователя на борту, он мог заранее удостовериться, что проект будет продвигаться на местах гидами и туроператорами качественно.
- В течение всего периода проведения проекта на борту для экспедиционной команды гидов в случае возникновения вопросов или проблем важно поддерживать коммуникационную связь с учеными и представителями туроператора в офисе. Отсутствие доступа к средствам получения информации может привести к некачественному сбору данных или отказу от участия в самом проекте.
- Для эффективности исследований условия сбора данных должны предусматривать предсказуемые регулярные посещения одной и той же локации или нескольких локаций для отбора проб. Таким образом собранные данные создают временные ряды, и отслеживаются изменения в районах исследования в течение всего круизного сезона, а в долгосрочной перспективе – возможны в течение нескольких сезонов подряд.
- Еще одним ключевым фактором, усиливающим вовлеченность гражданских ученых в проект и желание поделиться о нем с другими по возвращении из поездки, является возможность следить за ходом исследования онлайн. Создание сайта проекта или, при наличии достаточного финансирования, мобильного приложения, в котором контрибьюторы могли бы видеть свои наблюдения, укрепит ощущение полезности процедуры сбора данных на борту. В свою очередь, ученые должны рассмотреть возможность добавления методики для получения обратной связи от участников проекта. Например, опросные анкеты

могли бы помочь не только оценить интерес и степень вовлеченности участников в исследование, но и продемонстрировать образовательную эффективность проектов, разработанных для улучшения понимания пассажирами конкретных тем или повышения осведомленности об экологических проблемах.

Следует понимать, что использование туристических судов в качестве платформы для сбора научных данных сопряжено с некоторыми ограничениями и трудностями, о которых заранее необходимо знать ученым.

Так, сложные проекты могут перегружать занятый персонал экспедиции, что, в свою очередь, может привести либо к пониженной вовлеченности участников, либо к некачественному сбору данных. В результате, научная подлинность исследования будет поставлена под сомнение, и важность гражданской науки как механизма сбора данных в полярных регионах, и ее просветительская и образовательная функции будут обесценены.

В течение туристического сезона экспедиционная команда гидов часто меняется, что накладывает дополнительную нагрузку на ученых с точки зрения привлечения и обучения новых кураторов проекта на борту.

Стоит также учесть, что если проект предусматривает сбор биологических образцов, исследователям понадобится получить заблаговременно все запрашиваемые разрешения на хранение проб на борту и их последующий экспорт по прибытию судна в порт. Логистике доставки образцов и оформлению необходимой документации следует уделять особое внимание.

Подчеркнем, что выбор места хранения образцов должен быть тщательно продуман, в особенности, если образцы требуют заморозки, ведь пространство в морозильных камерах на туристических судах зачастую очень ограничено, а научные образцы необходимо строго отделять от пищевых продуктов, они также требуют не только соблюдения определенного температурного режима, но и ряда других условий по мониторингу состояния проб.

На сегодняшний день, пожалуй, наиболее острым и непроработанным вопросом в развитии проектов гражданской науки в полярных регионах, в которых необходим физический сбор образцов, является финансирование, в частности, спонсорская поддержка туроператоров на затраты для оборудования. Вопрос готовности компаний оплачивать стоимость оборудования для отбора проб на судне, остается открытым, так как требует более детального обсуждения с научным сообществом и представителями всех полярных туроператоров.

Поэтому при составлении плана реализации исследовательских проектов с вовлечением индустрии туризма ученым изначально следует разрабатывать простые и не высокочрезвычайно затратные инструменты сбора данных, создавая возможность для переговоров с компаниями о покрытии всей или частичной стоимости.

Заключение

Гражданская наука, определяемая как метод сбора данных, с помощью которого непрофессионалы содействуют подлинному научному исследованию на борту туристических судов, следует рассматривать как возможный дополнительный элемент системы полярных наблюдений.

В условиях стремительно меняющихся процессов в Арктике и Антарктиде, поддержка полярных исследований никогда не была так особенно важна для обеспечения реальной основы для дискуссий и принятию мер по критическим вопросам относительно изменения климата и экологического состояния полярных регионов, как в настоящее время.

Программы гражданской науки на борту туристических судов, совершающих регулярные и повторные маршруты, недостаточно широко используются в качестве инструментов мониторинга изменений окружающей среды в полярных регионах, однако автор привел несколько примеров, которые иллюстрируют, как упомянутые исследовательские программы могут успешно собирать надежные научные данные и способствовать расширению знаний о регионах. Включение данных, добытых из программ научного волонтерства, может быть использовано для содействия мониторинга арктического и антарктического биоразнообразия, состояния окружающей среды, и даже воздействия самого туризма на самые чувствительные к изменениям регионы планеты. Поэтому отрасль туризма может выступать в качестве потенциального поставщика данных по полярным наблюдениям.

Вовлекая туристов в полярные исследования через формат гражданской науки, мы также можем построить более прочные связи между обществом и наукой. Участие в проектах позволяет повысить научную грамотность, ведь в процессе гражданские ученые приобретают новые знания, знакомятся с различными методиками исследования, что увеличивает понимание ценности научных инициатив.

Таким образом, развитие гражданской науки в полярных регионах посредством привлечения индустрии полярного туризма может оказать положительное воздействие на всех ее участников: ученые получают необходимые данные об объектах своего исследования для возможности отслеживания текущих процессов и моделирования будущих, туристы, внося свой вклад в науку, приобретают более глубинную степень осознанности о необходимости сохранения полярных регионов, а у полярных гидов появляется дополнительный образовательный инструмент широкого спектра, позволяющий воочию продемонстрировать глобальную значимость Арктики и Антарктиды. Следовательно, связь между научной деятельностью в формате гражданской науки, ответственного туризма и общественного участия служит полезным ресурсом и вспомогательным элементом для полярных исследований.

Список литературы:

1. Национальный Парк «Русская Арктика» URL: <http://www.rus-arc.ru/> (дата обращения: 23.02.2021)
2. Bergmann, M., et al. Citizen scientists reveal: marine litter pollutes Arctic beaches and affects wildlife, *Marine Pollution Bulletin*, - 2017, Vol. 125 Nos 1-2, pp., 535-40
3. Cusick A. et al., Polar Tourism as an Effective Research Tool: Citizen Science in the Western Antarctic Peninsula // *Oceanography Magazine*. – 2020, Vol 33, №1. - P. 50-61.
4. Lück, Michael & Maher, Patrick & Stewart, Emma. (2021). *Cruise Tourism in Polar Regions*
5. MacCarthy A. et al. Hunting Aliens in Antarctica // *ECO Magazine* (online-based). 2020. - С. 38.
6. Mascioni, M. et al. Phytoplankton composition and bloom formation in unexplored nearshore waters of the Western Antarctic Peninsula. – 2019, *Polar Biol* 42, 1859–1872
7. *The Science of Citizen Science* / Vohland K., Land-Zandstra A., Ceccaroni L, - Cham: Springer, 2021. - 520 p.
8. Antarctica Tourism - Human Impacts Threats to the Environment // *Cool Antarctica* URL: https://coolantarctica.com/Antarctica%20fact%20file/science/threats_tourism.php (дата обращения: 23.02.2021)
9. Association of Arctic Expeditions Cruise Operations (AECO) URL: <https://www.aeco.no/about-aeco/> (дата обращения: 23.02.2021)
10. Clean Up Guidelines// AECO URL: <https://www.aeco.no/guidelines/cleanupguidelines/> (дата обращения: 23.02.2021)
11. Data Statistics // IAATO URL: <https://iaato.org/information-resources/data-statistics/> (дата обращения: 23.02.2021)
12. FjordPhyto URL: <http://www.fjordphyto.org/> (дата обращения: 23.02.2021)
13. Happywhale URL: <https://happywhale.com> (дата обращения: 23.02.2021)
14. International Association of Antarctica Tour Operators (IAATO) URL: <https://iaato.org/about-iaato/> (дата обращения: 23.02.2021)
15. IAATO Blog // IAATO URL: <https://iaato.org/blog/were-slowng-down-for-whalesheres-why/> (дата обращения: 23.02.2021)
16. Is Sustainable Travel to Antarctica Actually Possible? // *FodorsTravel* URL: <https://www.fodors.com/news/travel-tips/is-sustainable-travel-to-antarctica-actually-possible> (дата обращения: 23.02.2021)
17. Our ships // *Hurtigruten* URL: <https://www.hurtigruten.com/our-ships/> (дата обращения: 23.02.2021)
18. Projects // *The Polar Citizen Science Collective*. URL: <http://www.polarcollective.org/projects> (дата обращения: 23.02.2021)
19. Search for Next Antarctic Fellowship Recipient Launched // IAATO URL: <https://iaato.org/search-for-next-antarctic-fellowship-recipient-launched/> (дата обращения: 26.03.2021)
20. The Antarctic Treaty URL: https://www.ats.aq/index_r.html (дата обращения: 23.02.2021)
21. The Globe Observer URL: <https://observer.globe.gov/do-globe-observer/clouds> (дата обращения: 23.02.2021)

References:

1. Nacional'nyj Park «Russkaya Arktika» (In Russian) URL: <http://www.rus-arc.ru/> (accessed 23.02.2021)
2. Bergmann, M., et al. Citizen scientists reveal: marine litter pollutes Arctic beaches and affects wildlife, *Marine Pollution Bulletin*, - 2017, Vol. 125 Nos 1-2, pp., 535-40
3. Cusick A. et al., Polar Tourism as an Effective Research Tool: Citizen Science in the Western Antarctic Peninsula // *Oceanography Magazine*. – 2020, Vol 33, №1. - P. 50-61.
4. Lück, Michael & Maher, Patrick & Stewart, Emma. (2021). *Cruise Tourism in Polar Regions*
5. MacCarthy A. et al. Hunting Aliens in Antarctica // *ECO Magazine* (online-

- based).2020. - C. 38.
6. Mascioni, M. et al. Phytoplankton composition and bloom formation in unexplored nearshore waters of the Western Antarctic Peninsula. – 2019, *Polar Biol* 42, 1859–1872
 7. *The Science of Citizen Science* / Vohland K., Land-Zandstra A., Ceccaroni L, - Cham: Springer, 2021. - 520 p.
 8. *Antarctica Tourism - Human Impacts Threats to the Environment* // Cool Antarctica URL: https://coolantarctica.com/Antarctica%20fact%20file/science/threats_tourism.php (accessed 23.02.2021)
 9. Association of Arctic Expeditions Cruise Operations (AECO) URL: <https://www.aeco.no/about-aeco/> (accessed 23.02.2021)
 10. Clean Up Guidelines// AECO URL: <https://www.aeco.no/guideline/cleanupguidelines/> (accessed 23.02.2021)
 11. Data Statistics // IAATO URL: <https://iaato.org/information-resources/data-statistics/> (accessed 23.02.2021)
 12. FjordPhyto URL: <http://www.fjordphyto.org/> (accessed 23.02.2021)
 13. Happywhale URL: <https://happywhale.com> (accessed 23.02.2021)
 14. International Association of Antarctica Tour Operators (IAATO) URL: <https://iaato.org/about-iaato/> (accessed 23.02.2021)
 15. IAATO Blog // IAATO URL: <https://iaato.org/blog/were-slowng-down-for-whalesheres-why/> (accessed 23.02.2021)
 16. Is Sustainable Travel to Antarctica Actually Possible? // FodorsTravel URL: <https://www.fodors.com/news/travel-tips/is-sustainable-travel-to-antarctica-actually-possible> (accessed 23.02.2021)
 17. Our ships // Hurtigruten URL: <https://www.hurtigruten.com/our-ships/> (accessed 23.02.2021)
 18. Projects // The Polar Citizen Science Collective. URL: <http://www.polarcollective.org/projects> (accessed 23.02.2021)
 19. Search for Next Antarctic Fellowship Recipient Launched // IAATO URL: <https://iaato.org/search-for-next-antarctic-fellowship-recipient-launched/> (accessed 26.03.2021)
 20. The Antarctic Treaty URL: https://www.ats.aq/index_r.html (accessed 23.02.2021)
 21. The Globe Observer URL: <https://observer.globe.gov/do-globe-observer/clouds> (accessed 23.02.2021)

УДК 620.92 + 621.311
 DOI: 10.24412/2658-4255-2021-2-62-80

Для цитирования:

Иванов А.В., Складчиков А.А., Хренников А.Ю.
 Развитие электроэнергетики арктических регионов Российской Федерации с учетом использования возобновляемых источников энергии // Российская Арктика. 2021 № 13. С. 62–80.
 DOI: 10.24412/2658-4255-2021-2-62-80

Получена: 30.06.2021
 Принята: 19.07.2021
 Опубликовано: 21.07.2021



Статья распространяется в полнотекстовом формате на условиях лицензии Creative Commons Attribution 4.0

РАЗВИТИЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ АРКТИЧЕСКИХ РЕГИОНОВ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ С УЧЁТОМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

А.В. Иванов¹, А.А. Складчиков², А.Ю. Хренников³

¹ Филиал АО «СО ЕЭС» Ленинградское РДУ, Санкт-Петербург, Россия;

² Филиал АО «СО ЕЭС» ОДУ Средней Волги, Самара, Россия;
 skladchikov-aa@mail.ru

³ АО «Научно-технический Центр Федеральной сетевой компании ЕЭС», Москва, Россия

Аннотация: в статье приведен анализ схем и программ перспективного развития электроэнергетики арктических регионов Российской Федерации с учётом влияния изолированных энергорайонов и труднодоступных территорий, факторов перспективного изменения спроса на электроэнергию, влияния экономики и климата, износа основных фондов субъектов энергетики, а также современных мировых тенденций применения возобновляемых источников энергии как альтернативы традиционной энергетике.

Ключевые слова: Арктическая зона Российской Федерации, перспектива развития электроэнергетики, возобновляемые источники энергии

DEVELOPMENT OF ELECTRIC POWER INDUSTRY IN THE ARCTIC REGIONS OF THE RUSSIAN FEDERATION, CONSIDERING THE USE OF RENEWABLE ENERGY SOURCES

A.V. Ivanov¹, A.A. Skladchikov², A.Yu. Khrennikov³

¹ Branch of JSC "System Operator of the United Power System" Regional Dispatching Office of St. Petersburg and the Leningrad Region Power System, St. Petersburg, Russia;

² Branch of JSC "System Operator of the United Power System" Interregional Dispatching Office of the of Middle Volga Power System, Samara, Russia; skladchikov-aa@mail.ru

³ JSC "Science and Technology Center of Federal Grid Company of Unified Energy System", Moscow, Russia

Abstract: The article focuses on analysis of schemes and programs for the prospective development of the electric power industry in the Arctic regions of the Russian Federation, considering the influence of isolated energy regions and hard-to-reach territories, factors of prospective changes in the demand for electricity, the influence of the economy and climate, the deterioration of fixed assets of energy entities, as well as modern global trends in application renewable energy sources as an alternative to traditional energy.

Keywords: the Russian Arctic, the prospects for the development of electric power industry, renewable energy sources

Введение

В соответствии с подзаконными актами, органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации ежегодно разрабатываются и утверждаются схемы и программы развития электроэнергетики при участии системного оператора и сетевых организаций на 5-летний период с учетом схемы и программы развития Единой энергетической системы России. В арктическую зону России входят все районы: Мурманской области, Ненецкого автономного округа, Чукотского автономного округа, Ямало-Ненецкого автономного округа, а также часть районов республики Карелия, республики Коми, республики Саха (Якутия), Красноярского края и Архангельской области (рис.1) [1].

В целях определения вектора развития арктических регионов Российской Федерации рассмотрим текущее состояние электроэнергетики как основы функционирования экономики и жизнеобеспечения, используя утвержденные главами регионов схемы и программы развития. Используя метод сравнительного анализа, выявим общие проблемы и намеченные пути их решения, планы на модернизацию и развития данных территорий. Определим, как арктические регионы решают одну из основных задач в сфере развития инфраструктуры Арктической зоны Российской Федерации по развитию системы энергоснабжения, модернизации объектов локальной генерации, расширению использования возобновляемых источников энергии (ВИЭ), сжиженного природного газа (СПГ) и местного топлива [2].

Примечание авторов: программа развития электроэнергетики республики Коми не рассматривалась по причине отнесения к Арктической зоне только территории

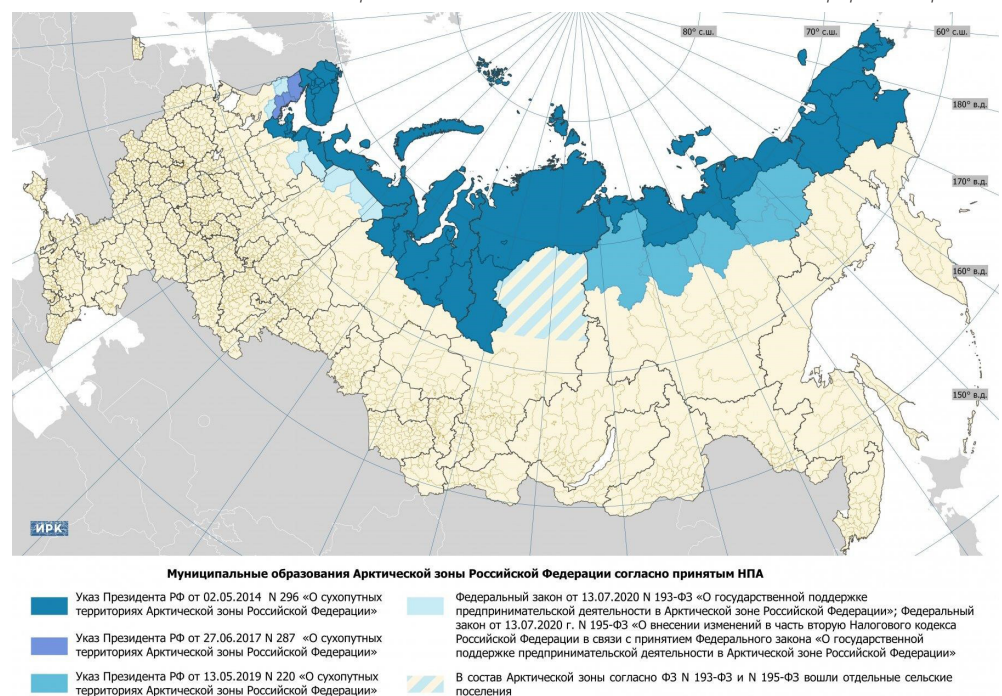


Рисунок 1 – Арктическая зона Российской Федерации.¹

¹ Карту подготовила А.В. Потураева по заказу по заказу АНО «Институт регионального консалтинга»: <https://urban.ranepa.ru>.

муниципального образования городского округа «Воркута», все потребители которого находятся в зоне централизованного энергоснабжения. Также большая часть данных схемы и программы развития электроэнергетики региона предназначена для служебного пользования и не разглашается.

Электроэнергетика арктических регионов Российской Федерации

В **Архангельской области** до начала 1970-х гг. существовало более 60 малых ГЭС приплотинного типа, построенные из древесины, с мощностями от 6,5 до 107 кВт, которые были заменены на более дешевые из условий на тот момент времени дизельные электростанции (ДЭС), но сейчас ситуация изменилась – основной задачей модернизации энергетики стало снижение объемов завозного топлива из-за его возросшей стоимости и высокого процента износа оборудования. В Архангельской области до 86 % первичных энергоресурсов ввозится из других регионов страны и только около 22 % приходится на местные виды топлива: дрова и кородревесные отходы. Такое соотношение ввозимых энергоресурсов обусловлено географическими и природно-климатическими особенностями территории области. Минимальная удаленность от производителей каменного угля и нефтепродуктов до г. Архангельска составляет 1700-1800 км, максимальная – свыше 4500 км [3].

В рамках реализации долгосрочной целевой программы Архангельской области «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности в Архангельской области на 2010-2021 гг.» было построено 13 новых биотопливных котельных, 49 котельных были переведены на местные виды топлива, закрыто 22 устаревших нерентабельных котельных, тем самым удалось достигнуть замещения 51 тыс. тонн каменного угля и 21 тыс. тонн мазута и дизельного топлива, а экономия эксплуатационных расходов при этом составила 141 млн. рублей.

В период 2021-2025 гг. запланирован перевод 14 котельных, работающих на угле, на работу на древесном топливе. Всего за указанный период при успешной реализации запланированных мероприятий удастся сэкономить порядка 7121 т. угля и 10502 тыс. руб/год, что дополнительно благоприятно скажется на экологии региона за счет уменьшения вредных выбросов в атмосферу. По сравнению с предыдущим периодом, темпы модернизации снижаются, но в разработанной в регионе программе перспективного развития даны предложения по сооружению новых объектов электросетевого комплекса, реконструкции электрических сетей и по внедрению инновационных мероприятий.

Основные рассматриваемые ДЭС представляют собой небольшие изолированные энергоузлы, которые расположены в сельских населенных пунктах, не охваченных централизованным электроснабжением, удаленных от топливных баз, имеющих сложную и затратную схему доставки топлива.

Для таких систем характерны: высокие удельные расходы топлива, низкие коэффициенты использования установленной мощности, высокий износ оборудования, высокий износ и уровень потерь в местных электрических сетях и, как результат, очень высокая стоимость электроэнергии. Из-за этого в муниципалитетах имеет место устойчивая тенденция на повышение стоимости энергетических ресурсов, что ограничивает развитие экономики данных районов, а предельные значения роста тарифов затрудняют инвестиции в модернизацию локальных энергосистем.

Лешуковский и Мезенский муниципальные районы Архангельской области с постоянным населением 6,048 и 8,294 тыс. человек соответственно питаются от 22 местных ДЭС общей установленной мощностью около 19,408 МВт. Проекты подключения к централизованной энергосистеме связаны со сложной трассой, проходящей через судоходные реки Пинега, Мезень (строительство спецпереходов ЛЭП), затопляемые в период паводка территории, сверхвысокие уровни ледоходов, а также сложные геологические условия, включающие в себя карстовые отложения в районах рек Пинега и Мезень. В итоге это выливается в высокую сметную стоимость проекта, превышающую 6 млрд рублей.

Децентрализованный проект модернизации электроснабжения районов предусматривает несколько вариантов. По данным программы и схемы перспективного развития, потенциал ветровой и солнечной энергии не позволяет рассматривать модернизацию генерирующих мощностей на основе ВИЭ, хотя наиболее перспективными в части использования ветрового потенциала в Архангельской области являются Мезенский, Онежский и Приморский районы, расположенные в прибрежной части Белого моря.

Рассматривается вариант перевода действующих ДЭС на СПГ, но при этом также должно быть предусмотрено централизованное хранение топлива, его подготовка (регазификация) и доставка по трубопроводам до энергообъектов, что ведет к увеличению инвестиций на строительство хранилищ СПГ. Учитывая разнородный состав оборудования ДЭС, наиболее целесообразным представляется формирование энергоцентров на базе существующих установок, с применением автоматических систем синхронизации, управления генерацией и системой хранения и регазификации СПГ. Автономный энергетический комплекс на СПГ (АЭК СПГ) потребует затрат на проектно-изыскательские работы, стоимость оборудования и доставку его к объекту, пусконаладочные работы, замену горелок действующих ДЭС, организацию приема и хранения топлива, реконструкцию системы топливных трубопроводов, создание системы управления и проведение ряда экспертиз, изысканий, а также прохождение государственной экспертизы.

В соответствии с «Концепцией развития локального теплоснабжения на территории Архангельской области до 2030 года» [4] к 2030 году число локальных источников

теплоснабжения составит 614 единиц, из них будут использоваться в качестве основного топлива: биотопливо (дрова, древесные отходы, щепу, торф) – 470, природный газ – 108, каменный уголь – 32, жидкое топливо (дизельное) – 1, а электроэнергию – 3. В итоге реализации данного плана топливный баланс региона должен выглядеть так: 54% – природный газ; 44% – биотопливо; 2% – каменный уголь.

Рассмотрим другой регион России – **Ненецкий автономный округ**, который целиком относится к арктической зоне и более 90% территории которого находится за полярным кругом. В округе преобладает добывающая промышленность, доля которой в общем объеме производства составляет 98%. По данным государственного баланса на 01.01.2020 учтено 52 разрабатываемых и 44 разведанных углеводородных месторождений, которые располагают богатейшими стратегическими запасами полезных ископаемых. Низкая степень выработанности месторождений при существующих уровнях добычи обеспечивает разведанными извлекаемыми запасами нефти на 52 года, а по газу более 100 лет [5]. При всех богатствах ресурсами Ненецкий автономный округ является самым малонаселенным субъектом РФ, имея население на 01.01.21 всего 44389 жителей. Протяженность автодорог общего пользования составляет 385 км, а водный транспорт имеет сезонный характер с продолжительностью навигации 135-150 дней в году.

Энергосистема округа децентрализована. Электроснабжение сельских населенных пунктов обеспечивается 34 локальными ДЭС. Топливо-энергетические ресурсы (дизельное топливо, каменный уголь, дрова, моторные масла и смазки) поставляются морским и речным транспортом в период навигации, а в ряд населенных пунктов – по временным дорогам в зимний период из центров муниципальных образований. Существуют поселения, где срок для доставки ресурсов судоходным транспортом при разливе рек в весенний период составляет всего 1-2 недели в год. Состояние генерирующего оборудования поселков и сельских поселений округа имеет ряд общих проблем, таких как: износ инфраструктуры, большой парк различных моделей ДЭС и высокий удельный расход топлива 317 г/кВтч. Тяжелые климатические условия, низкое развитие инфраструктуры, отсутствие централизованной системы электроснабжения, труднодоступность территорий и экологические загрязнения (выбросы в атмосферу и не утилизируемая тара из-под ГСМ) привели к тому, что полезный отпуск электроэнергии по муниципальным образованиям падает. Концепция развития энергетического комплекса Ненецкого автономного округа определяет основной целью модернизацию энергетики региона и снижение зависимости от внешних ресурсов. Автономный округ, с относительно высокой среднегодовой скоростью ветра более 5 м/с (более 40-50% времени в году 8-10 м/с) и низким коэффициентом вариации в пределах 5-8% в прибрежных районах, является перспективным для развития ветрогенерации (рис.2).

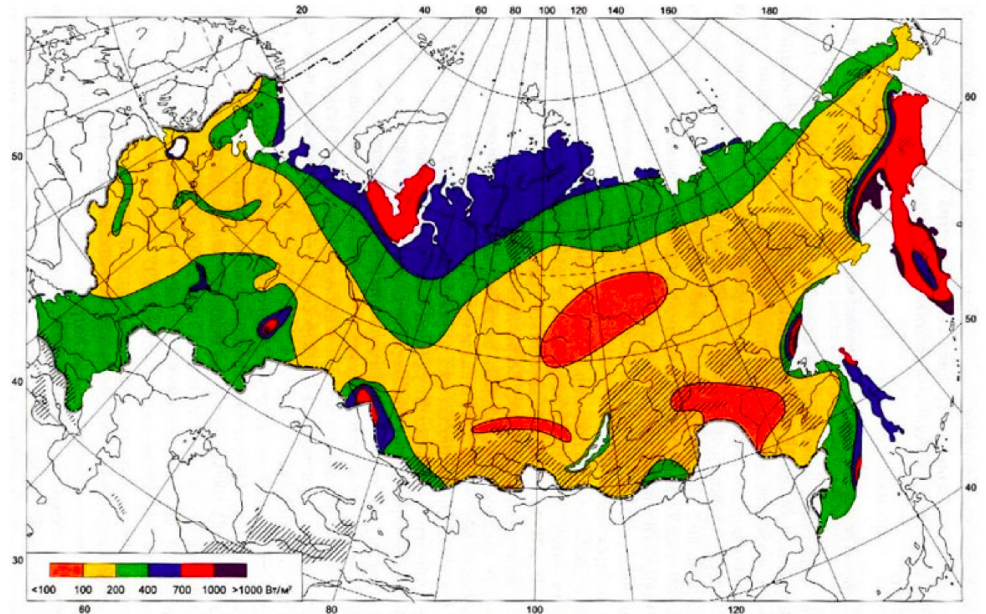


Рисунок 2 – Распределение удельного ветропотенциала на высоте 100 метров ($Вт/м^2$).

В 2012-2014 гг. в рамках программы приграничного сотрудничества Европейского Инструмента Сотрудничества и Партнерства «Коларктик», Россией, Финляндией, Норвегией и Швецией был реализован проект «Полярный ветер», в рамках которого были проведены инженерные работы и исследования для модернизации 4 локальных ДЭС, питающих населенные пункты. Созданы 3D модели ветровых нагрузок и определены наиболее благоприятные места установок экологически чистых ветрогенераторов. Есть уже и реализованные объекты ВИЭ. Заменены 200 кВт мощностей ДЭС ветроэнергетическими установками в рамках проекта «Возобновляемые источники энергии Заполярья: независимое энергосбережение – ПОЛЯРИС». Еще в 4 населенных пункта в 2020 г. завезены ветрогенерирующие установки, которые в комплексе с ранее смонтированными источниками бесперебойного питания и дизель-генераторами завершат модернизацию локальных энергосистем летом 2021 года. Выполненные мероприятия позволят сократить время работы ДЭС в 2 раза, за счет энергии ВИЭ, повысят надежность, снизят затраты на горюче-смазочные материалы и благоприятно скажутся на экологии региона. По результатам проведенных экспериментов и полученного опыта, было принято решение о дальнейшей модернизации ДЭС.

Ямало-Ненецкий автономный округ (ЯНАО) расположен в арктической зоне, на севере крупнейшей в мире Западно-Сибирской равнины, и занимает обширную территорию – более 750 тысяч квадратных километров. По данным Государственного баланса запасов полезных ископаемых РФ, по состоянию на 01.01.2020 в ЯНАО расположено 238 месторождений углеводородного сырья, запасы свободного газа с учётом шельфа составляют 48,6 трлн $м^3$, жидких углеводородов – 7,2 млрд тонн. В последние годы происходит снижение добычи углеводородов на традиционных нефтяных и газовых месторождениях Надым-Пур-Тазовского региона,

компенсируемые разработкой новых месторождений. Объёмы добычи природного газа в Надымском, Пурувском районах с 2011 года упали на 18%, доля районов в региональной добыче сократилась за этот период на 17% [6]. На территории ЯНАО получили распространение энергорайоны, работающие изолированно от Единой энергосистемы России, также ряд крупных добывающих предприятий осуществляет локальное электроснабжение промышленных объектов с помощью автономных электростанций на базе ГТУ и ГПА. В малонаселённых пунктах электроснабжение осуществляется в основном от ДЭС, работающих на привозном жидком топливе. Высокая себестоимость производства электроэнергии на ДЭС определяет повышенные расходы на дотирование электроснабжения из бюджетов районов, городов окружного значения и ЯНАО в целом. Существующее состояние локальных энергосистем накладывает объективные ограничения на уровень развития экономики и качество жизни населения этих территорий. Строительство электростанций осуществляется в основном в рамках инвестиционных программ энергоснабжающих предприятий.

Данные факторы сказываются на убыли постоянно проживающего населения, которым потребляется всего около 6% электрической энергии, что приводит к снижению экономической активности и электропотребления данных территорий в конечном итоге, что противоречит задаче социально-экономического развития Арктических территорий. Меры по развитию децентрализованных энергосистем направлены в первую очередь на снижение объемов потребления привозного дизельного топлива за счет использования ресурсной базы регионов для замещения местными видами топлива. В настоящее время строительство объектов ВИЭ в ЯНАО не предусмотрено. Тем не менее, в северной и северо-западной части ЯНАО, которые являются наиболее перспективными территориями для использования ветрогенерирующего оборудования, находятся 13 населенных пунктов, питающихся от изолированных энергосистем. В условиях Крайнего Севера оптимальным вариантом развития возобновляемой энергетики в регионе, органом исполнительной власти субъекта признано применение универсальных гибридных ветро-дизельных энергетических станций. Следует дополнительно отметить, что в соответствии с письмом Минэнерго России от 05.09.2016 года № ВК-9484/09 для использования в арктических территориях рекомендованы ветроэлектрические установки следующих производителей: Vergnet (Франция), KomaihaltecInc. (Япония), Vestas (Дания). В сложных политических, экономических условиях и колебаний курса рубля, использование западных технологий ведет к удорожанию проекта в целом, увеличению рисков и вероятностью выхода за рамки срока окупаемости капитальных вложений.

Последние научные разработки на базе российских технологий позволили создать высокотехнологичное

производство фотоэлектрических модулей, обеспечивающих коэффициент полезного действия при рассеянном свете как при высоких, так и при крайне низких температурах, до 23%. Производство таких высокоэффективных гетероструктурных фотоэлектрических ячеек не зависит от внешних факторов, так как полностью находится на территории России. С 2017 года осуществляется экспорт не только ячеек, но и инжиниринговых услуг в области солнечной энергетики. Недавно используемая технология была усовершенствована – новые двусторонние гетероструктурные модули, по сравнению с односторонними, вырабатывают за жизненный цикл до 30% больше электроэнергии.

На территории Российской Федерации реализуется проект локализации производства оборудования и компонентов ветроэнергетической установок. Успешно совершён трансфер технологий производства ключевых компонентов ВЭУ, таких как лопасти, безредукторные генераторы, гондолы и стальные башни. Повышается квалификация российских специалистов в сферах проектирования и строительства ВЭУ. В 2020 году Россия впервые экспортировала в Данию партию из 48 композитных лопастей. Производится оборудование для малых ГЭС и объектов микрогенерации с единичной мощностью от 5 кВт до 1 МВт.²

Локализация производства оборудования ВИЭ на территории РФ позволит снизить риски при реализации проектов модернизации децентрализованных энергосистем.

Рассматривается следующее предложение по развитию распределенной генерации (РГ – генерирующее оборудование, установленной мощностью до 25 МВт, подключённое к распределительным сетям и использующее любые первичные источники электроэнергии).

По результатам технико-экономического сравнения, наиболее экономичным вариантом является электроснабжение – 75% от ВЭС и 25% от существующих ДЭС. Даже при режиме работы 25% от ВЭС и 75% от существующих электростанций для 11 из 13 удалённых населённых пунктов ЯНАО, использование ветрогенераторов экономичнее существующей схемы электроснабжения, а для оставшихся двух равноэкономичны. Данные предложения, изложенные в схеме и программе перспективного развития электроэнергетики Ямало-Ненецкого автономного округа, требуют дополнительной проработки.

Мурманская область имеет высокий ветропотенциал в прибрежных зонах и является перспективной для развития ВИЭ. Продолжительность отопительного периода достигает до 9 месяцев, централизованная газовая инфраструктура отсутствует, а часть потребителей не подключена к централизованной энергосистеме и питается в основном от ДЭС. Вышеперечисленные обстоятельства сделали область зависимой от поставок нефтетоплива, которое обеспечивает до 58% валового спроса на энергию в регионе [7]. Учитывая планы по

2 ООО «Хевел Ритейл»: [сайт]. URL: <https://hevellsolar.com/proizvodstvo>

реализации крупных инфраструктурных и промышленных проектов по развитию севера РФ, в частности Мурманского транспортного узла, остро стоит вопрос по эффективности, надежности, автономности региона и децентрализованных районов, в том числе за счет ВИЭ. Есть примеры успешной реализации высокого ветропотенциала региона.

В Мурманской области действуют ВЭУ мощностью от 5 до 500 кВт, есть примеры реализации строительства ветродизельных и ветросолнечных установок для питания удаленных труднодоступных районов. Конечно, существуют климатические особенности, ограничивающие внедрение солнечных установок (рис.3) — среднегодовой уровень суммарной солнечной радиации составляет менее 2 кВтч/кв.м, а с октября по март – менее 1 кВтч/кв.м; однако в июле-августе этот показатель значительно возрастает, достигая на побережье Белого моря 5,5-6 кВтч/кв.м. Но все же солнечные панели используются в составе комбинированной генерации, а также для обеспечения энергией более 120 маяков Кольского полуострова, на каждом из которых установлены фотоэлементы мощностью от 0,05 до 0,5 кВт.

Потенциал использования ВИЭ в Мурманской области значителен, но его масштабное освоение еще не началось и пока носит локальный характер для обеспечения энергией удаленных и сложно доступных территорий. В конце 2021 года планируется ввод в эксплуатацию крупного ветроэнергетического парка вдоль дороги г. Мурманск - п. Туманный установленной мощностью 200 МВт от 57 установок SG 3.4-132 Siemens Gamesa. В перечне проектов ВИЭ, отобранных АО «АТС» в 2017 году, фигурируют ещё 4 объекта ветроэнергетики ООО «Ветропарки ФРВ» суммарной установленной мощностью 150 МВт, планируемых к возведению на территории Мурманской области к концу 2022 года, но конкретная информация по строительству сейчас отсутствует.

Республика Карелия входит в Северный экономический регион, основными отраслями производства которого

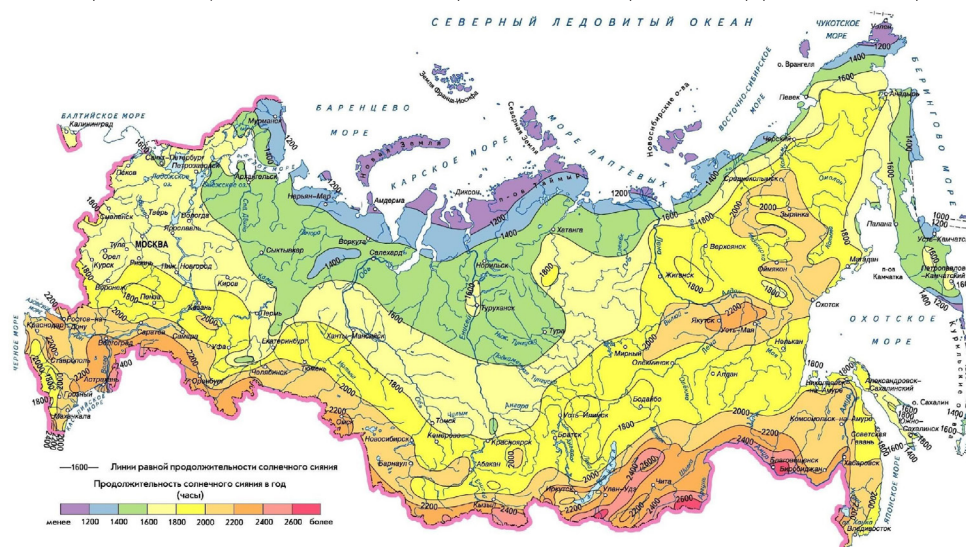


Рисунок 3 – Продолжительность солнечного сияния в Российской Федерации.³

³ Национальный атлас России: [сайт]. URL: <https://nationalatlas.ru>

являются камнеобработка, черная и цветная металлургия, машиностроение, лесная, деревообрабатывающая, целлюлозно-бумажная и рыбная промышленность, добыча природных ресурсов, в том числе железных, медно-никелевых, алюминиевых руд и апатитов. По данным Карелиястата, численность населения республики Карелия на 1 января 2020 года составила 614064 человека и имеет тенденцию к незначительному снижению: в соответствии с демографическим прогнозом до 2036 года прогнозируется снижение численности населения.

Энергетический комплекс республики Карелия характеризуется как энергодефицитный и зависит от привозного топлива. Собственное производство электроэнергии покрывает порядка 60% от общего потребления электроэнергии, а дефицит покрывается за счет перетоков по магистральным сетям ПАО «ФСК ЕЭС» из смежных энергосистем Ленинградской и Мурманской области. Для достижения устойчивого социально-экономического развития республики требуется наращивание собственной генерации.

В республике Карелия имеется большое количество малых ГЭС мощностью менее 25 МВт. В большинстве своем это станции, построенные более 60 лет назад, их оборудование устарело и подлежит замене и модернизации. Так, в 2021 году планируется ввод двух малых ГЭС: МГЭС «Белопорожская ГЭС-1» и МГЭС «Белопорожская ГЭС-2» ООО «НГБП» суммарной мощностью 49,8 МВт. Кроме этого в 2022 году планируется строительство Сегозерской МГЭС установленной мощностью 8,1 МВт [8]. В области имеется потенциал использования ВИЭ для строительства и модернизации удаленных энергосистем. С 2013 года Norsk Energi совместно карельским Центром энергетической эффективности разработали технико-экономическое обоснование использования экологически чистых ВИЭ для 8 поселков республики Карелия. В 2015 году NEFCO подписало с АО «ПСК» соглашение о финансировании данного проекта и на данный момент автономные гибридные энергоустановки (далее – АГЭУ) уже установлены в 5 населенных пунктах. Смонтированы панели СЭС, системы накопления энергии и ПАК для управления накопителями энергии, что совместно с действующими ДЭС позволило сократить объем завозного топлива.

Ветроэнергетический потенциал республики Карелия относительно скромный, если сравнивать с расположенной севернее Мурманской областью. Планы по размещению в Карелии достаточно крупных ВЭС разрабатывались еще с 1990-х годов. Согласно ряду прошлых федеральных и региональных программ, планировалось построить четыре ВЭС: Валаамскую (мощностью 1 МВт), ВЭС в пос. Валдай (1,2 МВт), Беломорскую (10 МВт) и Морскую ВЭС под г. Кемь (8 МВт). Однако ни один из этих планов реализован не был, так как не нашлось инвесторов.

Перспективным для республики Карелия является местное топливо – торф, добыча которого в настоящее время

возрождается. Торфодобыча в Карелии, как и во всей России, за последние десятилетия существенно снизилась, многие торфопредприятия закрылись или перешли на добычу торфа для сельского хозяйства. Из числа кадастра запасы торфа в изученных болотах в границах промышленной залежи составляют 2014,2 млн. т, при средней глубине промышленной залежи 2,06 м. На среднесрочный период запланирована реконструкция торфяных полей и организация промышленной добычи на 11 месторождениях.

Республика Саха (Якутия) – это не только самый крупный по площади регион Российской Федерации, занимающий 18% её территории, но и самая крупная в мире административно-территориальная единица, являющаяся геостратегической территорией Арктической зоны России. Свыше 40% территории находится за северным полярным кругом, и значительная часть территории республики находится в зоне вечной мерзлоты. Численность населения на 01.01.2021 составляет 984,7 тыс. чел. Территория республики характеризуется малой заселенностью, низкой плотностью населения (0,32 чел./кв.км – одна из самых низких в РФ). Средняя плотность населения в Арктической зоне (занимающей 52,2% площади территории республики) составляет 0,04 человек на 1 км². Экономическое развитие региона характеризуется умеренным стабильным ростом, что позволило выйти в Дальневосточном федеральном округе на 1 место по уровню валового регионального продукта и на 12 по РФ [9]. В структуре промышленного производства основная доля приходится на добычу полезных ископаемых – 87,6%. Доля топливно-энергетического комплекса за последние годы существенно выросла в связи со спросом на энергетические ресурсы со стороны стран Азиатско-Тихоокеанского Региона (рис.4).

Зона децентрализованного электроснабжения включает в себя обширную территорию республики с большим количеством автономных электростанций, которые снабжают отдельные поселки и горнодобывающие предприятия. Зона действия автономной энергетики охватывает площадь 2,2 млн км² (64% территории региона с 15% проживающего

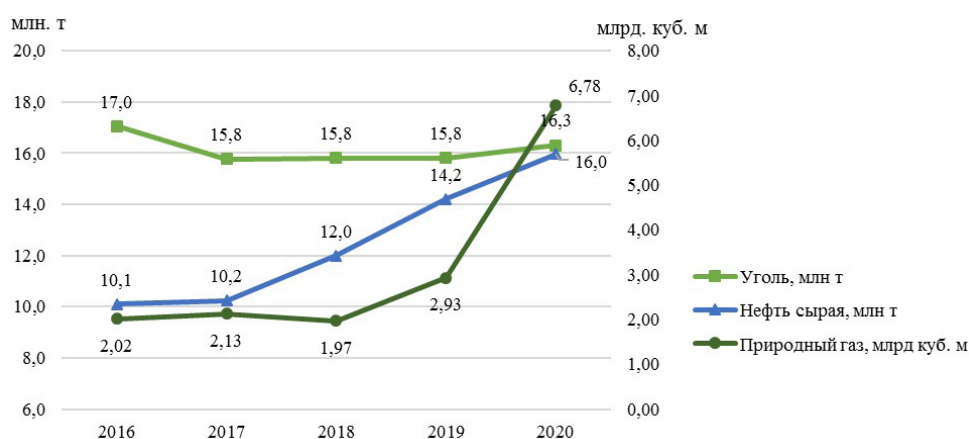


Рисунок 4 – Динамика добычи энергоресурсов в республике Саха (Якутия).⁴

⁴ Данные Территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Республике Саха (Якутия) за 2016-2020 гг.

в республике населения). Суммарная установленная мощность генераторов децентрализованных энергосистем составляет на 01.01.2020 более 167,2 МВт (28% от суммарной генерации региона). Отсутствие крупных потребителей на территории обуславливает нецелесообразность строительства больших источников мощности, а значительные расстояния между населенными пунктами и слабая инфраструктура не позволяют существенно расширить централизацию электроснабжения из-за высокой проектной стоимости ЛЭП. Данные объективные обстоятельства создают необходимость реконструкции и модернизации существующих локальных энергосистем.

В Арктической зоне Якутии 94% от установленной мощности децентрализованных энергосистем приходится на ДЭС, 4,5% – на мини ТЭЦ и лишь 1,3% – на ВИЭ. В соответствии с «Планом модернизации неэффективной дизельной (мазутной, угольной) генерации в изолированных и труднодоступных территориях» [10] ПАО «РусГидро» реализует 6 пилотных проектов модернизации ДЭС с использованием ВИЭ.

«Узкие места» в электроэнергетике арктической зоны Якутии характерны: физическое и моральное старение генерирующего оборудования и электросетевого хозяйства, что ведет к повышенному расходу топлива и снижению надежности питания потребителей, проблемы с транспортировкой топлива в труднодоступные территории из-за дефицита специальной техники, проблемы с содержанием автодорог и ограничения сроков функционирования навигации с мая по сентябрь, использование автозимника с января по март. На некоторых ДЭС часть агрегатов выработали нормативный ресурс на 100% (рис.5).⁵

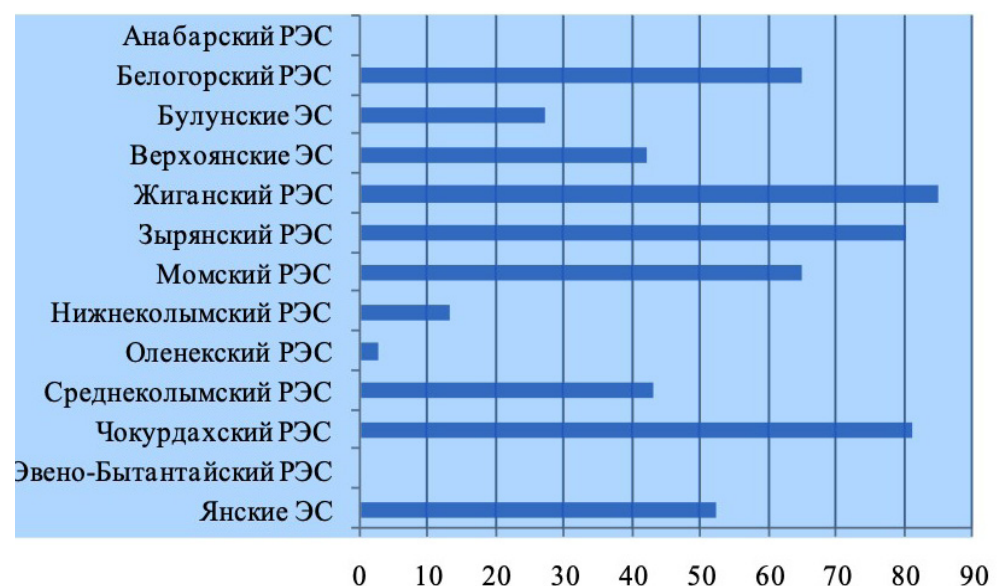


Рисунок 5 – Процентное отношение мощности агрегатов, превысивших нормативный ресурс эксплуатации, к суммарной мощности в республике Саха (Якутия).

⁵ Данные Схемы и программы развития электроэнергетики Республики Саха (Якутия) на 2021-2025 годы.

При реконструкции энергоустановок предпочтение отдается ДЭС. В перспективный период, до 2025 года, запланирован суммарный ввод генерирующих мощностей на органическом топливе в Арктической зоне в объеме 39,18 МВт, при этом суммарный запланированный демонтаж старого оборудования ДЭС за рассматриваемый период составит 23,1 МВт.

В арктической зоне Якутии из 1304,7 км воздушных линий электропередачи, 211 км (16,2% от общего числа) превысили предельный срок эксплуатации 40 лет. Остро стоит проблема изношенности воздушных линий электропередачи во многих отдаленных населенных пунктах, а в некоторых уже 100% сетей превысили свой срок эксплуатации. Из кабельных линий электропередачи в арктической зоне Якутии общей протяженностью 122,8 км, 58,8 км или 47,9% превысили предельный срок эксплуатации 40 лет.

Отдельная проблема – потери электроэнергии в электрических сетях по РЭС, которые составляют от 10,6 до 21,2%. В 2 из 13 РЭС наблюдается постоянный прирост потерь электроэнергии.

На конец 2020 года в республике функционировало 23 возобновляемых энергоисточника суммарной мощностью 2602 кВт, из них: 21 солнечная электростанция (СЭС) суммарной мощностью 1662 кВт и 2 ветроэлектростанции (ВЭС) суммарной мощностью 940 кВт.

В 2021 году запланировано строительство возобновляемых источников энергии в Арктической зоне Якутии компаниями ПАО «РусГидро» (6 солнечных электростанций суммарной мощностью 3343 кВт с накопителями энергии) и ООО «Якутская генерирующая компания» (две СЭС суммарной мощностью 125 кВт с накопителями энергии), а суммарный ввод возобновляемых источников энергии в Арктической зоне за период 2021-2025 оценивается в 3,47 МВт.

Вся территория **Чукотского автономного округа** относится к районам Крайнего Севера. Численность населения округа по данным Росстата на 2021 год составляет 49527 чел. Плотность населения — 0,07 чел./км². На территории автономного округа имеются значительные запасы полезных ископаемых: нефти, природного газа, угля, золота, серебра, олова, вольфрама, молибдена, хрома, сурьмы, ртути, меди, урана, строительного сырья.

По причине географической отдаленности, большой площади и низкой плотности населения, энергосистема Чукотки разделена на независимые энергорайоны, изолированные друг от друга и от единой энергосистемы России.

Централизованное электроснабжение обеспечивается в четырех энергоузлах округа: Анадырском, Иультинском, Чаунском и Билибинском. В этих узлах работают 4 электростанции АО "Чукотэнерго": Анадырская ТЭЦ, Анадырская газомоторная ТЭЦ, Эгвекинотская ГРЭС и Чаунская ТЭЦ, а также Билибинская АЭС, входящая в структуру АО "Концерн Росэнергоатом". Суммарная установленная мощность 201,2 МВт [11].

Себестоимость производства электрической энергии на Анадырской ГМ ТЭЦ в 5 раз ниже, чем на Анадырской ТЭЦ, и почти в 6 раз меньше, чем на Эгвекинотской ГРЭС. При максимальном использовании мощности высокоэкономичной Анадырской ГМТЭЦ, при реализации проекта «Строительство одноцепной ВЛ 110 кВ Анадырская - Валунистый, ПС 110 кВ Анадырская. Реконструкция ПС 110 кВ Валунистый» возможно объединение Анадырского и Эгвекинотского энергоузлов, что позволит увеличить суммарный отпуск с шин Анадырской ТЭЦ, в 2,5 раза, при этом число часов использования установленной мощности ТЭЦ повысится до 61,7%, расход электроэнергии на собственные нужды снизится до 10 - 15%. Объем потребления природного газа возрастет практически в 3 раза. Потенциальное снижение стоимости природного газа может составить 15 - 30%. В этом случае возможно вытеснение дорогой угольной генерации Эгвекинотской ГРЭС и снижение тарифов на электрическую энергию АО «Чукотэнерго», при снижении расходов на топливо в год на 150 млн. рублей.

Для замещения выбывающих электрических мощностей Билибинской АЭС реализовано строительство плавучей атомной теплоэлектростанции ПАТЭС «Академик Ломоносов», представляющей собой новый класс энергоисточников на базе российских технологий атомного судостроения. Данный объект позволит заместить существующие потребности в электрической энергии и мощности Чаун-Билибинского энергоузла, а также обеспечит замещение выработки тепловой энергии Чаунской ТЭЦ для г. Певек.

Плавучий энергетический блок (ПЭБ) «Академик Ломоносов» проекта 20870 – это головной проект серии мобильных транспортабельных энергоблоков малой мощности. Он предназначен для работы в составе плавучей атомной теплоэлектростанции (ПАТЭС) и представляет собой новый класс энергоисточников на базе российских технологий атомного судостроения. Энергоустановка ПАТЭС имеет максимальную электрическую мощность 80 мегаватт и включает две реакторные установки КЛТ-40С. Это уникальный проект, не имеющий аналогов в мире, и Россия выступает пионером в его реализации. Поэтому к объекту сейчас приковано особое внимание. Сегодня к ПАТЭС проявляют интерес множество стран, в их числе: страны юго-восточной Азии (Малайзия, Индонезия, Таиланд) и Ближнего Востока (Саудовская Аравия, Объединенные Арабские Эмираты, Катар).

В мае 2020 года ПАТЭС «Академик Ломоносов» введена в промышленную эксплуатацию, а через месяц тепло от плавучей АЭС впервые подано в городскую тепловую сеть города Певека.

Красноярский край – второй по площади субъект Российской Федерации, занимает 2366,8 тыс. кв. км (или 13,86 % территории страны). На территории Красноярского края выделяют арктический, субарктический и умеренный климатические пояса. Численность населения, по данным

Красноярскстата на 1 января 2021 года, составляет 2 857 567 человек. Плотность населения составляет 1,21 чел./кв. км. Красноярский край занимает одно из ведущих мест в России по запасам минеральных ресурсов и полезных ископаемых. В его недрах встречаются и разрабатываются нефть, газ, железные руды, уголь, цветные и редкие металлы и нерудные минералы.

Особенностью Арктической зоны Красноярского края являются, прежде всего, экстремальные природно-климатические условия, характеризующиеся низкими в течение всего года температурами окружающего воздуха, сильными ветрами, продолжительной полярной ночью и другими факторами. Плотность населения чрезвычайно низка при высокой дисперсности расселения.

Удаленность Арктической зоны края приводит к существенной ограниченности транспортной доступности этих территорий. Это определяет значительную зависимость хозяйственной деятельности и жизнеобеспечения населения от «северного завоза». Как и в других арктических зонах, электропитание труднодоступных территорий осуществляется от локальных энергосистем, где выработка энергии осуществляется ДЭС. Затраты на выработку энергоресурсов в северных районах более чем в 12 раз выше, чем среднее значение по энергосистеме на территории Красноярского края [12]. Причины высоких тарифов характерны: ограниченность сроков сезонного завоза топлива и неразвитая инфраструктура, высокая стоимость топлива, сложные логистические цепочки и высокие эксплуатационные затраты. Учитывая данные факторы, перспективным направлением развития энергетики локальных энергосистем Красноярского края является использование генерации на основе ВИЭ. Наибольшим ветроэнергетическим потенциалом обладает северная часть Красноярского края. Большая часть территории муниципального района является энергодефицитной и в данный момент получает электроэнергию от ДЭС. Среднегодовая скорость ветра в районе – более 5 м/с, удельная мощность ветра на данной территории – до 1263,3 Вт/м², а годовая удельная потенциальная энергия ветра составляет до 7376,9 кВтч/м² в год.

В рамках энергосервисного договора, заключенного 05.12.2019 между ООО «Хевел Энергосервис» и ПМ ЭМР «Илимпийские электрические сети», ведется строительство автономной гибридной энергоустановки (АГЭУ) в п. Тура. Установленная мощность АГЭУ составит 14,1 МВт, в том числе: ДЭС – 11,6 МВт, СЭС – 2,5 МВт, а ёмкость накопителей энергии – 500 кВтч. Среднегодовая выработка энергии солнечной установки составит 2,56 млн кВтч (около 10% от суммарной годовой выработки АГЭУ). Строительные работы ведутся в соответствии с планом, ввод в эксплуатацию запланирован на 2021 год.

Для определения конкретных параметров новых проектов строительства электростанций на основе ВИЭ необходимо

разрабатывать соответствующие технико-экономические обоснования для каждого конкретного изолированного населенного пункта Красноярского края. Данные работы для Арктических территорий в ближайшей перспективе не планируются, схемой и программой перспективного развития не учитываются.

Предварительный анализ эффективности строительства малых ГЭС в п. Тура, с. Байкит и с. Ванавара Арктических территорий Красноярского края показал, что в данных населенных пунктах проекты являются экономически эффективными, но требуют дополнительного технико-экономического обоснования с целью определения возможности строительства и основных показателей. Схемой и программой перспективного развития детально не рассматриваются.

Выводы

Рассматриваемые проблемы локальных энергетических систем Арктических территорий различных субъектов РФ имеют явные характерные особенности и возможные пути решения. Для некоторых регионов применяемые меры по модернизации оборудования, участие в программах развития арктических территорий уже позволили успешно заменить часть оборудования.

Зависимость от импортных технологий с учетом экономической ситуации и плавающего курса рубля снижает рентабельность проектов модернизации и смещает сроки возврата основных средств. Недостаточная инвестиционная активность не позволяет в текущих условиях нарастить темпы модернизации распределенной энергетики. Источники малой мощности, используемые для автономного электроснабжения, как правило, имеют низкие технико-экономические показатели, а сложность с поставкой топлива влечет за собой длительные перерывы в энергоснабжении или регулярные отключения.

У регионов есть успешные примеры реализации инженерных работ для определения целесообразности строительства объектов ВИЭ в удаленных сложно доступных территориях, есть успешные реализованные проекты модернизации, но есть и масштаб проблемы. Энергетическая стратегия Российской Федерации на период до 2035 года [13] наметила глобальные проекты развития Арктики по формированию нефтегазовых минерально-сырьевых центров, нефтегазохимических комплексов, расширению инфраструктуры транспортировки энергетических ресурсов. Для достижения поставленных целей требуется быстрый переход к более эффективной, гибкой и устойчивой энергетике, создание благоприятных условий для привлечения человеческих ресурсов, улучшение условий проживания в сложных климатических условиях, создание устойчивой социальной базы. Прослеживается необходимость расширить горизонт планирования, организовать разработку программ развития регионов на среднесрочный и долгосрочный период

для определения конкретных шагов реализации энергетической стратегии РФ до 2035 года и программы развития Арктики. Учитывая, что темпы модернизации изолированных энергосистем в регионах недостаточно быстрые для замены устаревшего оборудования (с учетом износа), количество проектов мало, а финансирование в рамках региональных программ не позволяет нарастить объемы их реализации — требуется федеральное целевое финансирование.

Отмеченные достижения российских технологий и государственная стратегия по повышению уровня локализации производства необходимых компонентов ВИЭ в России в перспективе позволят снизить риски и запустить инвестиционные программы, которые позволят внедрить современное экологичное генерирующее оборудование в изолированных и труднодоступных территориях. Данный подход может решить вопрос не только развития промышленности, но и сохранения населения, освоения территорий и закрепления новых опорных точек на карте.

При участии государства в некоторых регионах уже определили перспективные места размещения новых объектов генерации на основе ВИЭ. На следующем этапе уже необходима работа на местности для определения фактических условий и рисков реализации проектов. Расчеты, приведённые в программах развития электроэнергетики Арктических регионов, показали возможность снижения расходов на завозное топливо за счёт использования местных энергоресурсов, малых ГЭС и ВИЭ, что позволит не только снизить тарифы для населения, но и качественно подойти к решению экологических проблем. При снижении потребления топлива логично и снижение потребности в специальной технике (вездеходы, болотоходы, снегоходы и другая гусеничная техника), что позволит использовать её в тех местах, где это действительно необходимо.

К сожалению, энергетическая стратегия РФ на период до 2035 не в полной мере определяет задачи в части повышения устойчивости и надежности электроснабжения Арктического макрорегиона с максимальным, экономически эффективным использованием местных энергетических ресурсов, а также ВИЭ с высокой долей локализации производства в стране.

Список литературы:

1. Указ Президента РФ от 02.05.2014 № 296 (ред. от 05.03.2020) "О сухопутных территориях Арктической зоны Российской Федерации" // *Собрание законодательства РФ*. – 2014. – № 18 (часть I). – Ст. 2136.
2. Указ Президента РФ от 05.03.2020 № 164 "Об Основах государственной политики Российской Федерации в Арктике на период до 2035 года" // Опубликован 05.03.2020 на официальном интернет-портале правовой информации <http://www.pravo.gov.ru>.
3. Указ Губернатора Архангельской области от 28.04.2021 №58-у «Об утверждении схемы и программы перспективного развития электроэнергетики Архангельской области на 2021-2025 годы» // Опубликован 29.04.2021 на официальном интернет-портале правовой информации <http://www.pravo.gov.ru>.

4. Распоряжение Правительства Архангельской области от 11.11.2014 г. №382-рп «О концепции развития локального теплоснабжения на территории Архангельской области до 2030 года» // Опубликовано на сайте базы данных «Энергосбережение России» Российского энергетического агентства <https://energy.csti.yar.ru>.
5. Постановление Губернатора Ненецкого автономного округа от 11.05.2021 №32-пг «Об утверждении схемы и программы развития электроэнергетики Ненецкого автономного округа на 2021-2025 годы» // Опубликовано 17.05.2021 на официальном интернет-портале правовой информации <http://www.pravo.gov.ru>.
6. Постановление Губернатора Ямало-Ненецкого автономного округа от 28.04.2021 №65-пг «Об утверждении схемы и программы перспективного развития электроэнергетики Ямало-Ненецкого автономного округа на период 2021 - 2025 годов» // Опубликовано 08.05.2021 на официальном интернет-портале правовой информации <http://www.pravo.gov.ru>.
7. Распоряжение Губернатора Мурманской области от 30.04.2021 №133-рг «Об утверждении схемы и программы развития электроэнергетики Мурманской области на период 2022 - 2026 годов» // Опубликовано 30.04.2021 на официальном сайте Минэнерго и ЖКХ Мурманской области <https://minenergo.gov-murman.ru>.
8. Распоряжение Главы республики Карелия от 30.04.2021 №240-р «Об утверждении Схемы и программы перспективного развития электроэнергетики республики Карелия на период до 2025 года» // Опубликовано 30.04.2021 на официальном интернет-портале Республики Карелия <https://gov.karelia.ru>.
9. Указ Главы республики Саха (Якутия) от 29.04.2021 №1840 «О схеме и программе развития электроэнергетики Республики Саха (Якутия) на 2021-2025 годы» // Опубликовано 30.04.2021 на официальном интернет-портале правовой информации <http://www.pravo.gov.ru>.
10. План модернизации неэффективной дизельной (мазутной, угольной) генерации в изолированных и труднодоступных территориях, утверждён 15.08.2019 заместителем Председателя Правительства Российской Федерации Д.Н. Козаком // Опубликован 22.08.2019 на официальном сайте Правительства Российской Федерации <http://government.ru>.
11. Постановление Правительства Чукотского автономного округа от 28.01.2016 №41 (ред. от 13.05.2021) «Об утверждении Государственной программы Чукотского автономного округа "Развитие энергетики Чукотского автономного округа"» // Опубликовано 01.02.2016 на официальном интернет-портале правовой информации <http://www.pravo.gov.ru>.
12. Распоряжение Губернатора Красноярского края от 30.04.2021 №212-рг «Об утверждении схемы и программы перспективного развития электроэнергетики Красноярского края на период 2022-2026 годов» // Опубликовано 30.04.2021 на официальном интернет-портале правовой информации <http://www.pravo.gov.ru>.
13. Распоряжение Правительства РФ от 09.06.2020 № 1523-р «Об утверждении Энергетической стратегии Российской Федерации на период до 2035 года» // Опубликовано 11.06.2020 на официальном интернет-портале правовой информации <http://www.pravo.gov.ru>.

References:

1. Decree of the President of the Russian Federation dated 05/02/2014 No. 296 (as amended on 03/05/2020). O sukhpoputnykh territoriyakh Arkticheskoy zony Rossiyskoy Federatsii // Sobranie zakonodayel'stva RF. – 2014. - №18 (chast' I). St.2136 [On the land territories of the Arctic zone of the Russian Federation] // Collected Legislation of the Russian Federation. - 2014. - No. 18 (part I). - Art. 2136.] (In Russian)
2. Decree of the President of the Russian Federation dated 03/05/2020 No. 164 Ob Osnovakh gosudarstvennoy politiki Rossiyskoy Federatsii v Arktike na period do 2035 goda [On the Fundamentals of the State Policy of the Russian Federation in the Arctic for the Period up to 2035] Available at:

- <http://www.pravo.gov.ru> (In Russian).
3. Decree of the Governor of the Arkhangelsk Region dated April 28, 2021 No. 58-u Ob utverzhdenii skhemy i programmy perspektivnogo razvitiya elektroenergetiki Arhangel'skoy oblasti na 2021-2025 gody [On Approval of the Scheme and Program for the Prospective Development of the Electric Power Industry of the Arkhangelsk Region for 2021-2025] // Available at: <http://www.pravo.gov.ru> (In Russian).
 4. Order of the Government of the Arkhangelsk Region dated 11.11.2014 No. 382-rp O konceptsii razvitiya lokal'nogo teplosnabzheniya na territorii Arhangel'skoy oblasti do 2030 goda [On the concept of the development of local heat supply in the Arkhangelsk Region until 2030] // Available at: <https://energy.csti.yar.ru> (In Russian)
 5. Resolution of the Governor of the Nenets Autonomous Okrug dated 05/11/2021 No. 32-pg Ob utverzhdenii skhemy i programmy razvitiya elektroenergetiki Nenetskogo avtonomnogo okruga na 2021-2025 gody [On approval of the scheme and program for the development of the electric power industry of the Nenets Autonomous Okrug for 2021-2025] Available at: <http://www.pravo.gov.ru> (In Russian).
 6. Resolution of the Governor of the Yamal-Nenets Autonomous Okrug dated 04/28/2021 No. 65-pg Ob utverzhdenii skhemy i programmy perspektivnogo razvitiya elektroenergetiki Yamalo-Nenetskogo avtonomnogo okruga na period 2021 - 2025 godov [On the approval of the scheme and program for the long-term development of the electric power industry of the Yamal-Nenets Autonomous Okrug for the period 2021 – 2025] Available at: <http://www.pravo.gov.ru> (In Russian).
 7. Order of the Governor of the Murmansk region dated 04/30/2021 No. 133-rg Ob utverzhdenii skhemy i programmy razvitiya elektroenergetiki Murmanskoy oblasti na period 2022 - 2026 godov [On approval of the scheme and program for the development of the electric power industry in the Murmansk region for the period 2022 – 2026] Available at: <https://minenergo.gov-murman> (In Russian).
 8. Order of the Head of the Republic of Karelia dated 04/30/2021 No. 240-r Ob utverzhdenii skhemy i programmy razvitiya elektroenergetiki Respubliki Kareliya na period do 2025 goda» // Available at: <https://gov.karelia.ru> (In Russian).
 9. Decree of the Head of the Republic of Sakha (Yakutia) dated 04/29/2021 No. 1840 O skheme i programme razvitiya elektroenergetiki Respubliki Sakha (Yakutiya) na 2021-2025 gody [On the scheme and program for the development of the electric power industry of the Republic of Sakha (Yakutia) for 2021-2025] Available at: <http://www.pravo.gov.ru> (In Russian).
 10. Plan modernizatsii neeffektivnoy dizel'noy (mazutnoy, ugol'noy) generatsii v izolirovannykh i trudnodostupnykh territoriyakh, utverzhden 15.08.2019 zamestitelem Predsedatelya Pravitel'stva Rossiyskoy Federatsii D.N. Kozakom [The plan for the modernization of inefficient diesel (fuel oil, coal) generation in isolated and hard-to-reach areas, approved on 15.08.2019 by the Deputy Prime Minister of the Russian Federation D.N. Kozak] Available at: <http://government.ru> (In Russian).
 11. Resolution of the Government of the Chukotka Autonomous Okrug dated 01/28/2016 No. 41 (as amended on 05/13/2020) Ob utverzhdenii gosudarstvennoy programmy Chukotskogo avtonomnogo okruga " Razvitiye energetiki Chukotskogo avtonomnogo okruga "» // Available at: <http://www.pravo.gov.ru> (In Russian).
 12. Order of the Governor of the Krasnoyarsk Territory dated April 30, 2021 No. 212-rg Ob utverzhdenii skhemy i programmy perspektivnogo razvitiya elektroenergetiki Krasnoyarskogo kraya na period 2022-2026 godov [On approval of the scheme and program for the prospective development of the electric power industry of the Krasnoyarsk Territory for the period 2022-2026] Available at: www.pravo.gov.ru (In Russian).
 13. Order of the Government of the Russian Federation dated 09.06.2020 No. 1523-r Ob utverzhdenii Energeticheskoy strategii Rossiyskoy Federatsii na period do 2035 goda [On approval of the Energy Strategy of the Russian Federation for the period up to 2035] Available at: <http://www.pravo.gov.ru> (In Russian).

УДК 621.3.07; 628.12
 DOI: 10.24412/2658-4255-2021-2-81-104

Для цитирования:

Г.А. Палкин Оптимизация параметров функционирования электротехнического комплекса водоподъемных участков в арктических климатических условиях // Российская Арктика. 2021. № 13. С. 81–104. DOI: 10.24412/2658-4255-2021-2-81-104

Получена: 13.07.2021
 Принята: 21.07.2021
 Опубликовано: 23.07.2021



Статья распространяется в полнотекстовом формате на условиях лицензии Creative Commons Attribution 4.0

ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ВОДОПОДЪЕМНЫХ УЧАСТКОВ В АРКТИЧЕСКИХ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

Г.А. Палкин¹ 

¹ ФГБОУ ВО «Забайкальский государственный университет», г. Чита, Россия; pala88@yandex.ru

Аннотация: В работе рассматривается вопрос оптимизации параметров электротехнического комплекса водоподъемных участков в сложных климатических условиях Арктики и аналогичных регионов. Целью оптимизации является минимизация капитальных и эксплуатационных затрат на этапах строительства и функционирования систем централизованного водоснабжения при обеспечении достаточного уровня безаварийности. Электротехнический комплекс водоподъемного участка системы водоснабжения является основным источником экономических затрат, а также наиболее уязвим для возникновения аварийных ситуаций, наиболее опасной из которых является замерзание трубопровода. Были выявлены ключевые параметры, влияющие на технико-экономическую эффективность данного объекта, и выполнена классификация существующих способов их изменения. Была разработана математическая и компьютерная оптимизационная модель для нахождения наилучших значений выбранных параметров. Модель применялась для расчета параметров электротехнического комплекса водоподъемного участка пгт. Новоорловск Забайкальского края.

Ключевые слова: водоснабжение, оптимизация, экономическая эффективность, трубопровод, защита от замерзания, сложные климатические условия

OPTIMIZATION OF THE ELECTRICAL COMPLEX FUNCTIONING PARAMETERS OF WATER-LIFTING AREAS IN ARCTIC CLIMATE CONDITIONS

G.A. Palkin¹ 

¹ FSBEI HE Transbaikal State University, Chita, Russia; pala88@yandex.ru

Abstract: The paper deals with the optimization of the electrical complex parameters of water-lifting areas in the difficult climatic conditions of the Arctic and similar regions. The aim of optimization is to minimize capital and operating costs at the stages of construction and functional of centralized water supply systems while ensuring a sufficient level of accident-free operation. The electrical complex of the water-lifting areas of the water supply system is the main source of economic costs, and also the most vulnerable to emergencies, the most dangerous of which is pipeline freezing. The key parameters affecting the technical and economic efficiency of this facility were identified, and the existing methods of changing them were classified. A mathematical and computer optimization model was developed to find the best values for the selected parameters. The model was used to calculate the parameters of the electrical complex of the water-lifting section of the urban settlement Novoorlovsk of the Zabaykalskiy kray.

Keywords: water supply, optimization, economic efficiency, pipeline, frost protection, difficult climatic conditions

Введение и актуальность

Освоение и заселение новых территорий является стратегической задачей в рамках экономического развития Российской Федерации (РФ). Осваивание арктической и субарктической материковых зон являются перспективным направлением решения данной проблемы. При этом, обеспечение приемлемых жилищно-бытовых и производственных условий является основой успешной реализации процесса колонизации новых территорий и повышения рентабельности уже освоенных. Одним из основных ресурсов, используемых населением и промышленными предприятиями, является вода. Соответственно, эффективная организация процесса водоснабжения расценивается как важнейший аспект жизнедеятельности человека.

При анализе динамики изменения общего количества существующих объектов централизованного водоснабжения за последние 10 лет по территориям Арктической зоны, а также субъектам РФ со сходными климатическими условиями (рисунок 1) [1], за последние два года отмечается резкая тенденция к снижению использования централизованных источников водоснабжения.

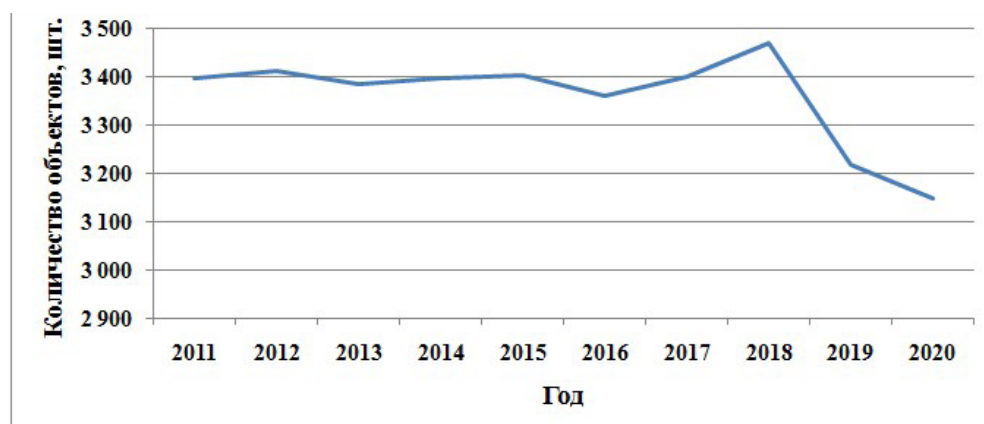


Рисунок 1 – Количество объектов централизованного водоснабжения.

Данная ситуация может свидетельствовать как об оттоке населения и ликвидации населенных пунктов, так и об ухудшении качества технического обеспечения процесса водоснабжения. Наибольшие темпы снижения прослеживаются в Камчатском крае, Республике Коми, Ямало-ненецком автономном округе, Иркутской области и Республике Бурятия (рисунок 2).

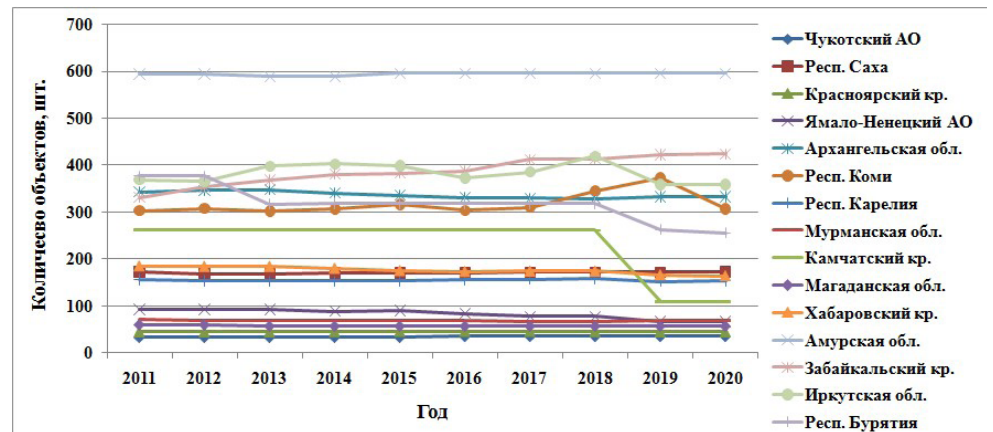


Рисунок 2 – Распределение объектов централизованного водоснабжения по субъектам РФ

Ряд субъектов Сибирского и Дальневосточного федеральных округов, рассмотренных в приведенной статистике, не относятся к Арктическим территориям РФ, тем не менее, имеют сходные природные условия, особенно в зимний период, что делает целесообразным их рассмотрение в рамках текущей работы. При этом под природными условиями понимаются не только температуры окружающей среды, но и особенности рельефа и почвы, такие как пересеченный ландшафт, болотистые местности и вечные мерзлоты. В данных по Красноярскому краю учитывались только территории Таймырского и Эвенкийского автономных округов.

Рассмотренные данные подчеркивают актуальность разработки мер повышения экономической эффективности существующих систем водоснабжения, эксплуатируемых в сложных природных условиях Арктики и аналогичных регионов. Что, в свою очередь, позволит повысить рентабельность существующих коммунальных и промышленных объектов, а также освободить ресурсы и разработать эффективные методики для освоения новых территорий. Основными направлениями повышения экономической эффективности является снижение капитальных строительных и эксплуатационных затрат, ресурсосбережение, минимизация износа и обеспечение безаварийной работы оборудования. Зачастую обособленное достижение одного из критериев эффективности может отрицательно сказаться на других. Например, снижение эксплуатационных затрат может привести к возникновению аварийных ситуаций, и наоборот. Поэтому необходимо выбрать наиболее важные параметры функционирования системы водоснабжения и определить их оптимальные значения.

Ключевым элементом любой системы водоснабжения является водоподъемный участок, на котором осуществляется забор воды из естественной среды с последующей передачей конечному потребителю. Основой водоподъемного участка является его электротехнический комплекс, обеспечивающий технологический процесс, и являющийся основным источником эксплуатационных затрат и аварийных ситуаций. Соответственно, целью работы является оптимизация

параметров функционирования электротехнического комплекса водоподъемных участков в сложных климатических условиях Арктики и аналогичных регионов.

Для достижения поставленной цели в текущей работе решались следующие задачи:

1. Рассмотрение структуры электротехнического комплекса типичного водоподъемного участка. Выбор ключевых параметров, влияющих на технико-экономическую эффективность данного объекта.
2. Анализ и классификация существующих способов изменения выбранных параметров с целью повышения экономической эффективности технологического процесса.
3. Определение методики нахождения оптимальных значений выбранных параметров.
4. Реализация оптимизационной модели при помощи компьютерного алгоритма.
5. Пробный расчет на примере электротехнического комплекса водоподъемного участка пгт. Новоорловск Забайкальского края.
6. Анализ результатов расчета, получение выводов по проделанной работе.

Материалы и методы исследования

Электротехнический комплекс водоподъемного участка (рисунок 3) состоит из: электроприводов скважинных или горизонтальных насосных агрегатов (N_1, \dots, N_n); трансформаторов; коммутационной и защитной аппаратуры; систем освещения, вентиляции и обогрева; иных вспомогательных потребителей. В состав электротехнического комплекса также следует включить неэлектрические элементы, напрямую связанные технологическим процессом с электрической частью,

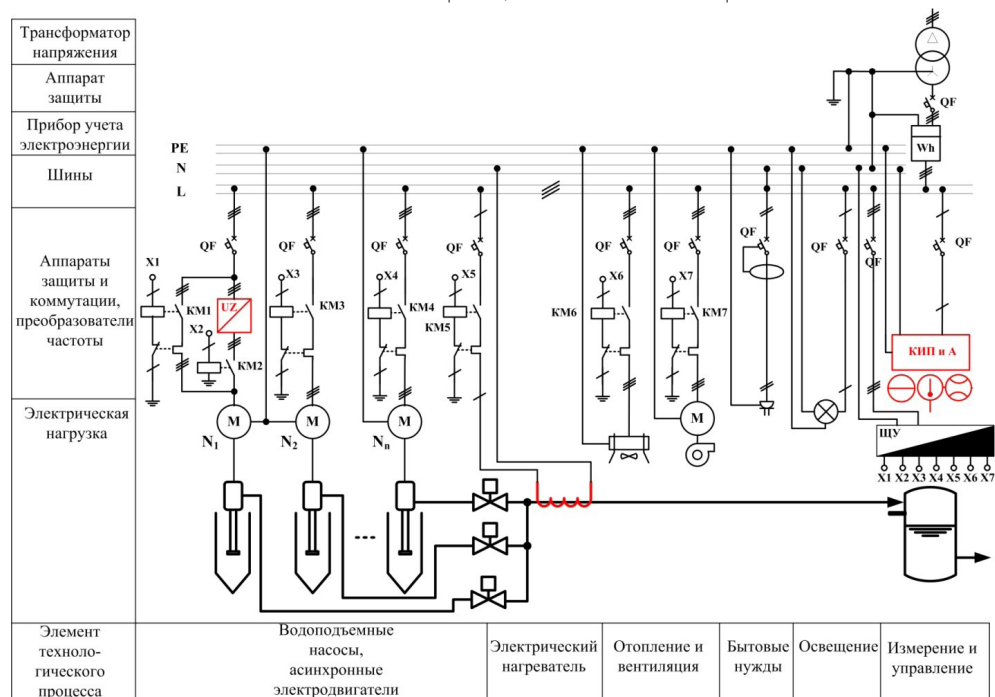


Рисунок 3 – Однолинейная схема электротехнического комплекса водоподъемного участка.

а именно: насосы, трубопроводную систему, накапливающий резервуар и конечного потребителя воды. Дополнительными элементами являются преобразователи частоты питающего напряжения, устройства для нагрева перекачиваемой воды, приборы контроля и автоматики.

Снижение затрат электроэнергии на питание электро-технического комплекса водоподъемных участков позволит уменьшить масштабы энергетических проблем Арктической зоны [2]. Основой технологического процесса и главным потребителем электрической энергии являются электроприводы насосных агрегатов. По нормативным расчетам на функционирование насосов приходится более 90% [3] общего энергопотребления на водоподъемных участках. Поэтому, большая часть неоправданных эксплуатационных затрат, потери ресурсов и преждевременного износа оборудования связаны как раз с неправильной эксплуатацией электроприводов насосных агрегатов. Ошибки проектирования системы водоснабжения, либо ограничения, накладываемые на условия её эксплуатации, приводят к завышенной производительности насосных агрегатов, что влечет за собой дополнительные затраты электроэнергии, растрату водных ресурсов за счет перелива из накопительного резервуара или слива воды из системы, а так же преждевременный износ узлов насоса и трубопроводной системы.

Косвенно оценить существующие масштабы потерь от переработки насосных агрегатов можно, проанализировав объемы утечки водных ресурсов по рассматриваемым территориям за 2019 год (рисунок 4) [4]. Общий объем утечки за данный период составил 251 131 670 м³, при общей добыче водных ресурсов в объеме 5 971 800 000 м³ [5]. Общий объем потерь составил 4.2%, что является достаточно высоким показателем. При этом, в некоторых субъектах величина потерь достигает 7% и более, а в Камчатском крае целых 17.2% (рисунок 5). Выявлено, что в некоторых системах водоснабжения суммарные затраты на переработку насосных агрегатов могут достигать 50% [6].

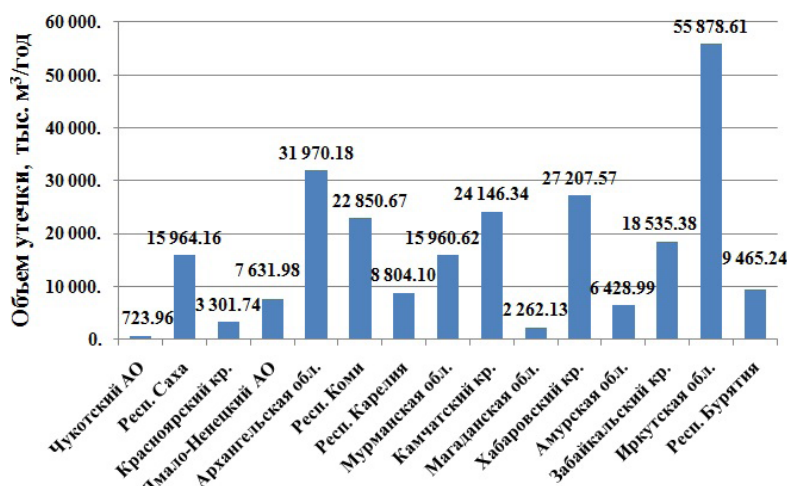


Рисунок 4 – Распределение величины утечек воды по регионам за 2019 год.

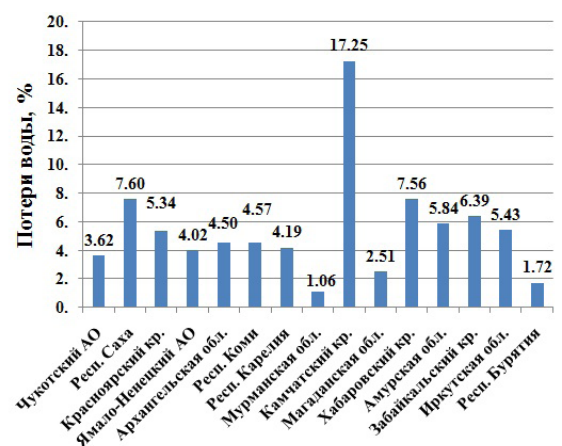


Рисунок 5 – Процент потерь воды по регионам за 2019 год.

Соответственно, минимизация переработки насосных агрегатов является важнейшим фактором повышения экономической эффективности при эксплуатации систем водоснабжения населенных пунктов и промышленных предприятий, находящихся на перспективных территориях РФ.

Очевидным способом минимизации переработки насосных агрегатов является поддержание их оптимальной производительности в зависимости от нужд потребителя или условий эксплуатации объекта путем автоматического управления. При этом основным параметром управления, подлежащим регулированию, является подача насоса, а обратной связью – уровень воды в резервуаре или давление в трубопроводе. Анализ работ в сфере регулирования подачи водоподъемных насосных агрегатов показал, что наиболее экономичным и технически эффективным методом изменения производительности насосов является частотное регулирование их электропривода [6]. В этом случае специальное устройство - преобразователь частоты (ПЧ, на рисунке 3 - UZ) - изменяет параметры питающего напряжения и, как следствие, крутящий момент и скорость вращения вала электропривода насоса, что, в свою очередь, обеспечивает требуемую величину подачи воды. В составе водоподъемного участка может присутствовать несколько насосных агрегатов, но ПЧ ставится только на один (рисунок 3), который называется основным. Остальные являются вспомогательными и подключаются на максимальной производительности в случае необходимости. Изменение подачи воды влияет на гидравлические и тепловые параметры системы, что может привести к возникновению аварийных ситуаций. Поэтому необходимым условием регулирования производительности насосных агрегатов является анализ условий эксплуатации объекта водоснабжения с последующим нахождением оптимальной величины подачи.

Аварийные ситуации на водоподъемных участках могут привести к значительным экономическим потерям и социальным проблемам. Наиболее распространенными аварийными ситуациями являются поломка насосного агрегата или выход из строя трубопроводной линии.

Предотвратить первый тип аварий возможно за счет обеспечения приемлемых режимов работы насосного оборудования с минимальной переработкой и плавными переходными процессами. Обеспечивается это также за счет частотного регулирования производительности насосов.

Второй тип аварий является более масштабным и сложно устранимым. В климатических условиях Арктики трубопровод крайне уязвим для замерзания. Зачастую ситуация усугубляется сложным ландшафтом и свойствами почвы, а также экономическими ограничениями на реализацию полноценных защитных мер. Динамика изменения общего количества трубопроводов на рассматриваемых территориях за последние 10 лет имеет отрицательную тенденцию (рисунок 6) [1], подобно количеству объектов водоснабжения.



Рисунок 6 – Динамика изменения общего количества трубопроводов.

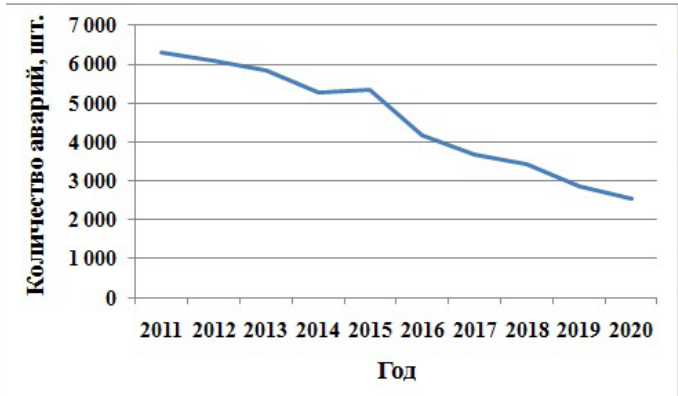


Рисунок 7 – Динамика изменения общего количества аварий трубопроводов.

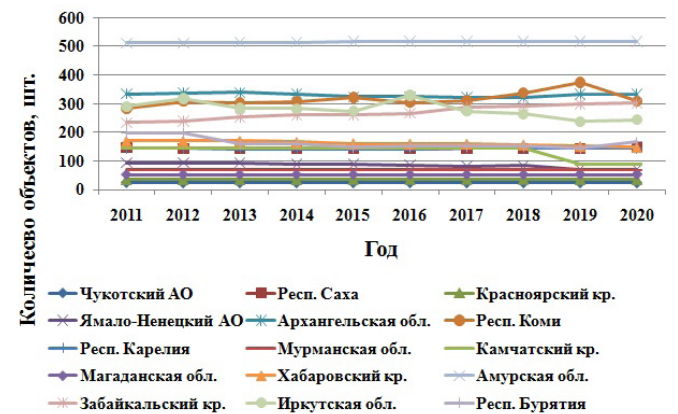


Рисунок 8 – Динамика распределения количества трубопроводов по регионам.

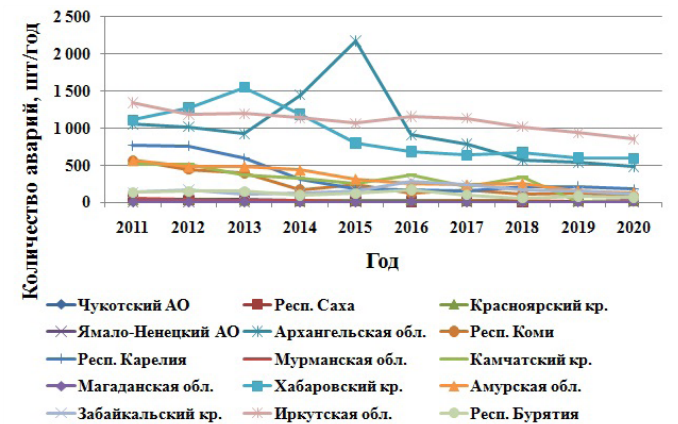


Рисунок 9 – Динамика распределения количества аварий трубопроводов по регионам.

Общее количество аварий на трубопроводе также снижается (рисунок 7) [7], но на более значительные величины (60% убыли количества аварий к 3% убыли общего количества трубопроводов), что говорит о повышенном внимании к данному вопросу и эффективности принимаемых мер.

Тем не менее, по ряду регионов соотношение количество аварий на трубопроводах к общему их количеству (рисунок 8) остается достаточно высоким. Наиболее аварийными являются Иркутская область, Хабаровский край и Архангельская область (рисунок 9). Северные районы сибирских регионов отличаются резкими изменениями климата в течении годового цикла, а также крайне сложными ландшафтными условиями эксплуатации трубопроводов, что ведет к их значительной аварийности.

Анализируя процентное соотношение количества аварий к общему числу трубопроводов по субъектам РФ за 2020 год (рисунок 10), можно сделать вывод о наличии проблем в данной сфере. Суммарная аварийность трубопроводов приближается к 100%, а в большинстве Арктических регионах находится в районе 20% и выше.

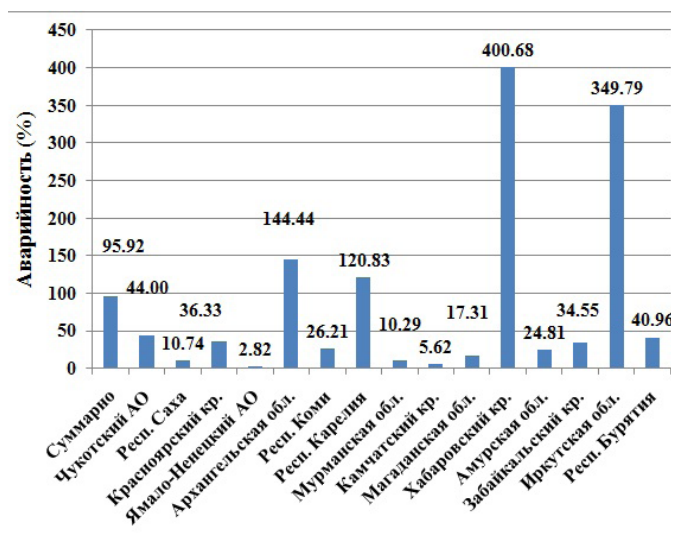


Рисунок 10 – Процент аварийности трубопроводов по регионам за 2020 год.

Проблемам защиты трубопроводов от замерзания посвящено значительное количество научно-технических работ, предложен ряд технологических решений [8-23]. На основании проанализированных источников была составлена классификация существующих способов защиты трубопроводов от замерзания (рисунок 11).

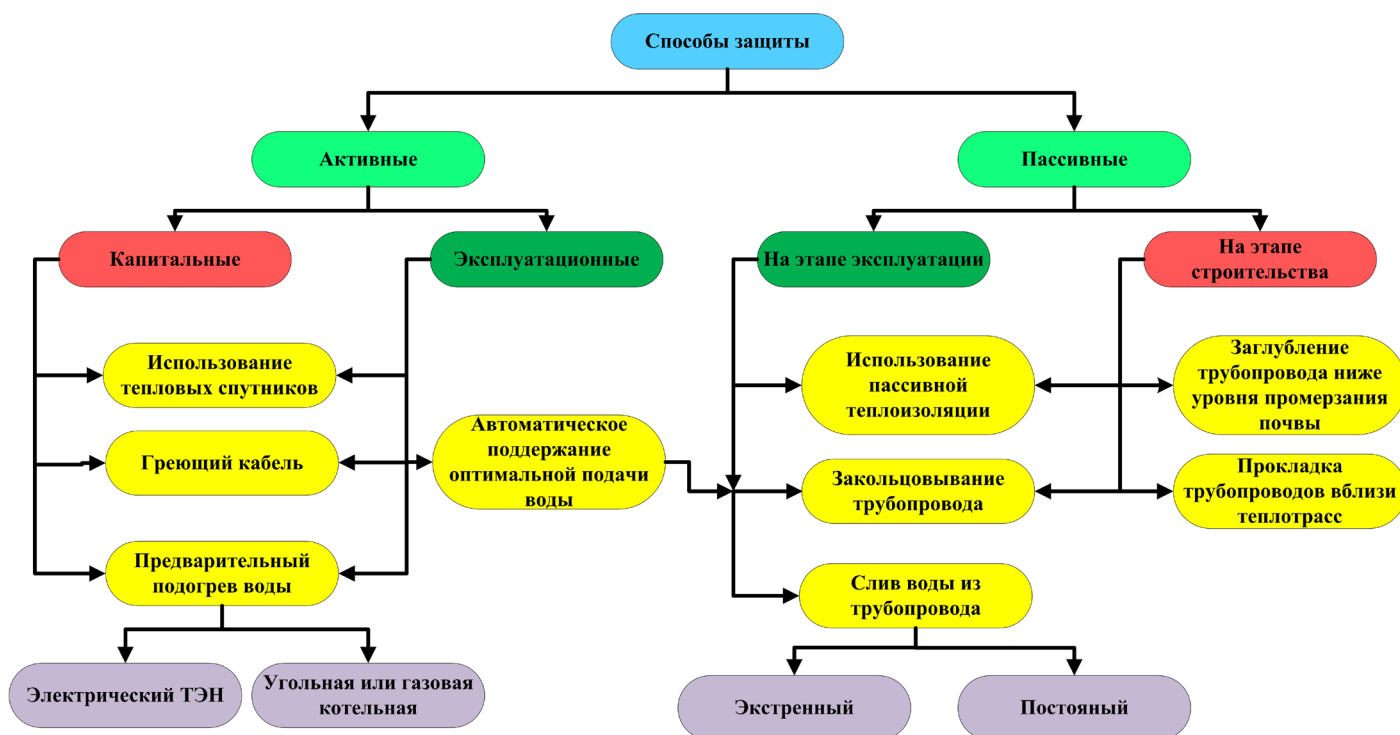


Рисунок 11 – Классификация способов защиты трубопроводов.

Способы защиты трубопровода делятся на активные и пассивные. В первом случае применяются дополнительные технические средства, обеспечивающие приемлемые тепловые параметры функционирования трубопровода. При этом могут задействоваться внешние источники тепла или иные механизмы стороннего воздействия на трубопровод, зачастую требующие регулярных дополнительных эксплуатационных затрат. Автоматическое поддержание оптимальной подачи воды, предотвращающей замерзание водовода, не требует серьезных капитальных вложений для реализации. В этом случае электропривод основного насоса снабжается преобразователем частоты и управляющим контроллером, который реализует алгоритм регулирования, минимизирующий переработку насосов и обеспечивающий достаточную циркуляцию жидкости [24]. Капитальные способы, такие как использование тепловых спутников (трубопровод малого диаметра с циркулирующим теплоносителем), установка греющего кабеля [14] либо иных, более эффективных, нагревательных элементов [25], а также предварительный подогрев воды [11, 13] требуют вмешательства в трубопроводную систему. Соответственно, их применение сопряжено с дополнительными монтажно-строительными работами.

Пассивные способы защиты основываются на минимальном вмешательстве в технологический процесс на этапе

эксплуатации объекта, но зачастую требуют серьезных капитальных затрат на реализацию. Некоторые способы, такие как заглубление трубопровода ниже уровня промерзания почвы [9] или прокладка водовода вблизи теплотрасс [10, 11] реализуемы только на этапе строительства объекта или его капитальной перепланировки. Пассивную теплоизоляцию желательно также устанавливать на этапе строительства, но в некоторых случаях, возможно её использование и на этапе эксплуатации объекта. Закольцовывание трубопровода требует наличия дополнительной возвратной трубы, которая может быть также проложена как при строительстве, так и на более поздних этапах. Слив воды из трубопровода является наиболее простым способом пассивной защиты и не требует серьезной модернизации водоподъемного участка. Слив может осуществляться как путем постоянного спуска воды из системы, так и за счет устройств автоматического опорожнения трубопровода при угрозе замерзания. Следует отметить, что при крайне низких температурах окружающей среды и низком водоразборе применение способа автоматического поддержания оптимальной подачи может сопровождаться сливом воды из системы, либо перекачкой воды по возвратному трубопроводу.

Строительство и эксплуатация трубопроводных систем в сложных природных условиях накладывает дополнительные ограничения на возможность применения и рентабельность рассмотренных способов защиты от замерзания. Вечная мерзлота и сложный рельеф местности делают непригодными заглубления трубопровода ниже уровня промерзания почвы [15], в этом случае предпочтение отдается наземной и надземной прокладке трубопроводов [16], что также упрощает поиск и ремонт аварийных участков. Прокладка трубопровода вблизи теплотрасс рентабельна только в населенных пунктах, где имеется централизованное теплоснабжение. На практике же водоподъемные участки зачастую находятся на значительном удалении от потребителя. Данные ограничения также справедливы при использовании тепловых спутников и греющего кабеля, поскольку эксплуатационные затраты для постоянного прогрева всего трубопровода окажутся слишком высокими. Закольцовывание трубопровода подразумевает серьезные дополнительные затраты на этапе строительства системы водоснабжения, а также требует постоянной циркуляции воды во избежание замерзания возвратной линии. Слив воды из системы реализуется достаточно просто, но влечет за собой неизбежную переработку насосных агрегатов нарушение технологического процесса передачи воды.

В итоге, наиболее рентабельным способом защиты является автоматическое поддержание оптимальной подачи воды. При этом оптимальная подача вычисляется таким образом, чтобы обеспечить защиту трубопровода от замерзания в текущих условиях эксплуатации, и, одновременно исключить или минимизировать переработку насосных агрегатов [17].

Как отмечалась ранее, в неблагоприятных условиях данный способ может сопровождаться переработкой насосных агрегатов. Отрицательные последствия данной проблемы уменьшаются путем использования дополнительных способов защиты трубопровода. Наилучшим решением при этом является применение пассивной теплоизоляции, поскольку данный способ не требует постоянных эксплуатационных затрат и реализуем как во время строительства трубопровода, так и на более поздних этапах. Современные технологии изготовления теплоизоляционных материалов позволяют получить требуемый эффект при небольших диаметрах изоляции и, соответственно, её себестоимости. Допустимо также и использование предварительного подогрева воды перед транспортировкой. При отсутствии котельной подогрев воды возможен при помощи электрических тэнов или небольшого участка греющего кабеля, входящих в состав электро-технического комплекса водоподъемного участка. Следует отметить, что предварительный подогрев воды будет рентабельным при условии правильного расчета требуемой температуры в начальной части трубопровода и её автоматическом поддержании.

Таким образом, приведенная комбинация способов защиты трубопровода от замерзания обеспечит максимальную экономическую эффективность объекта при минимальном риске возникновения аварийных ситуаций. Но для этого важно правильно подобрать параметры применяемых методик. Например, чрезмерный нагрев воды повлечет неоправданные затраты электрической либо тепловой энергии, а неправильно выбранная пассивная теплоизоляция – большие закупочно-монтажные затраты.

В качестве основных параметров, влияющих на тепловой режим работы трубопровода, следует выделить: подачу, предотвращающую замерзание воды; оптимальную толщину и материал теплоизоляции; оптимальную температуру воды в начальной части трубопровода. Данные параметры связаны уравнением теплового баланса (формула 1) [22], преобразованным для расчета температуры воды в конце трубопровода, как наиболее невыгодной точки системы.

$$t_k = t_n - \frac{\pi \cdot L \cdot (0.5 \cdot (t_n + t_k) - t_o)}{(R_{ia_1} + R_{il_s} + R_{il_{is}} + R_{ia_2}) \cdot Q_1 \cdot C_v}, \quad (1)$$

где t_n - температура воды в начале трубопровода (°C);
 t_o - температура окружающей среды (°C);
 t_k - температура воды в конце трубопровода (°C);
 L - длина трубопровода (м);
 Q_1 - объемная подача насоса или расход воды в трубопроводе (м³/с);
 C_v - объемная теплоемкость воды (Дж/м³°C);
 R_{ia_1} - термическое сопротивление воды (м²K/Вт);

$R_{l_{\lambda_s}}$ - термическое сопротивление стенки трубы ($\text{м}^2\text{К}/\text{Вт}$);

$R_{l_{\lambda_s}}$ - термическое сопротивление изоляции ($\text{м}^2\text{К}/\text{Вт}$);

$R_{l_{a_2}}$ - термическое сопротивление воздуха ($\text{м}^2\text{К}/\text{Вт}$).

Термическое сопротивление воды рассчитывается по формуле 2:

$$R_{l_{a_1}} = \frac{d_1^{0.8}}{1755 \cdot Q_1^{0.8}}, \quad (2)$$

где d_1 - внутренний диаметр трубопровода (м).

Термическое сопротивление стенки трубы рассчитывается по формуле 3:

$$R_{l_{\lambda_s}} = \frac{1}{2 \cdot \lambda_m} \cdot \ln \frac{d_2}{d_1}, \quad (3)$$

где λ_m - коэффициент теплопроводности стенки трубы ($\text{Вт}/\text{м} \cdot ^\circ\text{C}$);

d_2 - внешний диаметр трубопровода (м).

Термическое сопротивление изоляции рассчитывается по формуле 4:

$$R_{l_{\lambda_{IS}}} = \frac{1}{2 \cdot \lambda_u} \cdot \ln \frac{d_3}{d_2}, \quad (4)$$

где λ_u - коэффициент теплопроводности слоя изоляции ($\text{Вт}/\text{м} \cdot ^\circ\text{C}$);

d_3 - внешний диаметр трубопровода со слоем изоляции (м).

Термическое сопротивление воздуха рассчитывается по формуле 5:

$$R_{l_{a_2}} = \frac{1}{0.32 \cdot \left(\frac{w \cdot d_3}{(13.248 + 0.0827 \cdot t_o + 5 \cdot 10^{-5} \cdot t_o^2) \cdot 10^{-6}} \right)^{0.63} \cdot (0.0244 + 8 \cdot 10^{-5} \cdot (-t_o))}, \quad (5)$$

где w - скорость ветра (м/с).

Принимая t_k как известную константу и изменив знак равенства на « \leq » возможно использовать формулу 1 как основное ограничение оптимизационной модели.

Вторым важным ограничением является необходимость превышения напора насоса требуемого напора системы водоснабжения (формула 6).

$$Q_1 \geq \sqrt{\frac{H_c \cdot Q_n^2}{H_n - S \cdot Q_n^2}}, \quad (6)$$

где Q_n - номинальная подача насоса в данной конфигурации системы водоснабжения ($\text{м}^3/\text{с}$);

H_c - статический напор системы водоснабжения (м);

S - удельное сопротивление трубопровода ($\text{с}^2/\text{м}^6$) (формула 7) [26];

H_n - номинальный напор насоса (м).

$$S = \frac{8}{\pi^2 \cdot d_1^4 \cdot g} \cdot \left(\frac{L \cdot \lambda}{d_1} + LR \right), \quad (7)$$

где λ - коэффициент гидравлического сопротивления участка трубопровода, который может вычисляться различными способами (таблица 1) [26].

Таблица 1

Методы вычисления гидравлического сопротивления трубопровода

Формула	Условие
$\lambda = \frac{64}{Re}$	$Re < 2300$
Переходной режим	$2300 < Re < 4000$
$\lambda = \frac{0.3164}{Re^{0.25}}$	$4000 < Re < \frac{10 \cdot d_1}{\Delta}$
$\lambda = 0.11 \cdot \left(\frac{\Delta}{d_1} + \frac{68}{Re} \right)^{0.25}$	$\frac{10 \cdot d_1}{\Delta} < Re < \frac{560 \cdot d_1}{\Delta}$
$\lambda = 0.11 \cdot \left(\frac{\Delta}{d_1} \right)^{0.25}$	$Re > \frac{560 \cdot d_1}{\Delta}$

где Δ - шероховатость трубопровода (м);

LR - общее сопротивление нелинейных участков трубопровода, определяемое экспериментально или при помощи таблиц для каждой конкретной конфигурации;

Re - число Рейнольдса (формула 8).

$$Re = \frac{4 \cdot Q_1}{\pi \cdot \nu \cdot d_1}, \quad (8)$$

где ν - кинематическая вязкость воды ($\text{м}^2/\text{с}$).

Основная оптимизационная функция модели минимизируется по экономическим затратам на реализацию рассматриваемых способов защиты трубопровода от замерзания.

Для её получения необходимо отдельно рассмотреть методики расчета затрат на каждый способ. Оценить экономические затраты на поддержание расхода воды можно по формуле 9:

$$C_Q = C_{QS} + \sum_{i=0}^k \left(\frac{P_n}{Q_n} \cdot C_r \cdot k_f + C_w \right) \cdot (Q_{1i} - Q_{2i}), \quad (9)$$

где C_Q - стоимость поддержания температуры расходом за заданный интервал времени (руб.);

C_{QS} - капитальные затраты на установку элементов управления насосными агрегатами (руб.);

C_r - текущий тариф на электроэнергию (руб./кВт·ч);

k_f - коэффициент энергетических потерь при частотном регулировании (зависит от КПД электродвигателя и свойств частотного преобразователя);

Q_{2i} - текущий расход, требуемый для обеспечения нужд конечного потребителя ($\text{м}^3/\text{с}$);

P_n - номинальная мощность электродвигателя насоса (кВт);

C_w - стоимость кубометра воды (руб./ м^3);

k - количество исследуемых отсчетов.

Величины Q_{1i} и Q_{2i} задаются в виде векторов из k составляющих: Q_{2i} - на основании статистической информации по водопотреблению за исследуемый период; Q_{1i} рассчитывается по формуле 1.

Значения C_r могут изменяться в зависимости от времени суток, а k_f зависит от параметров питания электропривода насоса.

Для оценки стоимости подогрева воды используется формула 10:

$$C_t = C_{TS} + \frac{1.16 \cdot 10^{-6}}{\eta_k} \cdot \sum_{i=0}^k C_r \cdot C_u \cdot \rho \cdot Q_{1i} \cdot (t_n - t_i), \quad (10)$$

где C_t - стоимость подогрева воды, перекаченной за исследуемый период (руб.);

C_{TS} - капитальные затраты на установку нагревательных элементов (руб.);

η_k - КПД нагревательных элементов;

C_u - удельная теплоемкость воды (Дж/кг $^{\circ}\text{C}$);

ρ - плотность воды (кг/ м^3);

t_i - температура воды до подогрева ($^{\circ}\text{C}$).

По формуле 11 можно посчитать стоимость теплоизоляции:

$$C_I = C_{IS} + C_{CI} \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot L \cdot (d_3^2 - d_2^2), \quad (11)$$

где C_I - стоимость установки пассивной теплоизоляции (руб.);

C_{IS} - капитальные затраты на установку пассивной теплоизоляции (руб.);

C_{CI} - стоимость одного кубического метра выбранного изоляционного материала (руб.).

Тип изоляционного материала определяют величину коэффициента теплопроводности λ_{ij} , который связан с термическим сопротивлением слоя изоляции $R_{i\lambda_{IS}}$, вычисляемым по формуле 4. Целесообразно при расчете выполнять оптимизацию термического сопротивления по отношению теплопроводности материала к его толщине ($d_3 - d_2$). Это позволит определить наименьшую стоимость теплоизоляции.

В итоге, суммарная функция затрат C на реализацию предлагаемых методов и, одновременно, основная минимизируемая зависимость на статическом наборе внешних параметров, имеет вид:

$$C = C_{QS} \cdot \frac{(Q_1 - Q_2)}{(Q_1 - Q_2) + A} + C_{TS} \cdot \frac{(t_n - t)}{(t_n - t) + A} + C_{IS} \cdot \frac{(d_3 - d_2)}{(d_3 - d_2) + A} +$$

$$+ \left(\frac{P_n}{Q_n} \cdot C_r \cdot k_f + C_w \right) \cdot (Q_1 - Q_2) + \frac{1.16 \cdot 10^{-6}}{\eta_k} \cdot C_r \cdot C_u \cdot \rho \cdot Q_1 \cdot (t_n - t) +, \quad (12)$$

$$+ C_{CI} \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot L \cdot (d_3^2 - d_2^2) \rightarrow \min$$

где A - коэффициент коррекции, определяемый максимальным порядком капитальных затрат.

Рассматривая в качестве основных независимых переменных перерасход, величину предварительного нагрева воды, толщину, теплопроводность и стоимость теплоизоляции введем следующие обозначения:

$$\begin{cases} x_1 = Q_1 - Q_2, \\ x_2 = t_n - t, \\ x_3 = d_3 - d_2, \\ x_4 = \lambda_{ij}, \\ x_5 = C_{CI} \end{cases}, \quad (13)$$

Преобразовав формулы 1 и 12, а также добавив ограничения, получаем основную оптимизационную модель:

$$\begin{cases} C = \frac{C_{QS} \cdot x_1}{x_1 + A} + \frac{C_{TS} \cdot x_2}{x_2 + A} + \frac{C_{IS} \cdot x_3}{x_3 + A} + a \cdot x_1 + b \cdot x_2 \cdot (x_1 + Q_2) + c \cdot x_5 \cdot x_3 \cdot (x_3 + 2 \cdot d_2) \rightarrow \\ \rightarrow \min, \\ d \leq x_2 - \frac{e \cdot (0.5(t_k + x_2 + t) - t_o)}{\left(\frac{f}{(x_1 + Q_2)^{0.8}} + h + \frac{1}{2 \cdot x_4} \cdot \ln \frac{(x_3 + d_2)}{d_2} + \frac{1}{l \cdot (x_3 + d_2)^{0.63}} \right) \cdot (x_1 + Q_2)}, \\ Q_n - Q_2 \geq x_1 \geq \sqrt{\frac{H_c \cdot Q_n^2}{H_n - m \cdot \left(\frac{L \cdot \lambda}{d_1} + LR \right)}} - Q_2, \\ x_1, x_2, x_3 \geq 0, \\ x_2 + t \leq t_{\max}, \\ x_3 + d_2 \leq d_{\max}, \\ x_4 \in M_{x_4}; x_5 \in M_{x_5} \end{cases} \quad (14)$$

где t_{max} - максимально возможная для данного объекта температура воды перед транспортировкой (°C);

d_{max} - максимально возможный для данного объекта диаметр трубопровода с теплоизоляцией (м);

$a, b, c, d, e, f, h, l, m$ - постоянные коэффициенты (формула 15).

$$\left\{ \begin{array}{l} a = \frac{P_n}{Q_n} \cdot C_r \cdot k_f + C_w, \\ b = \frac{1.16 \cdot 10^{-6}}{\eta_k} \cdot C_r \cdot C_u \cdot \rho, \\ c = \frac{l}{4} \cdot \pi \cdot L, \\ d = t_k - t, \\ e = \frac{\pi \cdot L}{C_v}, \\ f = \frac{d_1^{0.8}}{1755} \\ h = \frac{l}{2 \cdot \lambda_m} \cdot \ln \frac{d_2}{d_1} \\ l = 0.32 \cdot \left(\frac{w}{(13.248 + 0.0827 \cdot t_o + 5 \cdot 10^{-5} \cdot t_o^2) \cdot 10^{-6}} \right)^{0.63} \cdot (0.0244 + 8 \cdot 10^{-5} \cdot (-t_o)), \\ m = \frac{8}{\pi^2 \cdot d_1^4 \cdot g} \cdot Q_n^2 \end{array} \right. \quad (15)$$

Коэффициенты теплопроводности и стоимость кубометра теплоизоляции задаются в виде конечных упорядоченных множеств, элементы которых связаны однозначным отображением типа «биекция» по соответствующим позициям (формула 16).

$$\left\{ \begin{array}{l} M_{x_4} = (x_{41}, x_{42}, x_{43}, \dots, x_{4i}, \dots, x_{4n}), \\ M_{x_5} = (x_{51}, x_{52}, x_{53}, \dots, x_{5i}, \dots, x_{5n}), \\ f : M_{x_4} \rightarrow M_{x_5}, \\ x_{5i} = R(x_{4i}) \end{array} \right. \quad (16)$$

Количество элементов множеств n определяется доступными типами теплоизоляционного материала.

Так же в модель могут быть добавлены дополнительные условия, запрещающие или ограничивающие применение некоторых способов защиты от замерзания.

Результаты

Разработанная оптимизационная модель была применена при расчете параметров электротехнического комплекса участка первого подъема функционирующей системы водоснабжения пгт. Новоорловск Забайкальского края для защиты от замерзания трубопровода. Были определены постоянные параметры данного объекта и окружающей среды, а также текущие финансовые показатели (таблица 2).

Таблица 2

Постоянные параметры объекта водоснабжения
пгт. Новоорловск.

№	Параметр	Значение	№	Параметр	Значение
1	L (м)	9 000	15	k_f	1.05
2	C_v (Дж/м ³ °С)	4210000	16	P_n (кВт)	32
3	d_1 (м)	0.256	17	C_w (руб./м ³)	0.336
4	d_2 (м)	0.273	18	C_{TS} (руб.)	800 000
5	λ_m (Вт/м·°С)	40	19	η_k	0.95
6	w (м/с)	0.01	20	C_u (Дж/кг°С)	4210
7	Q_n (м ³ /с)	0.01556	21	ρ (кг/м ³)	1000
8	H_c (м)	60	22	C_{IS} (руб.)	2 500 000
9	H_n (м)	100	23	A	0.000 0001
10	Δ (м)	1.2	24	t_{max} (°С)	30
11	LR	36	25	d_{max} (м)	0.6
12	ν (м ² ·с)	0.000001674	26	M_{x4} (Вт/м·°С)	{0.036 - стекловолокно, 0.03- полиуретан, 1.2 - почва}
13	C_{QS} (руб.)	200 000	27	M_{x5} (руб.)	(9000, 19308, 100)
14	C_r (руб./кВт·ч)	4.2	28	t_k (°С)	3

Изменяющиеся параметры были подобраны в соответствии с усредненными условиями функционирования рассматриваемого объекта в дневное и ночное время суток по сезонам года (таблица 3). Для каждой комбинации были рассчитаны значения оптимизируемых переменных и целевой функции.

Таблица 3

Изменяющиеся параметры
и оптимизируемые переменные.

№	Параметры			Функция и переменные					
	t_o (°С)	Q_2 (м ³ /с)	t (°С)	x_1 (м ³ /с)	x_2 (°С)	x_3 (м)	x_4 (Вт/м·°С)	x_5 (руб.)	C (руб.)
1	+21	0.01417	5	0	0	0	0.036	9000	0
2	+9	0.01278	5	0	0	0	0.036	9000	0
3	0	0.01325	4.5	0.0008276	0.0000002	0	0.036	9000	1000007.6
4	-4	0.01182	4.5	0.0023	0	0	1.2	100	1000021.1
5	-25	0.01139	3.5	0.0027	3.3386	0	0.036	9000	1003681.0
6	-35	0.00722	3.5	0.0069	5.1501	0	0.036	9000	1005715.5
7	-1	0.01258	4.0	0.0015	0	0	0.036	9000	1000013.8
8	-5	0.01199	4.0	0.0021	0.003	0	1.2	100	1000022.6

Вычисления оптимизируемых параметров выполнялось в математическом программном пакете MatLab при помощи стандартной функции многомерной нелинейной оптимизации *fmincon*. Программный код, описывающий основные элементы оптимизационной модели (формула 14) в алгоритмическом виде имеет следующий вид:

```
x0=[1,1,1];
Am=[-1,0,0; 0,-1,0; 0,0,-1; 1,0,0; 0,1,0; 0,0,1];
bm=[0;0;0;Qn-Q2;tmax-t;dmax-d2];
Aeq=[];
beq=[];
lb=[];
ub=[];
[x,y] = fmincon(@func,x0,Am,bm,Aeq,beq,lb,ub,@Limit)

function f = func(x)
global Cqs Cts Cis A a b c Q2 d2 x4 x5;
f=(Cqs*x(1))/(x(1)+A)+(x(2)*Cts)/(x(2)+A)+(Cis*x(3))/(x(3)+A)+a*x(1)+
b*x(2)*(x(1)+Q2)+c*x5*x(3)*
*(x(3)+2*d2);
end

function [c1,ceq1] = Limit(x)
global Q2 d2 x4 x5 d e tk t to f h l m Hc Qn Hn L d1 LR DI v;
c1(1)=d-x(2)+(e*(0.5*(tk+x(2)+t)-to))/((f/((x(1)+Q2)^0.8) + h +
log((x(3)+ d2)/d2)/(2*x4) + 1/(l*
*((x(3)+d2)^0.63)))*(x(1)+Q2));
Re = (4*(x(1)+Q2))/(pi*v*d1);
if Re<2300
    lam=64/Re;
end
if Re>=2300 & Re<4000
    lam=0;
end
if Re>=4000 & Re<(10*d1/DI)
    lam=0.3164/(Re^0.25);
end
if (10*d1/DI)>=4000 & Re<(560*d1/DI)
    lam=0.11*(DI/d1+68/Re)^0.25;
end
if Re>=(560*d1/DI)
    lam=0.11*(DI/d1)^0.25;
end
c1(2)=sqrt((Hc*Qn*Qn)/(Hn-m*(((lam*L)/d1)+LR)))-Q2-x(1);
ceq1=[];
end
```

При анализе полученных данных о значениях оптимизируемых переменных (таблица 3) было выявлено, что в исследуемых условиях эксплуатации рассматриваемого объекта водоснабжения наиболее рациональным методом защиты трубопровода от замерзания является поддержание необ-

ходимой подачи воды. В крайне неблагоприятных условиях окружающей среды необходим дополнительный предварительный подогрев воды. Ввиду большой протяженности трубопровода, установка дополнительной пассивной теплоизоляции влечет за собой серьезные капитальные расходы (земляные работы с привлечением спец. техники, монтаж изоляции), поэтому при расчете функции для почасовых затрат, данный метод не был выбран в качестве оптимального, не смотря на отсутствие эксплуатационных затрат. Дальнейшая интерпретация результатов расчетов оптимальных величин подачи (рисунок 12) и подогрева (рисунок 13), а также расчет почасовых эксплуатационных затрат на их поддержание в текущих условиях показали, что капитальные затраты на установку пассивной теплоизоляции могут окупиться только по истечении трех лет и более.

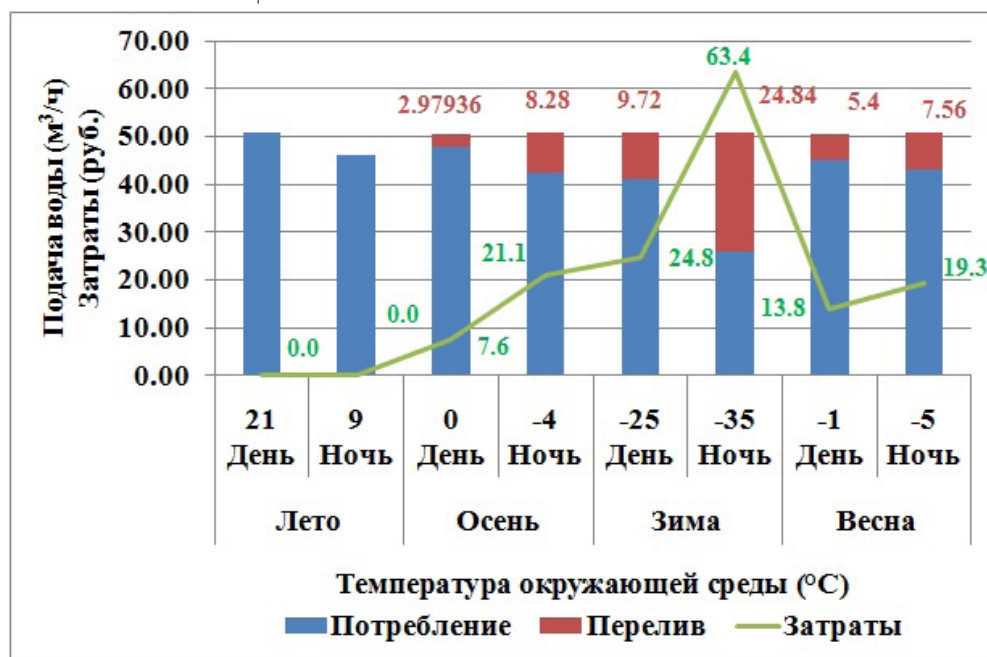


Рисунок 12 – Оптимальная подача и эксплуатационные затраты на её поддержание.

Величина общей подачи воды на всех рассматриваемых наборах входных данных поддерживается моделью в районе $50 \text{ м}^3/\text{ч}$ с небольшими отклонениями (рисунок 12), что является благоприятным условием для частотного регулирования электроприводов насосных агрегатов, поскольку данная величина незначительно отличается от номинальной подачи и её поддержание не будет оказывать отрицательного влияния на асинхронный электродвигатель насоса. При этом максимальный перелив воды будет наблюдаться при наименьших температурах окружающей среды (зимняя ночь). Величина перелива составляет практически 50%, поскольку разбор воды в данное время также является минимальным. Эксплуатационные затраты на переработку насосных агрегатов при данном уровне перелива составляет 68 рублей в час (за вычетом капитальных затрат), что, в целом, является допустимой величиной. Но, как видно из результатов, данной подачи не достаточно для обеспечения защиты трубопровода

от замерзания, и необходим также предварительный подогрев транспортируемой воды (рисунок 13).

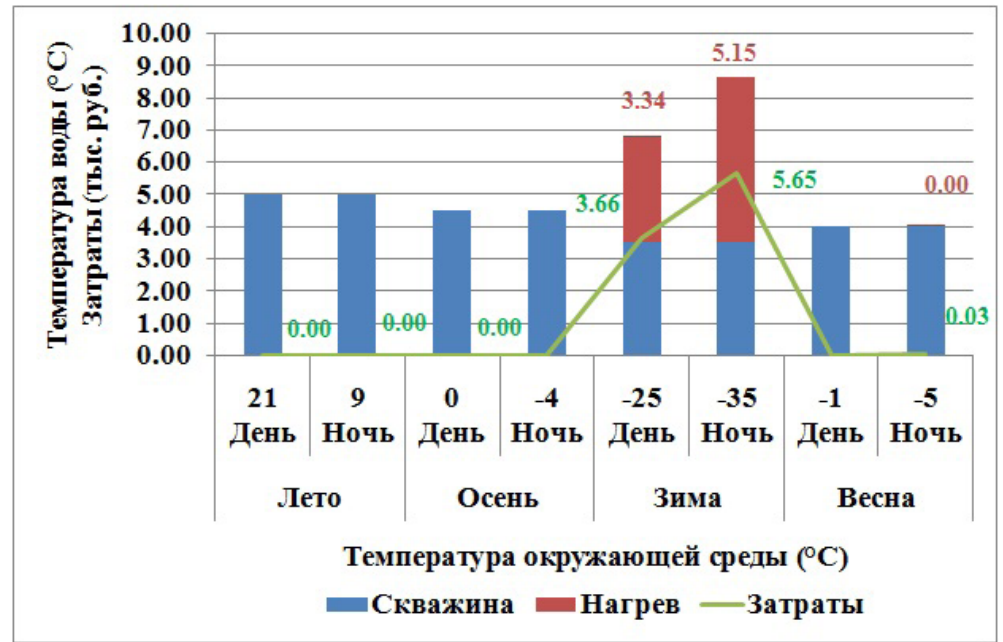


Рисунок 13 – Оптимальная температура и эксплуатационные затраты на её поддержание.

Величина начальной температуры воды при наиболее неблагоприятных условиях окружающей среды должна составлять 8.65 °C, при величине требуемого подогрева в 5.15 °C. При температуре окружающей среды -25 °C, начальная температура должна равняться 6.84 °C при подогреве в 3.34 °C. Также незначительный подогрев желателен в весеннее и осеннее время при температурах ниже -5 °C. Эксплуатационные затраты на реализацию подогрева уже достигают значительных величин. Стоимость нагрева проточной воды на 5 °C при текущей подаче превышает 5 тысяч рублей в час. Тем не менее, следует отметить, что подобные меры требуются лишь на непродолжительное время при особо низких температурах окружающей среды и малых величинах разбора воды. В остальных случаях защита от замерзания обеспечивается регулированием подачи с минимально возможным переливом.

Полученные результаты расчетов соответствуют реальным показателям эксплуатации рассматриваемого объекта водоснабжения и подтверждают возможность дальнейшего применения разработанной математической и компьютерной модели для оптимизации параметров и режимов работы электротехнического комплекса водоподъемных участков.

Заключение

В процессе выполнения работы были получены следующие результаты:

- выбраны ключевые параметры, влияющие на технико-экономическую эффективность электротехнического комплекса водоподъемных участков;
- составлена классификация существующих способов из-

менения выбранных параметров с целью повышения экономической эффективности и безаварийности рассматриваемого технологического процесса;

- определены методики нахождения оптимальных значений выбранных параметров, разработана оптимизационная математическая модель;

- разработанная оптимизационная модель реализована в виде программного алгоритма в математической среде MatLab;

- выполнен расчет электротехнического комплекса водоподъемного участка пгт. Новоорловск Забайкальского края.

По результатам расчета было выявлено, что наиболее экономичным, как с точки зрения капитальных, так и эксплуатационных затрат, является метод поддержания подачи воды, обеспечивающей приемлемые тепловые характеристики водопровода. При этом разработанная оптимизационная модель позволяет рассчитать минимально необходимую величину подачи, для минимизации переработки насосных агрегатов при небольшом водоразборе. В условиях крайне низких температур окружающей среды помимо поддержания подачи также требуется предварительный кратковременный подогрев воды, который влечет за собой более серьезные эксплуатационные затраты. Установка пассивной теплоизоляции на функционирующем трубопроводе большой протяженности имеет высокую стоимость, поэтому в краткосрочной перспективе была отклонена моделью.

При расчетах на более продолжительные временные интервалы, пассивная теплоизоляция может оказаться более предпочтительным способом. Также, при строительстве нового объекта водоснабжения капитальные затраты на теплоизоляцию будут значительно ниже, что обеспечит её преимущество над другими методами защиты трубопровода от замерзания.

В качестве перспектив развития проекта следует отметить необходимость разработки автономного программного продукта, обеспечивающего расчет модели по различным оптимизационным методикам, и обеспечивающий удобный ввод и вывод информации, что повысит качество практического применения результатов работы.

Список литературы:

1. Число объектов хозяйственно-питьевого централизованного водоснабжения. Доступно по: <https://www.fedstat.ru/indicator/37335> (дата обращения 30 июня 2021).
2. Змиева К. А. Проблемы энергоснабжения Арктических регионов // Российская Арктика. 2020. № 1(8). С. 5-14. URL: https://russian-arctic.info/upload/iblock/03e/VOLUME8_RUS.pdf (дата обращения 30 июня 2021).
3. Методические рекомендации по определению потребности в электрической энергии на технологические нужды в сфере водоснабжения, водоотведения и очистки сточных вод. М.: Центр Муниципальной Экономики и права, 2007. 16 с., ил.
4. Утечки и неучтенный расход воды (тысяч кубических метров, объем показателя за год). Доступно по: <https://www.fedstat.ru/indicator/34034> (дата обращения 30 июня 2021).

5. Ресурсы поверхностных и подземных вод, их использование и качество. Водный кадастр, ежегодное справочное издание 2019 год. Санкт-Петербург: ООО «Победа», 2020. 153 с., ил.
6. Palkin G., Suworov I. and Gorbunov R. Evaluation of Ways to Improve the Energy Efficiency of Sites of First Rise Supply Water Systems with Storage Tank by Laboratory Modeling, 2018 International Ural Conference on Green Energy (UralCon), Chelyabinsk, 2018, pp. 227-234, doi: 10.1109/URALCON.2018.8544369
7. Число аварий в системе водопровода. Доступно по: <https://www.fedstat.ru/indicator/34186> (дата обращения 30 июня 2021).
8. Самарин О.Д. Оценка скорости для предотвращения замораживания воды при движении в теплопроводах. Энергосбережение и водоподготовка. 2015. № 4 (96). С. 31-34.
9. Zhao J.Q. Thermal performance of trench backfills used for frost protection of water service lines / J.Q. Zhao, B.B. Rajani, L. Daigle // Canadian Geotechnical Journal. Ottawa: Canadian Science Publishing. 2001. Vol. 38. No. 1. pp. 161-174.
10. Reeve H.E. A study of the thermal field surrounding buried district heating pipes: thesis M.A.Sc / H.E. Reeve H.E. – Ottawa, 1997.
11. Акимов О.В. Оптимизация тепловых режимов водоводов п. Новый Ургал // Вестник Иркутского Государственного Технического Университета. 2010. № 2(42). С. 155-162.
12. Sepehr K, Goodrich L.E. Frost protection of buried PVC water mains in western Canada // Canadian Geotechnical Journal. Ottawa: Canadian Science Publishing. 1994, Vol. 31, No. 4, pp. 491-501.
13. Фаттахов И. Г. Предпосылки по использованию тепла сгорания попутного нефтяного газа для подогрева нагнетаемой воды в зимнее время // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. 2014. № 1. С. 61-65.
14. Система для обогрева трубопроводов "spyheat поток" // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2013. № 11 (178). С. 37.
15. Майны Ш.Б. Проблемы бесканальной прокладки трубопроводов в горных регионах (на примере республики Тыва) // Естественные и технические науки. 2014. № 7(75). С. 114-118/
16. Григорьев В.В., Захаров П.Е., Кондаков А.С., Ларионова И.Г. Расчет условий совместной прокладки трубопроводов надземным способом // Математические заметки СВФУ. 2017. Т. 24. № 3. С. 78-89.
17. Пат. 2593649С1 Российская Федерация МПК G05D 9/00, G05D 7/00, G05D 23/00 Способ регулирования уровня жидкости в емкости-сборнике и цифровая система для его осуществления / Г.А. Палкин, Р.В. Горбунов, И.Ф. Суворов, Д.А. Дейс; патентообладатель Заб. гос. ун-т. - №2015118302/28; заявл. 15.05.2015; опубл. 10.08.2016, Бюл. № 22. – 10 с.: ил.
18. Майны Ш.Б., Терехов Л.Д., Заборщикова Н.П. Методика определения минимальной глубины заложения начального участка канализационных трубопроводов в суровых климатических условиях // Вестник гражданских инженеров. 2016. № 3 (56). С. 116-122.
19. Фаттахов И.Г., Кадыров Р.Р. Определение границ незамерзания подводящих водоводов нагнетательных скважин с применением прикладного программирования // Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности. 2012. № 10. С. 39-43.
20. Терехов Л.Д., Акимов О.В., Акимова Ю.М. Назначение оптимальной толщины теплоизоляции водовода // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2009. № 3 (39). С. 180-183.
21. Терехов Л.Д. Водоснабжение и водоотведение в северных климатических условиях: учебное пособие/Л.Д. Терехов, О.В. Акимов, Ю.М. Акимова. Хабаровск: Изд-во ДВГУПС, 2008. 124 с.ил.
22. Цветков Ф.Ф. Задачник по теплообмену / Ф.Ф. Цветков, Р.В. Керимов, В.И. Величко. - 2-е изд., исправ. и доп. М.: Издательский дом МЭИ, 2008. 196 с., ил.
23. Китаев Д.Н., Котляров О.И., Монахов А.И. Экспериментальные исследования охлаждения жидкости в трубопроводах при отсутствии движения // Молодой ученый. 2017. № 21 (155). С. 131-133.

24. Palkin, G.; Suvorov, I. Simulation Modeling of First Rise Section of Water Supply System with Installed Complex of Automatic Pump Performance Control. *Machines* 2021. no 9. pp. 63. <https://doi.org/10.3390/machines9030063>
25. Махнёв Д.В., Змиева К. А. Об использовании ленты из аморфного сплава в качестве нагревательного элемента в системах обогрева и антиобледенения для Арктических территорий // *Российская Арктика*. 2020. № 1(8). С. 65-72. URL: https://russian-arctic.info/upload/iblock/03e/VOLUME8_RUS.pdf (дата обращения 30 июня 2021).
26. Лезнов Б. С. Частотно-регулируемый электропривод насосных установок, Москва: Машиностроение, 2013. 176 с.

References:

1. Chislo ob"ektov khozyaistvenno-pit'evogo tsentralizovannogo vodosnabzheniya [Number of objects of household and drinking centralized water supply]. Available at: <https://www.fedstat.ru/indicator/37335> (accessed 30.06.2021). (In Russian).
2. Zmieva K. A. Problemy energosnabzheniya Arkticheskikh regionov [PROBLEMS of energy supply in the arctic regions]. *Rossiyskaya Arktika* [Russian Arctic]. 2020. no 1(8). pp. 5-14. URL: https://russian-arctic.info/upload/iblock/03e/VOLUME8_RUS.pdf (accessed 30.06.2021). (In Russian).
3. Metodicheskie rekomendacii po opredeleniyu potrebnosti v elektricheskoy energii na tekhnologicheskie nuzhdy v sfere vodosnabzheniya, vodootvedeniya i ochistki stochnykh vod [Methodological recommendations for determining the need for electric energy for technological needs in the field of water supply, sanitation and wastewater treatment]. Moscow: Centr Municipal'noj Ekonomiki i prava [Center for Municipal Economics and Law], 2007. 16 p. (In Russian).
4. Utechki i neuchtennyi raskhod vody (tysyach kubicheskikh metrov, ob'em pokazatelya za god) [Leakage and unrecorded water consumption (thousand cubic meters, the value of the indicator for the year)]. Available at: <https://www.fedstat.ru/indicator/34034> (accessed 30.06.2021). (In Russian).
5. Resursy poverhnostnykh i podzemnykh vod, ih ispol'zovanie i kachestvo [Surface and underground water resources, their use and quality]. *Vodnyj kadastr, ezhegodnoe spravochnoe izdanie 2019* [Water Cadastre, annual reference publication 2019]. Sankt-Petersburg: OOO «Pobeda», 2020. 153 p. (In Russian).
6. Palkin G., Suvorov I. and Gorbunov R. Evaluation of Ways to Improve the Energy Efficiency of Sites of First Rise Supply Water Systems with Storage Tank by Laboratory Modeling, 2018 International Ural Conference on Green Energy (UralCon), Chelyabinsk, 2018, pp. 227-234, DOI: 10.1109/URALCON.2018.8544369
7. Chislo avarii v sisteme vodoprovoda [Number of accidents in the water supply system]. Available at: <https://www.fedstat.ru/indicator/34186> (accessed 30.06.2021). (In Russian).
8. Samarina O.D. Ocenka skorosti dlya predotvrashcheniya zamorazhivaniya vody pri dvizhenii v teploprovodah [Estimation of the speed to prevent freezing of water when moving in heat pipelines]. *Energoberezhenie i vodopodgotovka* [Energy saving and water treatment]. 2015. no 4 (96). pp. 31-34. (In Russian).
9. Zhao J.Q. Thermal performance of trench backfills used for frost protection of water service lines. J.Q. Zhao, B.B. Rajani, L. Daigle // *Canadian Geotechnical Journal*. Ottawa: Canadian Science Publishing. 2001. Vol. 38. No. 1. pp. 161-174.
10. Reeve H.E. A study of the thermal field surrounding buried district heating pipes: thesis M.A.Sc. H.E. Reeve H.E. – Ottawa, 1997.
11. Akimov O.V. Optimizatsiya teplovykh rezhimov vodovodov p. Novyj Urgal [Optimization of thermal modes of water pipelines p. Novy Urgal]. *Vestnik Irkutskogo Gosudarstvennogo Tekhnicheskogo Universiteta* [Bulletin

- of the Irkutsk State Technical University]. 2010. no 2(42). pp. 155-162. (In Russian).
12. Sepehr K, Goodrich L.E. Frost protection of buried PVC water mains in western Canada. *Canadian Geotechnical Journal*. Ottawa: Canadian Science Publishing. 1994, Vol. 31, No. 4, pp. 491-501.
 13. Fattahov I. G. Predposylki po ispol'zovaniyu tepla sgoraniya poputnogo neftyanogo gaza dlya podogreva nagnetaemoj vody v zimnee vremya [Prerequisites for using the combustion heat of associated petroleum gas for heating the injected water in winter]. *Geologiya, geofizika i razrabotka neftnyh i gazovyh mestorozhdenij* [Geology, geophysics and development of oil and gas fields]. 2014. no 1. pp. 61-65. (In Russian).
 14. Sistema dlya obogreva truboprovodov "spyheat potok" [System for heating pipelines "spyheat stream"]. *Stroitel'nye materialy, oborudovanie, tekhnologii XXI veka* [Building materials, equipment, technologies of the XXI century]. 2013. no 11 (178). pp. 37. (In Russian).
 15. Majny SH.B. Problemy beskanal'noj prokladki truboprovodov v gornyh regionah (na primere respubliki Tyva) [Problems of channel-free pipeline laying in mountainous regions (on the example of the Republic of Tyva)]. *Estestvennye i tekhnicheskie nauki* [Natural and Technical Sciences]. 2014. no 7(75). pp. 114-118. (In Russian).
 16. Grigor'ev V.V., Zaharov P.E., Kondakov A.S., Larionova I.G. Raschet uslovij sovmestnoj prokladki truboprovodov nadzemnym sposobom [Calculation of conditions for joint laying of pipelines by an aboveground method]. *Matematicheskie zametki SVFU* [Mathematical notes of NEFU]. 2017. vol 24. no 3. pp. 78-89. (In Russian).
 17. Palkin G.A., Gorbunov R.V., Suvorov I.F. et al. Sposob regulirovaniya urovnya zhidkosti v emkosti-sbornike i tsifrovaya sistema dlya ego osushchestvleniya [A method for regulating the level of liquid in the collecting tank and a digital system for its implementation]. Patent RUS no 2593649. 10.08.2016. Byul. no 22. (In Russian).
 18. Majny SH.B., Terekhov L.D., Zaborshchikova N.P. Metodika opredeleniya minimal'noj glubiny zalozheniya nachal'nogo uchastka kanalizacionnyh truboprovodov v surovyh klimaticheskikh usloviyah [Methodology for determining the minimum depth of laying the initial section of sewer pipelines in harsh climatic conditions]. *Vestnik grazhdanskih inzhenerov* [Bulletin of Civil Engineers]. 2016. no 3 (56). pp. 116-122. (In Russian).
 19. Fattahov I.G., Kadyrov R.R. Opredelenie granic nezamerzaniya podvodyashchih vodovodov nagnetatel'nyh skvazhin s primeneniem prikladnogo programmirovaniya [Determination of the boundaries of non-freezing of the supply water pipelines of injection wells using applied programming]. *Avtomatizatsiya, telemekhanizatsiya i svyaz' v neftyanoy promyshlennosti* [Automation, telemechanization and communication in the oil industry]. 2012. no 10. pp. 39-43. (In Russian).
 20. Terekhov L.D., Akimov O.V., Akimova YU.M. Naznachenie optimal'noj tolshchiny teploizolyatsii vodovoda [Appointment of the optimal thickness of the thermal insulation of the water pipe]. *Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta* [Bulletin of the Irkutsk State Technical University]. 2009. no 3 (39). pp. 180-183. (In Russian).
 21. Terekhov L.D. Vodopostavka i vodootvedenie v severnyh klimaticheskikh usloviyah: uchebnoe posobie [Water supply and sanitation in northern climatic conditions: training manual]. L.D. Terekhov, O.V. Akimov, YU.M. Akimova. Habarovsk: DVGUPS, 2008. 124 p. (In Russian).
 22. Cvetkov F.F. Zadachnik po teplomassoobmenu [Taskbook on heat and mass transfer]. F.F. Cvetkov, R.V. Kerimov, V.I. Velichko. - 2nd ed., corrected. and add. Moscow:MEI, 2008. 196 p. (In Russian).
 23. Kitaev D.N., Kotlyarov O.I., Monahov A.I. Eksperimental'nye issledovaniya ohlazhdeniya zhidkosti v truboprovodah pri otsutstvii dvizheniya [Experimental studies of liquid cooling in pipelines in the absence of movement]. *Molodoj uchenyj* [Young Scientist]. 2017. no 21 (155). pp. 131-133. (In Russian).
 24. Palkin, G.; Suvorov, I. Simulation Modeling of First Rise Section of Water Supply System with Installed Complex of Automatic Pump Performance

- Control. Machines 2021. no 9. pp. 63. DOI:<https://doi.org/10.3390/machines9030063>
25. Mahnyov D.V., Zmieva K. A. Ob ispol'zovanii lenty iz amorfnogo splava v kachestve nagrevatel'nogo elementa v sistemah obogreva i antiobledeneniya dlya Arkticheskikh territorij [On the use of an amorphous alloy tape as a heating element in heating and de-icing systems for Arctic territories]. Rossijskaya Arktika [Russian Arctic]. 2020. no 1(8). pp. 65-72. URL: https://russian-arctic.info/upload/iblock/03e/VOLUME8_RUS.pdf (accessed 30.06.2021). (In Russian).
 26. Leznov B. S. Chastotno-reguliruemyyj elektroprivod nasosnyh ustanovok [Frequency-controlled electric drive of pumping installations]. Moscow: Mashinostroenie [Mechanical Engineering], 2013. p. 176 (In Russian).

УДК [614.3+314+338]:616(571.56)
 DOI: 10.24412/2658-4255-2021-2-105-117

Для цитирования:

А.А. Ковшов, Ю.А. Новикова, В.Н. Федоров, Н.А. Тихонова Социально-экономический портрет и медико-демографическая характеристика арктических территорий Республики Саха (Якутия) // Российская Арктика. 2021. № 13. С. 105–117. DOI: 10.24412/2658-4255-2021-2-105-117

Получена: 12.04.2021
 Принята: 27.05.2021
 Опубликовано: 31.05.2021







Статья распространяется в полнотекстовом формате на условиях лицензии Creative Commons Attribution 4.0

Финансирование: Исследование выполнялось в рамках научно-исследовательской работы АААА-А20-120021390020-6, не имело спонсорской поддержки.

Funding statement: research funding was not provided

СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ПОРТРЕТ И МЕДИКО-ДЕМОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА АРКТИЧЕСКИХ ТЕРРИТОРИЙ РЕСПУБЛИКИ САХА (ЯКУТИЯ)

А.А. Ковшов¹ , Ю.А. Новикова² , В.Н. Федоров³ ,
 Н.А. Тихонова⁴ 

¹ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, Санкт-Петербург, Россия; ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет имени И.И. Мечникова» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия
 kovshov@s-znc.ru

²ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, Санкт-Петербург, Россия
 novikova@s-znc.ru

³ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, Санкт-Петербург, Россия
 vf1986@mail.ru





⁴ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, Санкт-Петербург, Россия
 tihonova@s-znc.ru

Аннотация: Регионы российской Арктики испытывают значительные трудности в реализации государственных задач по повышению уровня жизни населения, обеспечению качественными товарами и услугами из-за суровых природно-климатических условий, сложной логистики, а также неравномерного распределения населенных пунктов. В работе проведен анализ социально-экономических показателей за 2007-2019 гг., заболеваемости населения синдромом зависимости от алкоголя и активным туберкулезом в разрезе территорий Республики Саха (Якутия), входящих в Арктическую зону Российской Федерации. Установлено, что в последние годы наблюдается устойчивая тенденция к сокращению численности постоянного населения Республики Саха (Якутия) за счет миграционного оттока, имеется высокая доля населения с доходами ниже прожиточного минимума, низкое соотношение среднедушевых доходов к величине прожиточного минимума, недостаточное обеспечение населения врачами всех специальностей, высокий уровень безработицы, а сельское население в недостаточной степени обеспечено централизованным холодным водоснабжением. Низкий социально-экономический статус жителей способствует увеличению риска здоровью, что косвенно проявляется повышенной заболеваемостью алкоголизмом и алкогольными психозами, а также туберкулезом. Организация комплекса мероприятий, направленных на создание новых рабочих мест и повышение реальных доходов, обеспечение населения качественной питьевой водой и совершенствование медицинского обслуживания должно стать неотъемлемым компонентом устойчивого развития арктических регионов.

Ключевые слова: Арктическая зона Российской Федерации; Республика Саха (Якутия); социально-экономические показатели;

низкий денежный доход; здоровье населения; хронический алкоголизм; активный туберкулез

SOCIO-ECONOMIC PORTRAIT AND MEDICAL AND DEMOGRAPHIC CHARACTERISTICS OF THE ARCTIC TERRITORIES OF THE REPUBLIC OF SAKHA (YAKUTIA)

A.A. Kovshov¹  , Novikova Yu.A.²  , V.N. Fedorov³  ,
Tikhonova N.A.⁴ 

¹North-West Public Health Research Center, St.-Petersburg, Russian Federation; North-West State Medical University named after I.I. Mechnikov, St. Petersburg, Russian Federation; kovshov@s-znc.ru;

²North-West Public Health Research Center, St.-Petersburg, Russian Federation; novikova@s-znc.ru;

³North-West Public Health Research Center, St.-Petersburg, Russian Federation; vf1986@mail.ru;

⁴North-West Public Health Research Center, St.-Petersburg, Russian Federation; tihonova@s-znc.ru;

Abstract: The regions of the Russian Arctic are experiencing significant difficulties in the implementation of state tasks to improve the living standards of the population, to provide them with quality goods and services due to the harsh natural and climatic conditions, complex logistics, as well as the uneven distribution of settlements. We analyzed the socio-economic indicators for 2007-2019, the incidence of the population with alcohol dependence syndrome and active tuberculosis in the context of the territories of the Republic of Sakha (Yakutia) included in the Arctic zone of the Russian Federation. We discovered that in recent years there has been a steady trend towards a decrease in the resident population of the Republic of Sakha (Yakutia) due to the migration outflow. In addition, there is a high proportion of the population with incomes below the subsistence level, a low ratio of per capita income to the subsistence level, insufficient provision of the population with doctors of all specialties, high unemployment rate, and the rural population is insufficiently provided with centralized cold water supply. Low socioeconomic status of residents contributes to an increase in health risk, which is indirectly manifested by an increased incidence of alcoholism and alcohol psychosis, as well as tuberculosis. Organization of a set of measures aimed at creating new jobs and increasing real incomes, providing the population with high-quality drinking water and improving medical care should become an integral component of sustainable development of the Arctic regions.

Keywords: Russian Arctic; Republic of Sakha (Yakutia); socio-economic indicators; low cash income; public health; chronic alcoholism; active tuberculosis

Введение

В последние годы территория Арктической зоны Российской Федерации (АЗРФ) находится в зоне особого внимания, что обусловлено стратегическими планами государства по экономическому развитию этого региона, многомиллиардными инвестиционными проектами, реализуемыми в настоящее время.

Это, в свою очередь, должно способствовать увеличению контингента людей, работающих и проживающих в сложных, опасных для здоровья климатических условиях Севера [1, 2]. Однако реализация данных планов потребует опережающего пересмотра базовых положений текущей общегосударственной промышленной, энергетической, транспортной, демографической, национальной, образовательной и кадровой политики [3].

Уровень жизни как социально-экономическая категория характеризуется широким списком показателей: доходы населения, жилищно-бытовые условия, число больничных коек на 1000 жителей, обеспеченность врачами, уровень образования, демографические тенденции, расходы и потребление, распределение населения по размеру среднедушевого денежного дохода, сравнение среднедушевых денежных доходов с величиной прожиточного минимума и т.д. [4, 5].

Регионы Арктической зоны богаты полезными ископаемыми и являются крупными источниками бюджетных доходов. Так, в 2017 г. более 10 % налогов и сборов в федеральный бюджет поступило из Ямало-Ненецкого автономного округа (удельный вес населения этого региона в общей численности населения страны составляет 0,4 %), около 3 % – из Красноярского края, более 1 % – из Республики Коми, 0,7 % – из Республики Саха (Якутия), 0,6 % – из Ненецкого автономного округа [6, 7]. Согласно данным статистики экономика большинства регионов Российской Арктики успешно развивается: в Республике Карелия, Ямало-Ненецком автономном округе, Красноярском крае и Республике Саха (Якутия) темпы экономического роста в 2010–2016 гг. превышали средние в стране значения [8]. Вместе с тем, регионы России, относящиеся к Арктической зоне, испытывают значительные трудности в реализации государственных задач по повышению уровня жизни населения, обеспечению его качественными товарами и услугами из-за суровых природно-климатических условий, сложной логистики, а также значительной дисперсности населенных пунктов по всей территории Арктики [9]. В частности, по важнейшему индикатору социально-экономического развития – величине среднедушевых денежных доходов – у большинства регионов АЗРФ ранги по сравнению с центральными субъектами Российской Федерации более низкие (исключение составляют только Ямало-Ненецкий и Чукотский автономные округа), хотя во всех арктических регионах действуют повышающие коэффициенты, обусловленные как труднодоступностью отдельных территорий и, как следствие, высокими ценами на товары и отдельные услуги, так и тем, что по причинам климатического характера условия труда и быта значительно более сложные и сопряжены с дополнительными нагрузками на здоровье людей [10].

Несмотря на большую величину прожиточного

минимума, соотношение с ней основных доходов населения арктических регионов в большинстве случаев меньше. Так, соотношение среднедушевых денежных доходов с установленной величиной прожиточного минимума выше среднероссийского значения отмечалось только в Ямало-Ненецком и Чукотском автономных округах, среднемесячной начисленной заработной платы – в Ямало-Ненецком, Чукотском автономных округах и Республике Саха (Якутия), среднего размера назначенных пенсий – в Республике Коми и Красноярском крае [8]. Во всех остальных регионах соотношение основных доходов с величиной прожиточного минимума существенно меньше сложившихся в целом по стране значений. Более того, даже в относительно благополучном Чукотском автономном округе соотношение среднедушевых доходов и прожиточного минимума крайне неравномерное среди отдельных социальных групп, и если в целом по округу данная величина действительно выше, чем в среднем по России, то среди коренных жителей, проживающих в сельской местности, средний уровень доходов в 2010 году лишь на 15,7% превысил прожиточный минимум [11].

Цель исследования – провести анализ социально-экономических, медико-демографических показателей, а также отдельных показателей здоровья населения, ассоциированных с низким социально-экономическим статусом, в арктических районах Республики Саха (Якутия).

Материалы и методы

В работе выполнен анализ социально-экономических показателей за 2019 год и ретроспективно за 2007-2018 гг., включая численность населения с доходами ниже прожиточного минимума, соотношение среднедушевых денежных доходов с величиной прожиточного минимума, обеспеченность населения врачами всех специальностей и средним медицинским персоналом, уровень безработицы, процент квартир, не имеющих водопровода. Кроме того, изучались динамика численности постоянного населения, а также заболеваемость населения синдромом зависимости от алкоголя и активным туберкулезом. Статистические методы включали в себя описательную статистику и прогнозирование. Использовались материалы Росстата, государственных докладов о санитарно-эпидемиологическом благополучии населения и федерального информационного фонда данных социально-гигиенического мониторинга по разделам: медико-демографические показатели, здоровье населения, сведения о социально-экономическом состоянии территории в разрезе муниципальных образований Республики Саха (Якутия), входящих в Арктическую зону, а в сравнительной характеристике по Российской Федерации в целом и по иным территориям, включенным в состав АЗРФ.

Для создания диаграмм, построения полиномиального тренда и расчета коэффициента детерминации модели (R^2) использовался программный продукт Microsoft Office Excel 2013, пространственного анализа данных – программа ArcGIS 9.3.

Результаты исследования

О социально-экономическом неблагополучии арктических территорий свидетельствуют такие данные, как отток населения, включая высококвалифицированные кадры, значительная степень износа объектов жилищно-коммунального хозяйства, несбалансированность финансовой, транспортной, энергетической и информационной инфраструктур, низкое качество жизни коренного населения [12, 13].

Площадь арктических территорий Республики Саха (Якутия) составляет 1608795 км² [14]. В состав арктических территорий Республики Саха (Якутия) входят 13 муниципальных образований: Абыйский улус (район), Аллаховский улус (район), Анабарский национальный (долгано-эвенкийский) улус (район), Булунский улус (район), Верхнеколымский улус (район), Верхоянский район, Жиганский национальный эвенкийский район, Момский район, Нижнеколымский район, Оленекский эвенкийский национальный район, Среднеколымский улус (район), Усть-Янский улус (район) и Эвено-Бытантайский национальный улус (район)¹. Арктические территории Республики Саха (Якутия) включают перспективные площади углеводородного сырья, угля, запасов золота, серебра и олова, уникальные месторождения алмазов и ниобий-редкометальное месторождение [15].

Численность постоянного населения арктических территорий Республики Саха (Якутия) на 1 января 2020 года составила 67652 чел., из них 41355 чел. (61,1%) – сельское население. Плотность населения составляет 0,04 чел./км², что делает арктические районы Республики Саха (Якутия) территорией с самой низкой плотностью населения (в Ненецком автономном округе – субъекте федерации с самой низкой плотностью населения в России – она составляет 0,25 чел./км²). По сравнению с 2019 годом (67674 чел.) общая численность населения практически не изменилась, однако в динамике с 2007 по 2020 гг. (в границах Арктической зоны на 2020 год) наблюдается устойчивый тренд к снижению численности постоянного населения (рисунок 1). Подобная тенденция характерна и для большинства других арктических территорий, за исключением Ненецкого и Ямало-Ненецкого автономных округов, а также арктических районов Красноярского края, где в последние годы наблюдается небольшой прирост постоянного населения.

¹ Указ Президента Российской Федерации от 02.05.2014 (ред. 05.03.2020) № 296 «О сухопутных территориях Арктической зоны Российской Федерации» <http://www.kremlin.ru/acts/bank/38377> (дата обращения 10.04.2021)

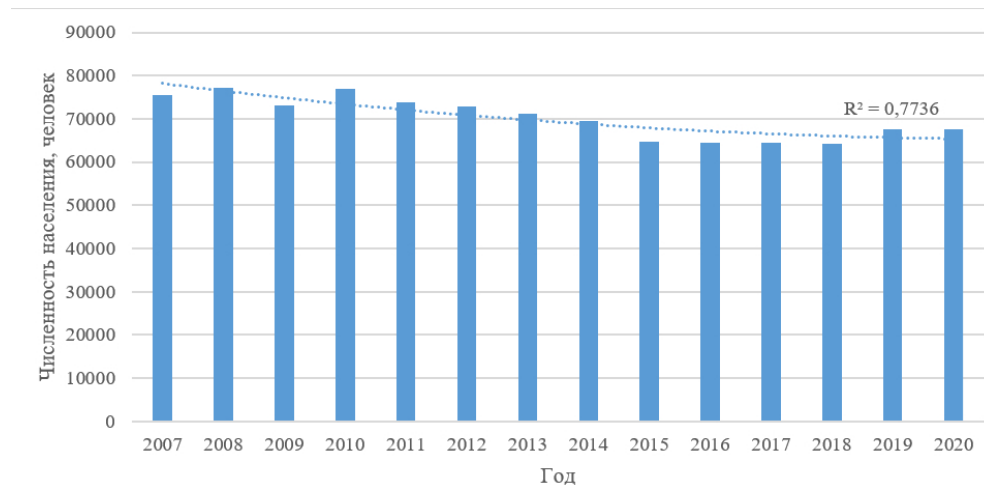


Рисунок 1 – Динамика численности населения арктических территорий Республики Саха (Якутия) в 2007-2020 гг.

В арктических территориях Республики Саха (Якутия) на протяжении последних лет коэффициент естественного прироста неуклонно снижается, но по-прежнему остается положительным (8,2 на 1000 человек населения в 2014 году и 3,3 на 1000 человек населения в 2019 году), однако стабильно отрицательный миграционный прирост (-229 человек на 2019 год) приводит к неуклонному снижению численности постоянного населения.

Маркерами социально-экономического статуса населения можно считать численность населения с денежными доходами ниже величины прожиточного минимума и соотношение среднедушевых денежных доходов к величине прожиточного минимума. Величина прожиточного минимума представляет собой стоимостную оценку потребительской корзины, которая включает минимальные наборы продуктов питания, непродовольственных товаров и услуг, обязательные платежи и сборы, необходимые для физического и социального выживания [16].

Распределение населения арктических территорий Республики Саха (Якутия) по размеру среднедушевого денежного дохода показывает, что соотношение среднедушевых доходов к прожиточному минимуму снизилось с 244% в 2007 году до 167% в 2019 году (с наиболее высоким показателем в Булунском улусе – 209% и наиболее низким в Эвено-Бытантайском национальном улусе – 139%). По этому показателю арктические территории Республики Саха (Якутия) занимают последнее место среди территорий АЗРФ. В то же время численность населения с доходами ниже прожиточного минимума снизилась с 25,6 % в 2007 году до 17,9 % в 2019 году, что, тем не менее, является самым высоким показателем на территории АЗРФ и существенно повышенным по сравнению с Российской Федерацией в целом (таблица 1).

Обеспеченность врачами всех специальностей в арктических районах Республики Саха (Якутия) существенно ниже, чем в среднем по России, при этом по сравнению с 2007 годом (38,1 на 10000 человек населения) данный

Таблица 1

Некоторые социально-экономические показатели арктических территорий Республики Саха (Якутия) в 2019 году

Показатель	Республика Саха (Якутия)	Российская Федерация
Численность населения с денежными доходами ниже величины прожиточного минимума, %	17,9	12,3
Соотношение среднедушевых денежных доходов к величине прожиточного минимума, %	167 (139-209%)	324
Численность врачей всех специальностей (на 10000 человек населения)	38,4	48,7
Численность среднего медицинского персонала (на 10000 человек населения)	126,3	101,6

показатель практически не изменился. Существующее нормативно-правовое регулирование обеспечения населения ресурсами здравоохранения в Арктике не учитывает плотность населения субъектов Российской Федерации, что приводит к снижению доступности медицинской помощи для населения [17, 18], а также влечет дополнительные риски в части своевременной диагностики заболеваний и их исходов. В то же время обеспеченность средним медицинским персоналом в арктических районах несколько выше, чем в России в целом, что способствует решению некоторых медико-социальных проблем в рамках медицинского обслуживания населения в пределах компетенции медицинских работников со средним медицинским образованием [19].

Обеспечение гарантированного доступа населения к качественной питьевой воде является задачей общегосударственного масштаба, решение которой в настоящее время связано с реализацией мероприятий федерального проекта «Чистая вода». В городах и поселках городского типа АЗРФ проживает более 88 % населения АЗРФ, однако с учетом площади арктических территорий и условий вечной мерзлоты, должная организация централизованных систем холодного водоснабжения является сложной технической и технологической задачей. В 2018 году централизованным водоснабжением было обеспечено 95,4% населения Арктической зоны Российской Федерации: 99,2% городского и 65,0% сельского [20]. Проблема недостаточной обеспеченности сельского населения централизованными системами холодного водоснабжения особенно актуальна для арктических территорий Республики Саха (Якутия). По состоянию на 2019 год 100% жилых помещений пяти муниципальных образований (Анабарский национальный улус, Жиганский улус, Момский район, Среднеколымский улус и Эвено-

Бытантайский национальный улус) не имели водопровода, при этом в остальных восьми арктических муниципальных образованиях процент жилых помещений, не имеющих водопровода, составлял от 15,4% (Нижнеколымский район) до 93,6% (Оленекский эвенкийский национальный район). Отсутствие централизованного водоснабжения влечет за собой отсутствие (или крайне недостаточный объем) мероприятий по мониторингу качества питьевой воды, что, в свою очередь, является потенциальным фактором риска развития ряда заболеваний, особенно некоторых инфекционных и паразитарных болезней.

Уровень безработицы в 2017-2019 гг. в Республике Саха (Якутия) составлял 6,9-7,1% [14], что в 1,4-1,5 раза выше, чем в целом по России (4,6-5,2%). Среди муниципальных образований, входящих в АЗРФ, самые высокие уровни безработицы зарегистрированы в Эвено-Бытантайском (13,5%), Булунском (12,1%), Момском (9,5%) и Олененском (9,4%) районах (улусах).

Факторами риска нарушения здоровья, в том числе заболеваемости алкоголизмом, является низкий социально-экономический статус, ограниченный доступ к образовательным и культурно-досуговым услугам в удаленных и малочисленных населенных пунктах [11].

Территорией риска по первичной заболеваемости взрослого населения (18 лет и старше) синдромом зависимости от алкоголя (хроническим алкоголизмом) являются арктические территории Республики Саха (Якутия) (рисунок 2). По состоянию на 2019 год уровень заболеваемости с диагнозами F10.2, F10.3 F10.8, F10.9 по МКБ-10, установленными

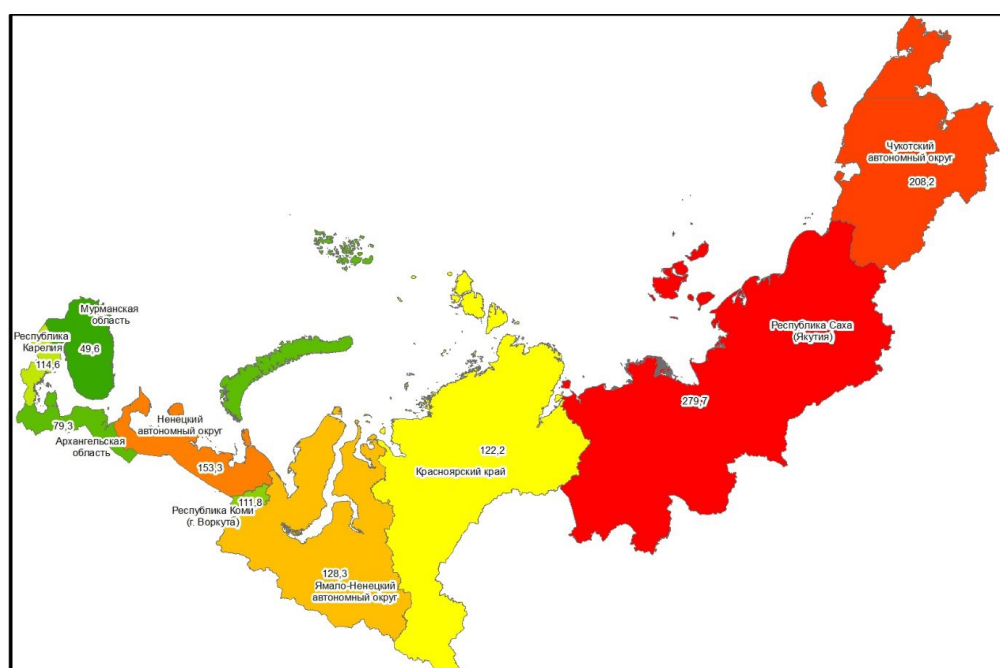


Рисунок 2 – Заболеваемость синдромом зависимости от алкоголя на территории Арктической зоны Российской Федерации в 2018 году (впервые выявленные случаи на 100000 населения в возрасте 18 лет и старше)

впервые в жизни, составил 512,2 случаев на 100000 взрослого населения, что в 10,3 раза выше, чем в среднем по России, при этом в динамике с 2007 года (рисунок 3) отмечается устойчивая тенденция к сохранению повышенного уровня заболеваемости. Территорией риска среди арктических районов Республики Саха (Якутия) является Усть-Янский улус, где в 2019 году заболеваемость синдромом зависимости от алкоголя составила 2957,4 случая на 100000 человек населения в возрасте 18 лет и старше.

Косвенно напряженную социально-экономическую ситуацию отражает и заболеваемость туберкулезом. Несмотря на то, что по данным на 2020 год [21] заболеваемость активным туберкулезом в целом по Республике Саха (Якутия) находится на сопоставимом с Россией уровне (31,5 и 29,8 случаев на 100000 человек населения соответственно) и прослеживается устойчивая тенденция к снижению заболеваемости: 2010 год – 79,3, 2015 год – 67,7, 2019 год – 50,2 случаев на 100000 человек населения [14], отдельные арктические районы Республики Саха (Якутия) по-прежнему остаются территорией риска по заболеваемости активным туберкулезом. Особенно неблагоприятная ситуация (с превышением республиканского уровня в 3 и более раза) отмечается в 2020 году [21] в Аллаиховском районе (111,0 случаев на 100000 человек населения), Нижнеколымском районе (117,0 случаев на 100000 человек населения) и Оленекском эвенкийском национальном районе (95,3 случаев на 100000 человек населения). По всей видимости, в основе повышенной заболеваемости туберкулезом в ряде арктических районов Республики

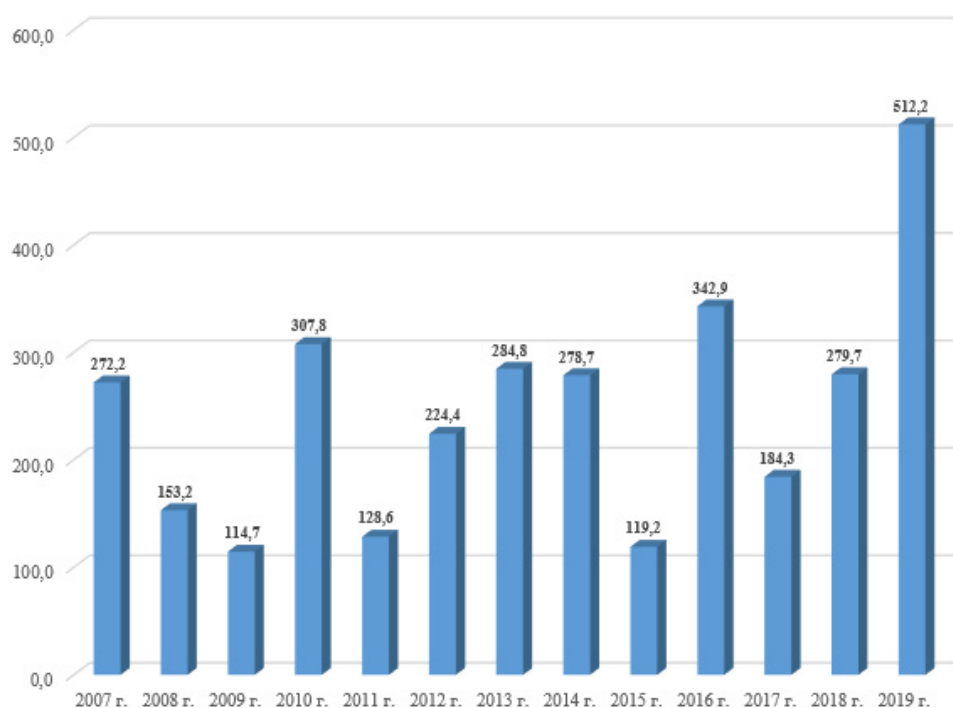


Рисунок 3 – Заболеваемость синдромом зависимости от алкоголя в арктических районах Республики Саха (Якутия) в 2007-2019 гг. (впервые выявленные случаи на 100000 населения в возрасте 18 лет и старше)

Саха (Якутия) лежат те же проблемы, что и в соседнем Чукотском автономном округе, связанные с недостатками в работе системы по своевременной диагностике, лечению и профилактике туберкулеза, экспозиции населения к стойким загрязняющим веществам, обусловленной особенностями питания, скученностью населения и экстремальными природно-климатическими условиями [22].

Выводы

Серьезным препятствием устойчивому развитию территорий российской Арктики, в том числе арктических районов Республики Саха (Якутия), являются многочисленные социально-экономические проблемы территории. За последние годы наблюдается устойчивая тенденция к сокращению численности постоянного населения за счет миграционного оттока, имеется высокая доля населения с доходами ниже прожиточного минимума, низкое соотношение среднедушевых доходов к величине прожиточного минимума, недостаточное обеспечение населения врачами всех специальностей, высокий уровень безработицы, а сельское население в недостаточной степени, вплоть до полного отсутствия, обеспечено централизованным холодным водоснабжением. Это способствует увеличению риска здоровью, что косвенно проявляется повышенной заболеваемостью алкоголизмом и алкогольными психозами, а также туберкулезом.

Для количественной оценки влияния низкого социально-экономического статуса на развитие нарушений здоровья требуются углубленные исследования, однако ввиду не вызывающего сомнений самого факта негативного влияния неблагоприятной социально-экономической ситуации на здоровье населения представляется актуальным проведение комплекса мероприятий, направленных на создание новых рабочих мест и повышение реальных доходов населения, обеспечение жителей качественной питьевой водой и совершенствование медицинского обслуживания.

Список литературы:

1. Об Основах государственной политики Российской Федерации в Арктике на период до 2035 года / Утв. Президентом Российской Федерации 05 марта 2020 г. № 164. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/73606526/> (дата обращения 10.04.2021)
2. Стратегия развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2035 года / Утв. Президентом Российской Федерации от 26 октября 2020 г. № 645. URL: <https://legalacts.ru/doc/strategija-razvitija-arkticheskoi-zony-rossiiskoi-federatsii-i/> (дата обращения 10.04.2021)
3. Лексин В.Н., Порфирьев Б.Н. Российская Арктика: логика и парадоксы перемен // Проблемы прогнозирования. 2019. № 6(177). С. 4-21.
4. Шувалова О.В., Тимонин А.Ю. Уровень жизни как экономическая характеристика качества жизни // Вестник КГУ. 2010. № 4. С. 367-371.
5. Корчак Е.А. Бедность населения как угроза устойчивому развитию российской Арктики // Арктика и Север. 2020. № 40. С. 47-65. DOI:

- 10.37482/issn2221-2698.2020.40.47
6. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2020: Стат. сб. / Росстат. М.: Росстат, 2020. 1242 с.
 7. Шавина Е.В., Прокофьев В.А. Потенциал развития арктических регионов России // Геоэкономика энергетики. 2020. Т. 10, № 2. С. 96-116.
 8. Румянцева С.Т., Липатова Л.Н. Оценка экономической безопасности региона в социально-трудовой сфере // Большая Евразия: развитие, безопасность, сотрудничество. Ежегодник: материалы XIX Национальной научной конференции с международным участием. М.: Институт научной информации по общественным наукам РАН, 2020. С. 908-911.
 9. 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
 10. Липатова Л.Н. Опережающее повышение жизненного уровня населения арктических регионов – важнейшая задача социальной политики государства // Управление городом: теория и практика. 2020. № 1(35). С. 42-47.
 11. Чащин В.П., Ковшов А.А., Гудков А.Б., Моргунов Б.А. Социально-экономические и поведенческие факторы риска нарушений здоровья среди коренного населения Крайнего Севера // Экология человека. 2016. № 6. С. 3-8.
 12. Захарчук Е.А., Трифонова П.С. Дифференциация арктических территорий по уровню финансовой обеспеченности // Известия УГГУ. 2018. №4 (52). С. 143-151.
 13. Толстых Г.В. Уровень жизни населения северного региона и пути его повышения (на примере Республики Саха (Якутия)) // Уровень жизни населения регионов России. 2019. №1 (211). С. 31-37.
 14. Статистический ежегодник Республики Саха (Якутия): Стат. сборник. / Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Республике Саха (Якутия). Я., 2020. 557 с.
 15. Слепцов А.Н. Региональные аспекты развития российской Арктики на примере Республики Саха (Якутия) // Арктика и Север. 2015. № 19. С. 115-133.
 16. Шабанов В.Л. Динамика уровня жизни и неравенства в городе и селе: оценки с использованием данных бюджетных обследований домашних хозяйств // Изв. Саратов. ун-та Нов. сер. Сер. Социология. Политология. 2014. №3. С. 43-48.
 17. Бурцева Т.Е., Слепцова С.С., Гоголев Н.М., Афанасьева Л.Н., Борисова Е.А., Коростелева А.В., Макарова А.М., Слободчикова М.П. Особенности медицинского обслуживания и медико-демографические показатели в арктических районах Республики Саха (Якутия) // Якутский медицинский журнал. 2021. №1(73). С. 73-77. DOI: 10.25789/УМЖ.2021.73.20
 18. Лексин В.Н. Организация здравоохранения в Арктической зоне России. Накопленные и новые проблемы и решения // Российский экономический журнал. 2019. № 4. С. 3-20. DOI: 10.33983/0130-9757-2019-4-3-20
 19. Беляев С.А. Проблемы обеспеченности населения средним медицинским персоналом // Карельский научный журнал. 2018. Т. 7, № 1(22). С. 91-94.
 20. Новикова Ю.А., Мясников И.О., Ковшов А.А., Тихонова Н.А., Федоров В.Н. Особенности реализации федерального проекта «Чистая вода» на территории Арктической зоны Российской Федерации // Анализ риска здоровью – 2020 совместно с международной встречей по окружающей среде и здоровью Rise-2020 и круглым столом по безопасности питания: материалы X Всероссийской научно-практической конференции с межд. участием: в 2 т. / под ред. проф. А.Ю. Поповой, акад. РАН Н.В. Зайцевой. Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2020. Т. 2. С. 225-230.
 21. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации по Республике Саха (Якутия) за 2020 год: государственный доклад / Управление Федеральной службы по

надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Республике Саха (Якутия) и Федеральное бюджетное учреждение здравоохранения «Центр гигиены и эпидемиологии в Республике Саха (Якутия)». URL: http://14.rospotrebnadzor.ru/c/document_library/get_file?uuid=428c9250-afa6-4de3-b6d7-130fe621c59b&groupId=43099 (дата обращения: 09.04.2021)

22. Ковшов А.А., Новикова Ю.А., Федоров В.Н., Тихонова Н.А., Кирин В.Н. Мониторинг инфекционных и паразитарных болезней в Чукотском автономном округе // Здоровье населения и среда обитания. 2019. № 10(319). С. 27-33. DOI: 10.35627/2219-5238/2019-319-10-27-33

References:

1. On the Fundamentals of State Policy of the Russian Federation in the Arctic for the period up to 2035 / Approved. President of the Russian Federation March 05, 2020 No. 164. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/73606526/> (accessed 10 April 2021) (in Russ.)
2. Strategy for the development of the Arctic zone of the Russian Federation and ensuring national security for the period up to 2035 / Approved. President of the Russian Federation No. 645 dated October 26, 2020. URL: <https://legalacts.ru/doc/strategija-razvitija-arkticheskoi-zony-rossiiskoi-federatsii-i/> (accessed 10 April 2021) (in Russ.)
3. Leksin V.N., Porfiriev B.N. The Russian Arctic: the logic and paradoxes of change // Studies on Russian Economic Development. 2019. № 6(177). pp. 594-605. (in Russ.)
4. Shuvalova O.V., Timonin A.Yu. The standard of living as an economic characteristic of the quality of life // Vestnik KGU. 2010. № 4. pp. 367-371. (in Russ.)
5. Korchak E.A. Poverty of the population as a threat to the sustainable development of the Russian Arctic // Arctic and North. 2020. № 40. pp. 47-65. (in Russ.) DOI: 10.37482/issn2221-2698.2020.40.47
6. Regions of Russia. Socio-economic indicators. 2020: Statistical Digest / Rosstat. Moscow: Rosstat, 2020.1242 p. (in Russ.)
7. Shavina E.V., Prokofiev V.A. Development potential of the Arctic regions of Russia // Geoekonomika energetiki. 2020. Vol. 10, № 2. pp. 96-116. (in Russ.)
8. Rumyantseva S.T., Lipatova L.N. Assessment of the economic security of the region in the social and labor sphere // Greater Eurasia: development, security, cooperation. Yearbook: Proceedings of the XIX National Scientific Conference with International Participation. Moscow: Institut nauchnoi informatsii po obshchestvennym naukam RAN, 2020. pp. 908-911. (in Russ.)
9. Gassiy V.V., Postnikov A.V. Modern conditions for the implementation of the policy of socio-economic development of the arctic regions of Russia // Business. Education. Law. 2020. № 2. pp. 31-36. DOI: 10.25683/VOLBI.2020.51.272 (in Russ.)
10. Lipatova L.N. Advancement of the standard of living of the population of the Arctic regions is the most important task of the state's social policy // Upravleniye gorodom: teoriya i praktika. 2020. № 1(35). pp. 42-47. (in Russ.)
11. Chashchin V. P., Kovshov A. A., Gudkov A. B., Morgunov B. A. Socioeconomic and Behavioral Risk Factors of Disabilities among the Indigenous Population in the Far North // Human Ecology. 2016. №6. pp. 3-8. (in Russ.)
12. Zakharchuk E.A., Trifonova P.S. Differentiation of the Arctic territories by the level of financial security // Izvestiya UGGU. 2018. № 4(52). pp. 143-151. (in Russ.)
13. Tolstykh G.V. The standard of living of the population of the northern region and ways to improve it (on the example of the Republic of Sakha (Yakutia)) // Uroven' zhizni naseleniya regionov Rossii. 2019. № 1(211). pp. 31-37. (in Russ.)
14. Statistical Yearbook of the Republic of Sakha (Yakutia): Statistical digest / Territorial office of the Federal State Statistics Service for the Republic of Sakha (Yakutia). Yakutsk, 2020. 557 p. (in Russ.)
15. Sleptsov A.N. Regional aspects of the development of the Russian Arctic on the example of the Republic of Sakha (Yakutia) // Arctic and North. 2015. № 19. pp. 115-133. (in Russ.)

16. Shabanov V.L. Dynamics of living standards and inequality in urban and rural areas: estimates using data from budget surveys of households // *Izvestiya Saratovskogo Universiteta. Novaya seriya. Seriya Sotsiologiya. Politologiya.* 2014. № 3. pp. 43-48. (in Russ.)
17. Burtseva T.E., Sleptsova S.S., Gogolev N.M., Afanasyeva L.N., Borisova E.A., Korosteleva A.V., Makarova A.M., Slobodchikova M.P. Features of medical care and medical-demographic indicators in the Arctic regions of the Republic of Sakha (Yakutia) // *Yakut Medical Journal.* 2021. № 1(73). pp. 73-73. (in Russ.)
18. Leksin V.N. Healthcare system in the Arctic zone of Russia. Known and emerging issues and solutions to them // *Russian Economic Journal.* 2019. № 4. pp. 3-20. (in Russ.) DOI: 10.33983/0130-9757-2019-4-3-20
19. Belyaev S.A. Problems of availability of population by medium medical personnel // *Karelian Scientific Journal.* 2018. Vol. 7. № 1(22). pp. 91-94. (in Russ.)
20. Novikova Yu.A., Myasnikov I.O., Kovshov A.A., Tikhonova N.A., Fedorov V.N. Features of the implementation of the federal project "Clean Water" in the Arctic zone of the Russian Federation // *Health Risk Analysis - 2020 in conjunction with the International Meeting on Environment and Health Risk-2020 and the Round Table on Food Safety: Proceedings of the X All-Russian Scientific and Practical Conference from Int. participation: in 2 volumes / ed. prof. A.Yu. Popova, Acad. RAS N.V. Zaitseva. Perm: Permskii Natsional'nyi issledovatel'skii politekhnicheskii universitet, 2020. Vol. 2. pp. 225-230. (in Russ.)*
21. On the state of sanitary and epidemiological well-being of the population in the Russian Federation in the Republic of Sakha (Yakutia) for 2020: state report / Department of the Federal Service for Supervision of Consumer Rights Protection and Human Well-being in the Republic of Sakha (Yakutia) and the Federal Budgetary Institution of Healthcare "Center for Hygiene and Epidemiology in the Republic of Sakha (Yakutia)". URL: http://14.rosпотребнадзор.ru/c/document_library/get_file?uuid=428c9250-afa6-4de3-b6d7-130fe621c59b&groupId=43099 (accessed 10 April 2021). (in Russ.)
22. Kovshov A.A., Novikova Yu.A., Fedorov V.N., Tikhonova N.A., Kirin V.N. Monitoring of infectious and parasitic diseases in the Chukotka Autonomous District // *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya.* 2019. № 10(319), pp. 27-33. (in Russ.) DOI: 10.35627/2219-5238/2019-319-10-27-33

УДК 327

DOI: 10.24412/2658-4255-2021-2-118-128

Для цитирования:

А.В. Киргизов-Барский
Проблемы международного сотрудничества в Арктике на современном этапе // Российская Арктика. 2021. № 13. С. 118–128. DOI: 10.24412/2658-4255-2021-2-118-128



Статья распространяется в полнотекстовом формате на условиях лицензии Creative Commons Attribution 4.0

ПРОБЛЕМЫ МЕЖДУНАРОДНОГО СОТРУДНИЧЕСТВА В АРКТИКЕ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ

А.В. Киргизов-Барский¹

¹ Московский государственный институт международных отношений (университет), Москва, Россия; студент магистратуры. kirgizovbarskii@arctic-mgimo.ru

Аннотация: В последние десятилетия значительный экономический и ресурсный потенциал Арктики, а также объективные природные процессы, повышающие доступность этой части земного шара для хозяйственной и военной активности (например, таяние морского льда), определили тенденцию к усилению роли северного вектора во внешнеполитическом планировании ведущих мировых держав - как региональных, так и внерегиональных. Российская Федерация, разумеется, не стала исключением. В 2021-2023 гг. Россия выступает в ответственной роли председателя Арктического совета, ведущего форума сотрудничества в высоких широтах. Гибкость и эффективность этой площадки позволяет решать самые разнообразные вызовы в регионе, в первую очередь в области изменения климата и устойчивого развития. Проблемы для арктического сотрудничества связаны в том числе с общей напряженностью в отношениях между арктическими странами, а также некоторыми спорными вопросами между ними, как, например, ситуация вокруг архипелага Шпицберген.

Вместе с тем, можно констатировать, что потенциал для решения этих проблем и дальнейшего сотрудничества сохраняется вследствие общности интересов самих арктических стран, а также возможностей, которые открываются перед ними в регионе.

Ключевые слова: Арктика, Арктический совет, председательство, изменения климата, устойчивое развитие, Шпицберген, молодежное сотрудничество

CONTEMPORARY ISSUES OF INTERNATIONAL COOPERATION IN THE ARCTIC

A.V. Kirgizov-Barskii¹

¹ Moscow State Institute of International Relations (MGIMO-University), Moscow, Russia; graduate student kirgizovbarskii@arctic-mgimo.ru

Abstract: In recent decades, the significant economic and resource potential of the Arctic region, as well as ongoing climate change that increases the availability of this part of the globe for economic and military activities (for example, the melting of sea ice), have determined the tendency of both Arctic and non-Arctic states to strengthen the northern vector in their foreign policy planning.

The Russian Federation has not been an exception. In 2021-2023, Russia is chairing the Arctic Council, the leading cooperation format in the region. The flexibility and efficiency of this platform allows its members and permanent participants to solve a wide variety of challenges in the Arctic, primarily in the field of climate change and sustainable development. Problems for Arctic cooperation are connected, among other things, with the general tensions in relations between the Arctic

countries, as well as some controversial issues between them, such as the situation around the Svalbard archipelago.

At the same time, it can be stated that the potential for solving these problems and further cooperation remains high due to the common interests of the Arctic countries, as well as the opportunities that open up to them in the region.

Keywords: Arctic, Arctic Council, chairmanship, climate change, sustainable development, Svalbard, youth cooperation

В настоящий момент наша страна находится на ответственном периоде в контексте международного сотрудничества в Арктике – в мае 2021 г. началось председательство в Арктическом совете, которое продлится 2 года. Арктический совет — это ведущий форум сотрудничества, который уже 25 лет эффективно функционирует в регионе. В качестве членов в него входят все 8 арктических стран, включая «арктическую пятерку», постоянными участниками выступают 6 организаций коренных народов Арктики, а наблюдателями являются десятки внерегиональных государств и различных организаций. В январе 2021 г. на международной конференции «Арктические рубежи», состоявшейся в Тромсё, Норвегия, была организована панельная сессия в честь 25-летнего юбилея организации, которая была призвана ответить на вопрос: «Почему Арктический совет столь успешен?» Принявший участие в сессии Посол по особым поручениям МИД России, Старшее должностное лицо Арктического совета от Российской Федерации Н.В. Корчунов заявил, что ключом к успеху Совета является его адаптивный формат. Занимавший аналогичный пост в 2008-2014 гг. дипломат А.В. Васильев представил свою точку зрения, согласно которой успех организации основывается на общих географических и суровых климатических реалиях, которые заставляют людей помогать друг другу. Это же отражается на отношениях между арктическими государствами, заключил дипломат. По мнению профессора МГИМО, д.ист.наук Л.С. Воронкова, «сохранение фундаментальных основ деятельности Арктического совета [прим.авт.: принятие решений консенсусом, добровольное их исполнение и др.], на практике доказавших свою гибкость и эффективность, отвечает коренным интересам прибрежных арктических государств» [1]. 25 марта 2021 г. в своей речи на заседании межведомственной комиссии по Арктике заместитель председателя Совета безопасности России Дмитрий Медведев заявил, что важно максимально использовать Арктический совет для продвижения инициатив России в Арктике, защиты наших национальных интересов. Прежде всего они заключаются в том, чтобы сохранить Арктику как территорию мира, стабильности и взаимовыгодного сотрудничества. Не случайно именно эта формулировка указана первым пунктом в разделе о международном сотрудничестве в актуальной Стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной

безопасности на период до 2035 г., принятой в 2020 г. [2] Мандат Оттавской декларации от 19 сентября 1996 г. о создании Арктического совета исключил из его повестки вопросы военной безопасности, которые, судя по опыту традиционных международных организаций, вызывают больше всего разногласий. Тем самым этот гибкий институт позволяет странам сообща решать проблемы региона и содействовать его устойчивому развитию, добиваясь существенных успехов в арктическом сотрудничестве, несмотря на кризисы в отношениях между некоторыми его членами. А проблем этот регион не лишен, как не лишен он и возможностей и перспектив.

Одной из ключевых проблем для Арктического региона представляются непредсказуемые изменения климата, таяние льдов и деградация вечной мерзлоты. Согласно докладу рабочей группы Арктического совета по мониторингу и оценке АМАР «Snow, Water, Ice and Permafrost in the Arctic» (SWIPA), среднегодовые температуры в регионе за последние 50 лет росли более чем в 2 раза быстрее, чем в остальном мире [3]. Температура в Арктике в январе 2016 года была на 5°C теплее, чем средняя температура в этом месяце в период с 1981 по 2010 год, вместе с тем растет температура моря на поверхности и больших глубинах. Толщина льдов в центральной части Северного Ледовитого океана уменьшилась на 65% в период с 1975 по 2012 год, а площадь морских льдов в августе-сентябре в тот же период сократилась более чем на 70%. При сохранении этой динамики к 2030 году прогнозируется почти полное освобождение Арктических вод ото льдов на все более длительные периоды [3]. Это влечет за собой снижение «эффекта альбедо», когда падает отражательная способность поверхности, что ведет к ускорению потепления, а вместе с ним – росту выбросов парниковых газов, высвобождаемых вечной мерзлотой, широкомасштабным лесным пожарам в северных широтах, исчезновению традиционного ареала обитания арктических животных. Для человека это чревато еще и тем, что происходит разрушение береговой инфраструктуры, строений на вечной мерзлоте, в том числе трубопроводов, нефте- и газохранилищ, что создает риски экологической катастрофы. По подсчетам Министерства развития Дальнего Востока и Арктики, ущерб от последствий глобального потепления в Арктической зоне России может составить от 2 до 9 трлн рублей до 2050 года. Уязвимыми к изменениям становятся жители региона, особенно - коренные малочисленные народы, которые вследствие вынужденного переселения теряют свой быт, промысел и культуру.

Именно поэтому лейтмотивом программы российского председательства, по словам Посла по особым поручениям МИД России Н.В. Корчунова, стало устойчивое развитие арктического региона и сбалансированное продвижение трех составляющих такого развития. В их число он включает социальную и природоохранную сферы и экономический рост [4]. Кроме того, делается акцент на потребности жителей

региона, коренных народов [4].

Действительно, следуя концепции устойчивого развития, можно попытаться уберечь хрупкую экосистему региона при его одновременном экономическом развитии. При этом российская сторона придерживается прагматичного подхода к климатической проблеме, который, с одной стороны, ориентирован на минимизацию негативных последствий глобальных изменений, с другой — на использование открывающихся возможностей как в области морского судоходства, так и добычи и переработки природных ресурсов, которыми богат регион. Стоит добавить, что в преддверии председательства Россия внесла в Арктический совет проектные предложения, касающиеся биобезопасности, устойчивого судоходства, «зеленого» финансирования, и другие предложения, призванные содействовать обеспечению устойчивого развития региона.

В качестве примера рассмотрим арктическое судоходство - одну из наиболее динамично развивающихся сфер с точки зрения международного сотрудничества в Арктике. За счет таяния морских льдов там формируются новые международные морские маршруты, такие как Северный морской путь, Северо-Западный проход, Трансполярный морской путь и морской путь «Арктический мост» [1]. Они представляются короче и безопаснее по сравнению с традиционными маршрутами, а также позволяют экономить значительные средства на топливо и прочие издержки, снижать выбросы в атмосферу. Недавний инцидент с контейнеровозом «Ever Given», который на пять суток полностью заблокировал движение по Суэцкому каналу, вновь заставил международное сообщество говорить о важности развития арктического судоходства в качестве альтернативы традиционным маршрутам как в краткосрочной, так и в долгосрочной перспективе. Для России в этом контексте одной из стратегических целей является обеспечение круглогодичного судоходства в акватории Северного морского пути, дальнейшее строительство ледокольного флота и береговой инфраструктуры. Сильной стороной навигации по Севморпути называют наличие ресурсного потенциала. В АЗ РФ расположены такие значимые проекты, как МЛСП «Приразломная» (ПАО «Газпромнефть»), Варандейский терминал (ПАО «Лукойл»), Ямал СПГ (ПАО «НОВАТЭК»), Хатанга, новый «Восток Ойл» (ПАО «Роснефть») и другие энергопроекты с международным участием, рассчитанные на транспортировку ресурсов непосредственно по СМП и в Европу, и в Азию [5]. В качестве заинтересованных сторон здесь могут выступать такие внерегиональные страны, как Китай, Индия, Южная Корея, Сингапур, Япония, ряд стран ЕС.

В процессе развития арктического судоходства имеются и проблемы, решение которых требует международного сотрудничества. Они связаны в первую очередь с экологическими рисками, которые влечёт за собой навигация в Арктике. Это и разливы нефти в море, и загрязнение моря

пластиком, загрязнение сажей (черным углеродом), шумовое загрязнение и др., способные нанести непоправимый урон хрупкой и уязвимой экосистеме региона. В связи с этим необходимо постоянное обеспечение экологической безопасности, поддержание и мониторинг состояния арктических экосистем, меры по сохранению биоразнообразия, эффективное использование и расширение ООПТ и др., на что требуются большие научные, экономические и инфраструктурные ресурсы, требующие международного участия [6]. Эта работа ведется в Арктическом совете и станет одной из важных составляющих российской программы председательства. Существует также проблема создания негативного имиджа арктических морских магистралей в медийном пространстве. Так, в конце 2019 г. ряд зарубежных компаний, в частности Nike, Asos, Bestseller, Columbia, Gap Inc., H&M Group, Kering, Li & Fung и PVH Corp., а также морские перевозчики CMA CGM, Evergreen, Harpag-Lloyd и MSC объявили бойкот трансарктическим морским маршрутам, включая СМП и СЗП [1]. Американская некоммерческая организация Ocean Conservancy предложила подписать организациям корпоративное обязательство, в котором отказ от перевозок грузов в арктической зоне будет официально закреплён. Однако стоит заметить, что ни одна из этих организаций не ведет свою деятельность в Арктике, потому на арктическом судоходстве конкретно эта кампания не сказывается, но она показывает, что такой риск стоит учитывать. Кроме того, становится очевидно, что для решения вышеперечисленных проблем все меры по развитию СМП и арктического судоходства в целом должны сопровождаться активной политико-дипломатической деятельностью: улучшением инвестиционного климата для привлечения иностранных инвесторов, улучшением политического дискурса вокруг СМП, двухсторонним, региональным и международным сотрудничеством по вопросам судоходства, развитием инфраструктурных, энергетических и прочих проектов в регионе.

Перейдем к другим вопросам международного сотрудничества в Арктическом регионе. До недавнего времени проблемой представлялось снижение уровня межрегионального сотрудничества на Севере. На межрегиональном сотрудничестве сосредоточена работа «Северного форума» со штаб-квартирой в Якутске, который также является наблюдателем в Арктическом совете. Несмотря на резкое снижение количества регионов-участников Северного форума в 2000-е гг., в настоящее время российским регионам удалось развернуть негативную тренд развития этой площадки и вернуть к ней интерес со стороны североевропейских и североамериканских коллег на местном уровне. Также широкое сотрудничество между региональными правительствами ведется в Региональном совете Совета Баренцева/Евроарктического региона (СБЕР). Таким образом, регионы России и, например, Финляндии (Лапландия), Исландии (Акурейри), США (Аляска), а также Норвегии, Швеции и Дании

взаимодействуют на разных площадках, развивая отношения напрямую друг с другом.

Одна их серьезных проблем - проблема напряженности в отношениях между Россией и западными странами, не обошла стороной циркумполярный север. Так, на арктическом сотрудничестве опосредованно сказываются санкции. Целый ряд западных партнеров покинул энергетические проекты на российском севере после обострения отношений в 2014 году. Были заморожены проекты финансирования по линии Европейского банка реконструкции и развития (ЕБРР), что сократило возможности привлечения заёмных средств для реализации важных и значимых для развития арктической зоны Российской Федерации, модернизации предприятий и обеспечения энергоперехода. «На бумаге» напряженность демонстрирует Арктическая стратегия Министерства обороны США от 2019 г., где успех политики сдерживания региональных оппонентов увязывается с проведением учений в арктических условиях и «демонстрацией флага» в Северном Ледовитом океане, в том числе и в рамках политики по «защите свободы мореплавания». Особого внимания в этой связи заслуживают учения НАТО «Trident Juncture», прошедшие в 2018 г. в Северной Норвегии. В рамках «Trident Juncture» авианосец ВМС США «Гарри Трумэн» стал первым за последние 20 лет американским судном такого класса, пересекшим Северный полярный круг [1]. Еще одна иллюстрация напряженности - встреча министров иностранных дел Арктических стран, состоявшаяся в мае 2019 г. в Рованиеми, Финляндия. Тогда речь Госсекретаря США Майка Помпео, враждебная в первую очередь по отношению к России и Китаю, отразила попытку подорвать атмосферу доверия и сотрудничества в регионе, которая сохраняется вопреки общему настроению на международной арене. Тем не менее, справедливо будет констатировать тот факт, что большинство делегаций арктических стран в 2019 г. дистанцировались от высказываний главы Госдепартамента, абсолютно не соответствовавших духу Арктического совета, который, пожалуй, можно сравнить разве что с традиционным дипломатическим «венским духом», который наблюдается на многих площадках международных организаций в Вене, позволяя сторонам находить компромиссы и учитывать интересы друг друга.

В связи с перечисленными выше вызовами важно констатировать причину, по которой сотрудничество в Арктике развивается, несмотря на общую ситуацию на международной арене. Дело в том, что у Арктических стран имеются общие вызовы, которые, по мнению профессора МГИМО А.В. Загорского, следует рассматривать «через призму не столько военной, сколько экологической безопасности и безопасности человека» [7]. Но еще более важно то, что у арктических государств, в первую очередь прибрежной «арктической пятерки», имеются общие интересы. По мнению профессора Л.С. Воронкова, они заключаются в закреплении «сложившегося распределения ресурсов Арктики и права регулировать

судоходство по арктическим маршрутам в прилегающих морях». С точки зрения сохранения существующего порядка все пять стран имеют больше общего друг с другом, чем с любыми неарктическими государствами, которые по большей части стремятся его изменить, «чтобы добиться доступа к этим ресурсам и участия в арктическом управлении» [1]. По этой причине важно продолжать укреплять арктическое сотрудничество.

Одной из эффективных мер укрепления доверия и безопасности в регионе послужила бы активизация взаимодействия между арктическими государствами по военной линии. Профессор МГИМО А.В. Загорский в своей работе «Россия и США в Арктике» пишет, что необходимо возобновить проводившиеся до 2014 г. ежегодные встречи начальников генеральных штабов арктических государств [8]. В качестве первого шага к восстановлению этого формата можно было бы рассмотреть возможность организации диалога на уровне военных экспертов стран – членов Арктического совета, в рамках которого могли бы обсуждаться такие вопросы, как налаживание оперативного взаимодействия по совместным поисково-спасательным операциям, ликвидация последствий природных катастроф и техногенных аварий, создание прямых линий связи между командованиями вооруженными силами арктических государств, участие наблюдателей в мероприятиях оперативной и боевой подготовки. При этом важно отметить, что даже после ухудшения отношений по линии Россия - Запад в регионе в 2015 г. «арктической восьмерке» удалось создать Арктический форум береговых охран, на площадке которого ведется активное взаимодействие по проведению совместных операций и аварийно-спасательных мероприятий на море, что видится позитивным свидетельством того, как на важных направлениях сотрудничество в сфере обеспечения безопасности продолжается.

Одна из проблем для международного сотрудничества в Арктике в перспективе уже много лет формируется на архипелаге Шпицберген, который является предметом диссертационного исследования автора. Рассмотрим ее подробнее, так как она представляет особую важность для России, которая является единственным наряду с Норвегией государством экономического присутствия на архипелаге. Шпицберген интересен своим уникальным правовым статусом, установленным в 1920 г. международным Договором о Шпицбергене. Согласно ст.1 договора признается полный и абсолютный суверенитет Норвегии над территорией архипелага. Однако другие договаривающиеся государства имеют право на равный доступ к охоте и ловле в пределах Шпицбергена (ст.2) [9]. Норвегия, реализуя свой государственный суверенитет над архипелагом, должна также выполнять свое международное обязательство по Договору о Шпицбергене о свободном допуске представителей государств – участников данного международного договора на территорию самого

Шпицбергена и в пределы его вод для любой экономической деятельности. Помимо указанного обязательства, Норвегия должна принимать соответствующие меры по защите флоры и фауны его хрупкой биоэкосистемы. По отношению к участникам Договора применяется режим наибольшего благоприятствования, означающий, что Королевство Норвегия предоставляет одинаковый доступ к водам, фьордам, ресурсам всем сторонам договора на равной основе без преференциального порядка для какой-либо из сторон [9]. Стратегия развития Арктической зоны Российской Федерации и национальной безопасности до 2035 г. гласит, что одной из мер в сфере развития международного сотрудничества является «обеспечение российского присутствия на архипелаге Шпицберген на условиях равноправного и взаимовыгодного сотрудничества с Норвегией и другими государствами - участниками Договора о Шпицбергене от 9 февраля 1920 г. [2]» Прошлый год стал годом 100-летнего юбилея заключения договора, но оттого разногласия по поводу его трактовки между его сторонами оказались еще более заметны.

Разногласия вокруг архипелага проистекают из определения его правового статуса. Известный финский ученый и специалист по арктическому праву Т. Койвурова отмечает, что до подписания Договора о Шпицбергене острова имели статус *res nullius*, то есть не были предметом суверенитета какого-либо государства. По его мнению, это отразилось на том, что после подписания договора в 1920 г. Норвегия получила не обычный территориальный суверенитет, а «территориальное образование особого рода» [10]. Норвежский юрист Г. Ульфстайн указывает на тот факт, что суверенитет Норвегии над архипелагом основывается на договоре, а не на обычном международном праве, как это принято в иных случаях, в связи с чем содержание суверенитета страны должно исходить именно из толкования положений договора [11]. Такая позиция близка России. Декан факультета международного права МГИМО МИД России А.Н. Вылегжанин в своем учебнике называет архипелаг Шпицберген «государственной территорией международного пользования» [12]. Иной точки зрения придерживается норвежский эксперт и бывший консультант МИДа королевства К.А. Флейшер. Он предлагает рассматривать территорию Шпицбергена, как самую обыкновенную территорию Королевства, «как Осло или Рендален» [13]. Флейшер заявляет, что неверно распространять и проецировать ограничения, налагаемые договором, на морские районы и в целом другие вопросы, речи о которых в договоре нет. Необходимо следовать дифференцированному подходу, считает он: «Норвегия в силу своего суверенитета имеет полную власть над Шпицбергеном минус особо названные в договоре правила о правах граждан и компаний других государств. Норвегия имеет полное право распоряжаться всем, о чем не сказано в договоре». Судя по всему, такой позиции сегодня придерживается и норвежское правительство.

Отсюда исходит и проблема определения правового режима прилегающих морских районов вокруг архипелага, которая занимает одно из центральных мест. Россия считает, что после «территориальных вод местностей» Шпицбергена сразу начинается открытое море, а установление Норвегией так называемой «рыбоохранной зоны» вокруг архипелага не соответствует международному праву и самому договору. Сегодня не только Россия выражает несогласие с действиями Норвегии в этом отношении. Так, в 2004 г. Исландия подала иск против Норвегии в Международный суд ООН, выразив обеспокоенность «многократными нарушениями договора Норвегией» и особенно односторонним повышением последней собственных квот на вылов трески, популяция которой формируется в этих водах. Несогласие с началом норвежцами геологоразведки на континентальном шельфе архипелага выразила Испания, заявив, что право недискриминационного доступа в соответствии с Договором о Шпицбергене распространяется и на континентальный шельф на всем его протяжении, а значит, Испания тоже может им воспользоваться. Выжидательную позицию занимает Великобритания, также не поддерживающая действия Норвегии в водах архипелага. Уместно привести слова профессора Л.С. Воронкова, который указывает, что в Договоре 1920 г. речь идет о «территориальных водах местностей», режим которых в пределах 12 морских миль в целом схож с современным режимом континентального шельфа, который в данном случае может использоваться всеми государствами – участниками договора [1]. В то же время, пространства за пределами 12 морских миль континентальным шельфом именоваться не могут, как не могут и принадлежать Норвегии, считает профессор. Если отталкиваться от того, что суверенитет Норвегии был передан Договором о Шпицбергене, государства – участники могут при необходимости отозвать свое решение о передаче ей суверенитета, но для этого требуется созыв конференции сторон договора. Такое развитие событий не исключается экспертами в будущем, особенно в том случае, если Норвегия продолжит в одностороннем порядке осуществлять толкование договора, тем самым нарушая основные его положения и вызывая протест заинтересованных сторон [1].

В заключение автор хотел бы осветить сферу арктического сотрудничества, в которую вовлечен сам посредством руководства клубом «Арктика» МГИМО – молодежное сотрудничество. В настоящее время серьезную проблему представляет фрагментация молодежного сообщества арктических стран. Учитывая, что именно молодежь в будущем будет заниматься управлением и устойчивым развитием этого региона, важно оказывать содействие молодежным организациям в их контактах с зарубежными партнерами и инициативах, направленных на циркумполярное молодежное сотрудничество, объединение российских и зарубежных площадок. Одной из таких инициатив стало создание в 2015 г. на

базе Международного института энергетической политики и дипломатии МГИМО МИД России студенческого научно-исследовательского клуба «Арктика». Проекты клуба, такие как Международная студенческая Арктическая неделя (ISAW), Модель Северного форума, Модель Совета Баренцева/Евроарктического региона (IMBEAC), Московская молодежная международная модель Арктического совета (MAC) и другие мероприятия регулярно собирают на своей площадке молодежь из всех арктических и многих внерегиональных стран, а также представителей коренных малочисленных народов. В 2020 г. при содействии руководства МГИМО МИД России клуб «Арктика» стал федеральным партнером Проектного офиса международного молодежного сотрудничества «Россия - Арктический совет», а Международная молодежная модель Арктического совета MAC - 2022 вошла в план мероприятий председательства России в Арктическом совете на 2021-2023 гг. При поддержке со стороны ответственных ведомств и организаций, в том числе зарубежных, модель претендует на роль основной площадки для продвижения российской повестки дня в Арктическом совете среди молодежи всех стран членов и организаций-участниц этого формата, а также его наблюдателей. Представляется, что именно молодёжное сотрудничество на общих площадках сегодня позволит решить или даже предотвратить возникновение проблем для арктического сотрудничества завтра.

Список литературы:

1. Воронков Л.С. Геополитические и международные проблемы современной Арктики: монография. М.: МГИМО-Университет, 2021. 498 с.
2. Стратегия развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2035 года // Консультант Плюс. 2020. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_366065/ (дата обращения: 29.06.2021).
3. Arctic Council. Snow, Water, Ice and Permafrost in the Arctic (SWIPA): Arctic Monitoring and Assessment Programme, 2017 // AMAP. 2017. URL: <https://www.amap.no/documents/doc/snow-water-ice-and-permafrost-in-the-arctic-swipa-2017/1610> (дата обращения: 29.06.2021).
4. Россия и Арктика. Брифинг Посла по особым поручениям МИД России Н.В. Корчунова в ММПЦ МИА «Россия сегодня» // Международная жизнь. 2020. URL: <https://interaffairs.ru/news/show/28191> (дата обращения: 29.06.2021).
5. Рузакова В. Системы транспорта углеводородов в Арктике // Российский совет по международным делам. 2018. URL: <https://clck.ru/NP8KA> (дата обращения: 29.06.2021).
6. Arctic Council. The Increase in Arctic Shipping 2013-2019. PAME Arctic Shipping Status Report // PAME. 2020. №1. URL: <https://pame.is/projects/arctic-marine-shipping/arctic-shipping-status-reports> (дата обращения: 29.06.2021).
7. Загорский А.В. Нестратегические вопросы безопасности и сотрудничества в Арктике. М.: ИМЭМО РАН. 2016.
8. Загорский А.В. Россия и США в Арктике // Российский Совет по международным делам. 2016. URL: <https://russiancouncil.ru/common/upload/Russia-USA-Arctic-Paper30-ru.pdf> (дата обращения: 29.06.2021).
9. Договор о Шпицбергене от 9 февраля 1920 года // Консорциум Кодекс. URL: <http://docs.cntd.ru/document/902038168> (дата обращения: 29.06.2021).
10. Koivurova T. Environmental Impact Assessment in the Arctic: A Study of

International Legal Norms. Hampshire: Ashgate Publishing Company, 2002.

11. Ulfstein G. The Svalbard Treaty: From Terra Nullius to Norwegian Sovereignty / Oslo-Copenhagen-Stockholm-Boston: Scandinavian University Press (Universitetsforlaget AS), 1995. 572 с.
12. Вылегжанин А.Н., Колосов Ю.М., Малеев Ю.Н. и др. Международное право: учебник. М.: Юрайт, 2009. 1012 с.
13. Fleischer C.G. Svalbardtraktaten: En Utredning Hvor Også Nye Styreformer på Svalbard Vurderes. Oslo: UiB. 1997.

References:

1. Voronkov L.S. Geopoliticheskie i mezhdunarodnye problemy sovremennoj Arktiki [Geopolitical and International Problems of the modern Arctic]. Moscow: MGIMO-Universitet, 2021, 498 p. (In Russian).
2. Strategiya razvitiya Arkticheskoy zony Rossijskoj Federacii i obespecheniya nacional'noj bezopasnosti na period do 2035 goda [Strategy of development of the Arctic Zone of the Russian Federation and the provision of national security for the period to 2035]. Konsul'tant Plyus. 2020. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_366065/ (accessed 29.06.2021). (In Russian).
3. Arctic Council. Snow, Water, Ice and Permafrost in the Arctic (SWIPA): Arctic Monitoring and Assessment Programme, 2017 // AMAP. 2017. URL: <https://www.amap.no/documents/doc/snow-water-ice-and-permafrost-in-the-arctic-swipa-2017/1610> (accessed 29.06.2021).
4. Rossiya i Arktika. Brifing Posla po osobym porucheniyam MID Rossii N.V. Korchunova v MMPC MIA «Rossiya segodnya» [Russia and the Arctic: Briefing of the Ambassador-at-Large of the Russian Federation N. Korchinov for the International Information Agency «Rossiya segodnya»]. Mezhdunarodnaya zhizn' [The International Affairs]. 2020. URL: <https://interaffairs.ru/news/show/28191> (accessed 29.06.2021). (In Russian).
5. Ruzakova V. Sistemy transporta uglevodorodov v Arktike [Hydrocarbons transportations systems in the Arctic]. Rossijskij sovet po mezhdunarodnym delam [Russian International Affairs Council]. 2018. URL: <https://clck.ru/NP8KA> (accessed 29.06.2021). (In Russian).
6. Arctic Council. The Increase in Arctic Shipping 2013-2019. PAME Arctic Shipping Status Report // PAME. 2020. №1. URL: <https://pame.is/projects/arctic-marine-shipping/arctic-shipping-status-reports> (accessed 29.06.2021).
7. Zagorskij A.V. Nestrategicheskie voprosy bezopasnosti i sotrudnichestva v Arktike [Non-Strategic Security and Cooperation Issues in the Arctic]. Moscow: IMEMO RAN, 2016. (In Russian).
8. Zagorskij A.V. Rossiya i SSHA v Arktike [Russia and the US in the Arctic]. Rossijskij Sovet po mezhdunarodnym delam [Russian International Affairs Council]. 2016. URL: <https://russiancouncil.ru/common/upload/Russia-USA-Arctic-Paper30-ru.pdf> (accessed 29.06.2021). (In Russian).
9. The 1920 Svalbard Treaty // University of Oslo. URL: <https://www.jus.uio.no/english/services/library/treaties/01/1-11/svalbard-treaty.xml> (accessed 29.06.2021).
10. Koivurova T. Environmental Impact Assessment in the Arctic: A Study of International Legal Norms. Hampshire: Ashgate Publishing Company, 2002.
11. Ulfstein G. The Svalbard Treaty: From Terra Nullius to Norwegian Sovereignty / Oslo-Copenhagen-Stockholm-Boston: Scandinavian University Press (Universitetsforlaget AS), 1995. 572 с.
12. Vylegzhanin A.N., Kolosov Y.M., Maleev Y.N. a.o. Mezhdunarodnoe pravo: uchebnik. [International Law]. Moscow: Yurajt, 2009. 1012 p. (In Russian).
13. Fleischer C.G. Svalbardtraktaten: En Utredning Hvor Også Nye Styreformer på Svalbard Vurderes. Oslo: UiB. 1997.

«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.